DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2024.20695.1961

بررسی وضعیت سیمای سرزمین حوزهٔ آبخیز دەبالا در آینده (مقالهٔ پژوهشی)

۱- سجاد صادقی‌بخی، دانشجوی کارشناسی‌ارشد مدیریت حوزه‌های آبخیز، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲- علی طالبی*، استاد گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
talebisf@yazd.ac.ir
۳- زینب کریمی، پژوهشگر پسادکتری مدیریت جامع حوزه آبخیز، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱

چکیده

به‌منظور فراهم آوردن شرایط پایداری سرزمین، آگاهی از تغییرات سیمای سرزمین در وضعیت فعلی و وضعیت آتی امری مهم است. اصلی‌ترین موضوع در بررسی تغییرات سیمای سرزمین تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی می‌باشد. امروزه از سنجه‌های سیمای سرزمین و فناوری سنجش از دور برای بررسی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات تنوع زیستی حوزهٔ آبخیز دەبالا در آینده و دلایل ایجاد این تغییرات از دیدگاه آبخیزنشینان انجام شده است. بدین منظور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، نقشهٔ کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ در چهار کلاس تهیه شد. هم‌چنین با مدل زنجیره‌ای مارکوف پیش‌بینی تغییرات کاربری برای سال ۲۰۳۲ صورت گرفت. به‌منظور کمی‌نمودن سیمای سرزمین، سنجه‌های تراکم حاشیه و شاخص بزرگ‌ترین لکه محاسبه شدند. نتایج نشان داد که در بازهٔ زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری اراضی باغ‌ها می‌باشد به‌طوری که به مساحت این کاربری ۱/۲۸ درصد افزوده شده است کم‌ترین تغییرات اراضی مربوط به کاربری اراضی ساخته شدهٔ دست انسان می‌باشد به‌طوری که به مساحت این کاربری ۰/۳۱ درصد افزوده شده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات نیز نشان داد که در سال ۲۰۳۲، به وسعت کاربری‌های اراضی ساخته شدهٔ دست انسان و اراضی باغ‌ها به‌ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۳۱ درصد افزوده خواهد شد و از وسعت کاربری‌های اراضی زراعی و مرتع با تراکم ضعیف به‌ترتیب ۰/۲۱- و ۰/۳۴- کاسته خواهد شد. هم‌چنین بررسی تغییرات دو شاخص سیمای سرزمین نشان داد که شاخص تراکم حاشیه و شاخص بزرگ‌ترین لکه در بازهٔ زمانی مورد مطالعه به ترتیب روندی افزایشی و کاهشی را دارا می‌باشند که نشان‌دهندهٔ تخریب سرزمین می‌باشد. هم‌چنین از دیدگاه آبخیزنشینان مهم‌ترین عامل تغییرات سیمای سرزمین در حوضه، عدم نظارت بر تغییرات کاربری اراضی می‌باشد که نشان‌دهندهٔ توجه بیشتر مسئولان برای بهبود شرایط این حوضه می باشد.

واژگان کلیدی: تراکم حاشیه، تغییرات سیمای سرزمین، تغییرات کاربری اراضی، دیدگاه ذی‌نفعان، شاخص بزرگ‌ترین لکه، مدل زنجیره‌ای مارکوف.

مقدّمه

از عوامل مهم محیط زیست جهانی، تغییرات کاربری اراضی می‌باشد و امروزه علل و نتایج تغییرات در اراضی مختلف یک چالش عمده برای جهان محسوب می‌شود. فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور امروزه جهت شناسایی و تعیین مقدار تغییر کاربری اراضی کاربرد مهم و مؤثر دارند [۴۴].

تغییر کاربری غیرمجاز اراضی پدیدهٔ شومی است که متأسفانه در سال‌های اخیر با آهنگی تند موجب خارج شدن بخش قابل توجهی از بهترین اراضی زراعی و باغی از چرخه تولید کشاورزی شده و متأسفانه تعداد معدودی افراد بدون توجه به عواقب ناگوار این عمل، اراضی مرغوب را به ساختمان و تأسیساتی که عمدتاً غیرتولیدی بوده و صرفاً تفریحی است تبدیل می‌کنند.

یکی از مسائل تهدیدکنندهٔ محیط زیست و منابع طبیعی تغییر کاربری اراضی است. این امر موجب نابودی بخش اعظمی از زمین‌های کشاورزی می‌شود و از دیدگاه امنیت غذایی، خودکفایی و اشتغال پایدار جامعهٔ روستایی، پیامدهای اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی اهمیت زیادی دارد.

هم‌چنین تغییراتی که در کاربری‌های مختلف سطح زمین ایجاد می‌شوند بر ویژگی‌های منابع طبیعی و محیط زیست مانند منابع زمینی، منابع هوایی، کیفیت آب و غیره تأثیر می‌گذارند [۴۳]. تغییرات کاربری اراضی باعث برهم خوردن سیمای سرزمین‌ها می‌شود. با کمی‌کردن تغییراتی که در سیمای سرزمین‌های به‌وجود می‌آید می‌توان مدیریت پایدار سرزمین و تصمیم‌گیری‌های بهتری را اتخاذ نمود. سیمای سرزمین به‌عنوان یک سیستم پویا بر اثر فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی تغییر کرده است و این روند با سرعت فزاینده‌ای در حال رخ دادن است. این تغییرات باعث تغییر در تأمین خدمات و کالاهای محیط‌زیستی می‌شود بنابراین ایجاد یک مدیریت صحیح بین محیط زیست، فعالیت‌های اقتصادی و نیازهای اجتماعی لازم است [۲۱؛ ۶؛ ۱۱].

کمی‌نمودن الگوهای سیمای سرزمین نخستین گام برای شناخت سیمای سرزمین محسوب می‌شود [۱۰]. سنجه‌های سیمای سرزمین در سه سطح لکه، کلاس و سیمای سرزمین تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۴]. در اصطلاحات اقتصادی از سیمای سرزمین به عنوان یک کالای عمومی قابل دسترس که میزان استفاده از آن محدود است یاد می‌شود [۲۶]. در اصطلاحات اقتصادی از سیمای سرزمین به عنوان یک کالای عمومی قابل دسترس که میزان استفاده از آن محدود است یاد می‌شود [۵].

برای درک بهتر تغییرات سیمای سرزمین و نیز تصمیم‌گیری به‌همگام در مورد تغییرات سیمای سرزمین نیاز به مدل‌سازی می‌باشد. استفاده از مدل‌سازی برای تغییرات آینده و پیش‌بینی آن‌ها برای بررسی کیفیت و کمیت تغییرات آینده اهمیت دارد بنابراین برای مراقبت از یک بوم‌سازگان، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی تغییرات لازم می‌باشد [۳۰]. هم‌چنین استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی در مدیریت اراضی، کوششی برای پاسخ دادن به نیازهای جمعیت رو به افزایش جهان است. مدیریت صحیح اراضی هنگامی امکان‌پذیر است که کارشناس بتوانند سیستم را تجزیه و تحلیل کرده و راهکارهای مناسب برای رسیدن به حداکثر بازدهی اراضی را پیش‌بینی کنند.

در این راستا، مدل زنجیره‌ای مارکوف جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی ابزاری مفید می‌باشد و زمانی که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به‌آسانی قابل توصیف نباشد کاربرد دارد [۱۵]. سیستم مارکوف (زنجیره مارکوف یا فرآیند مارکوف) قادر می‌باشد حالت یک سیستم را در زمان دوم با استفاده از حالت سیستم در زمان اول مطابق با احتمالات ثابت پیش‌بینی کند [۲۳].

در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری در زمینهٔ تغییرات سیمای سرزمین هم در ایران و هم در جهان صورت گرفته است. در پژوهشی تغییرات سیمای سرزمین شهرستان بهبهان در بین سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۸ بررسی شد. نتایج نشان داد که به دلیل دخالت‌های انسانی تعداد تکه‌های انسان‌ساخت افزایش یافته است. هم‌چنین از بین رفتن لکه‌های مرتع به دلیل دخالت انسانی بیشترین تغییر را داشته است و به اراضی کشاورزی تبدیل شده است [۳۷].

در پژوهشی دیگر، تغییرات کاربری اراضی شهرستان میاندوآب بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و سنجش از دور تجزیه و تحلیل شد و نتایج نشان داد در این بازهٔ زمانی شوره‌زارها، اراضی باغی و اراضی انسان‌ساخت افزایش یافته‌اند. هم‌چنین بررسی بررسی تعداد لکه‌ها نشان داد کاربری‌های موجود در حالت ناپایدار می‌باشند [۲۰].

در پژوهشی با استفاده از سنجه‌های مختلف سیمای سرزمین در سطح کلاس از هم گسیختگی، پناهگاه حیات وحش و پارک ملی کلاه قاضی را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که لکه‌های مرتعی خوب یکپارچه‌تر شده‌اند [۷]. در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی منطقهٔ ارسباران بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۶۹ با استفاده از سنجه‌های بوم شناسی و تصاویر سنجنده‌های OLI، ETM^{+} و TM بررسی شد. نتایج نشان داد که در سطح زمین تعداد لکه با افزایش همراه بوده و این به‌معنی تغییرات منفی در این بازهٔ زمانی می‌باشد هم‌چنین بر وسعت مناطق مسکونی افزوده شده و از وسعت اراضی جنگلی کاهش یافته است [۳۸].

در مطالعه‌ای با کمک سنجه‌های سیمای سرزمین و سنجش از دور تغییرات ساختار چشم‌انداز حوزهٔ آبخیز قره‌سو را ارزیابی شد. نتایج نشان داد که سنجه‌های مساحت بزرگ‌ترین لکه، تراکم لکه، درصد پوشش و تعداد لکه برای کاربری انسان‌ساخت افزایش یافته است که این موضوع سبب کاهش چشم‌گیر اندازهٔ بزرگ‌ترین لکه مرتعی شده

است [۳۹]. تغییرات سیمای سرزمین شهر نجف‌آباد را بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۴ با تلفیق سنجش از دور و سنجه‌های سرزمین ارزیابی شد. نتایج بیانگر کاهش اراضی کشاورزی و تکه‌تکه شدگی این اراضی بود هم‌چنین وسعت اراضی شهری با افزایش همراه بوده است [۵۰].

با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و تصاویر ماهوارهٔ لندست تغییرات سیمای سرزمین منطقهٔ دهلران استان ایلام طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۶۴ مورد بررسی قرار گرفت. مقایسهٔ سنجه‌ها نشان داد که اراضی مرتعی به‌طور گسترده‌ای به اراضی کشاورزی، بایر و مسکونی تبدیل شده‌اند [۴]. با تلفیق سنجه‌های سیمای سرزمین و روش تحلیل گرادیان، الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان را کمی شد. نتایج نشان داد که تراکم حاشیه و تراکم لکه به سمت مرکز شهر افزایش یافته‌اند [۴۰]. ساختار اولیهٔ سیمای سرزمین و روند تغییرات آن در آینده را در ناحیهٔ رویشی زاگرس در استان کهگیلویه و بویراحمد بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش مناطق مسکونی سنجه‌های اندازه لکه و اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش می‌یابند و سنجه‌های تراکم لکه و شکل‌ها افزایش می‌یابند [۲۴].

تغییرات سیمای سرزمین حوزهٔ آبخیز نکا طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۷۲ بررسی شد. نتایج نشان داد که تعداد لکه‌ها به صورت چشم‌گیری در این بازهٔ زمانی افزایش یافته‌اند که نشان دهندهٔ افزایشی بودن تخریب سرزمین می‌باشد [۴۴]. تأثیرات شهرنشینی بر سیمای سرزمین در مالدا هند با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و تغییرات کاربری اراضی در طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۰۱ بررسی شد. نتایج این مطالعه افزایش قابل توجه مناطق ساخته شده را نشان می‌دهد که با کاهش متناظر در پوشش گیاهی، زمین‌های زراعی و زمین‌های باز همراه است. این فرآیند انتقال کاربری زمین هم‌چنین منجر به افزایش تکه‌تکه شدن چشم انداز شده است [۹].

در پژوهشی تکه‌تکه شدن و تخریب چشم‌انداز قبل و بعد از ساخت بزرگراه اصفهان-شیراز در جنوب ایران کمی‌سازی شد. نتایج، از دست دادن شدید زیستگاه‌ها و تکه‌تکه‌شدن چشم‌انداز مرتبط با ساخت بزرگراه را نشان داد به‌طوری‌که پس از احداث بزرگراه، رویشگاه‌های جنگلی، مرتعی و هم‌چنین بخشی از منطقهٔ حفاظت شدهٔ تنگ بستانک از بین می‌رود [۳۲].

با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۱ چشم‌انداز بوم‌سازگان کشور بلیز بررسی شد. نتایج نشان داد که تراکم لبه افزایش و میانگین اندازهٔ وصله کاهش یافته است که همه نشان‌دهندهٔ تکه‌تکه‌شدن زیاد است. این تغییرات بیشتر به دلیل گسترش فعالیت‌های کشاورزی و شهرنشینی به‌ویژه در نواحی شمالی بلیز ایجاد شده است [۱۷]. رابطهٔ بین الگوی سیمای سرزمین و فرآیندهای هیدرولوژیکی در حوزهٔ آبخیز باتان‌گاس فیلیپین طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۳ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که افزایش تراکم لکه‌ها و بیش‌ترین شاخص لکه در مناظر کشاورزی و جنگلی به‌ترتیب منجر به کاهش رواناب سطحی و عملکرد رسوب و افزایش جریان پایه می‌شود [۱۹].

تکه‌تکه‌شدن حوزهٔ آبخیز اوسری هند طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۶ با کمک تصاویر ماهوارهٔ لندست مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با استفاده از سنجه‌های ناحیهٔ مرکزی، فاصله و معیارهای شکل تغییرات قابل توجهی در منطقه رخ داده است که ضرورت اتخاذ تدابیر مناسب برای حفظ این حوضهٔ طبیعی را نشان می‌دهد [۲۹]. با کمک پنج سنجهٔ سیمای سرزمین (تعداد لکه، مساحت، شکل، تراکم و هم‌پوشانی لکه) تغییرات پوشش زمین در پارک ملی هالگارد ساکران کردستان عراق را بررسی شد. نتایج حاکی از تغییرات قابل توجه پوشش و کاربری زمین در طول دورهٔ ۳۱ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۴) می‌باشد [۲۲].

در مطالعه‌ای وضعیت شاخص‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی و نیز ارزیابی اثرات تغییر در مقیاس‌های مکانی بر روی این شاخص‌ها برای ارزیابی سیمای سرزمین بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های قابل تفسیر ساده با واکنش قابل پیش‌بینی به تغییرات در مقیاس مثل تعداد لکه‌ها، تراکم لکه‌ها، تراکم حاشیه، غنای لکه و اندازهٔ متوسط لکه مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی ساختار سیمای سرزمین هستند [۴۲].

تغییرات کاربری زمین و تکه‌تکه‌شدن سیمای سرزمین در حوزهٔ آبخیز کوچک شانگ‌هوانگ در فلات لس طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۸۲ با استفادهٔ ترکیبی از سنجش از دور،

GIS و سنجه‌های چشم‌انداز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تکه‌تکه‌شدن سیمای سرزمین از سال ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۰ افزایش یافته و سپس از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ کاهش یافته است. تغییرات کاربری اراضی و تکه‌تکه‌شدن سیمای سرزمین در این حوزهٔ آبخیز کوچک عمدتاً توسط عوامل انسانی بوده است [۳۱].

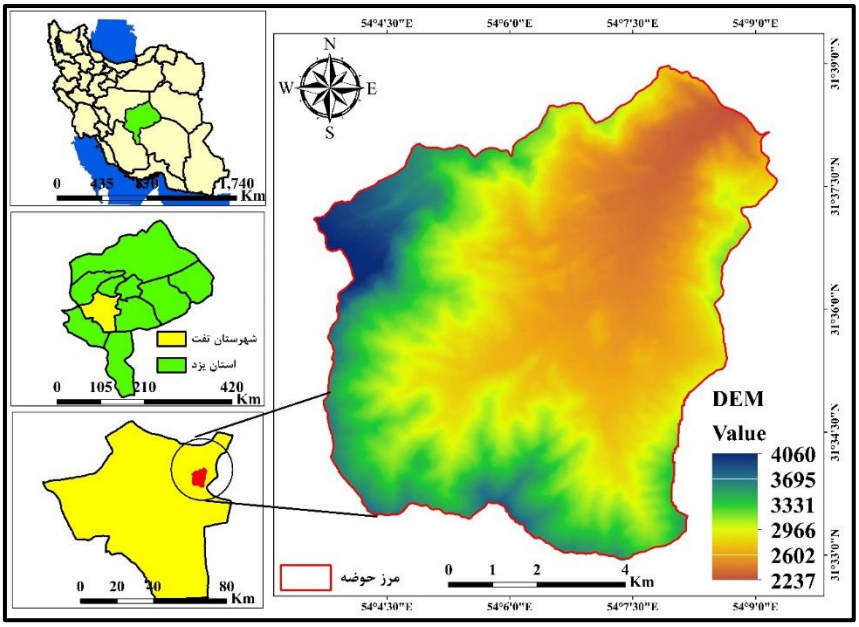
جمع‌بندی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد اگرچه مطالعات مختلفی در ایران و جهان در خصوص تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن صورت گرفته است، اما کمتر پژوهشی به بررسی تغییرات تنوع زیستی حوزه آبخیز در آینده و دلایل ایجاد این تغییرات از دیدگاه آبخیزنشینان پرداخته است. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات تنوع زیستی حوزه آبخیز ده‌بالا در آینده انجام شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزهٔ آبخیز ده‌بالا در ۳۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان تفت در استان یزد و بین طول‌های جغرافیایی ۳۱/۳۳ تا ۳۱/۳۹ شرقی نصف‌النهار گرینویچ و عرض‌های جغرافیایی ۵۴/۳ تا ۵۴/۱۰ شمالی از خط استوا واقع شده است.

مساحت حوزهٔ آبخیز ده‌بالا ۶۷/۱۱۰ کیلومتر مربع، میانگین ارتفاع حوضه ۳۰۸۸/۹۶ متر و متوسط بارندگی سالانهٔ حوضه ۲۶۷/۷۳ میلی‌متر می‌باشد. هم‌چنین اقلیم حوزهٔ آبخیز ده‌بالا خیلی مرطوب فراسرد و دمای حوضه ۱۸/۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. در تقسیمات سیاسی کشور، حوزهٔ آبخیز ده‌بالا جزء دهستان شیر کوه، شهرستان تفت، استان یزد می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت حوزهٔ آبخیز ده‌بالا در ایران و استان یزد نشان داده شده است.



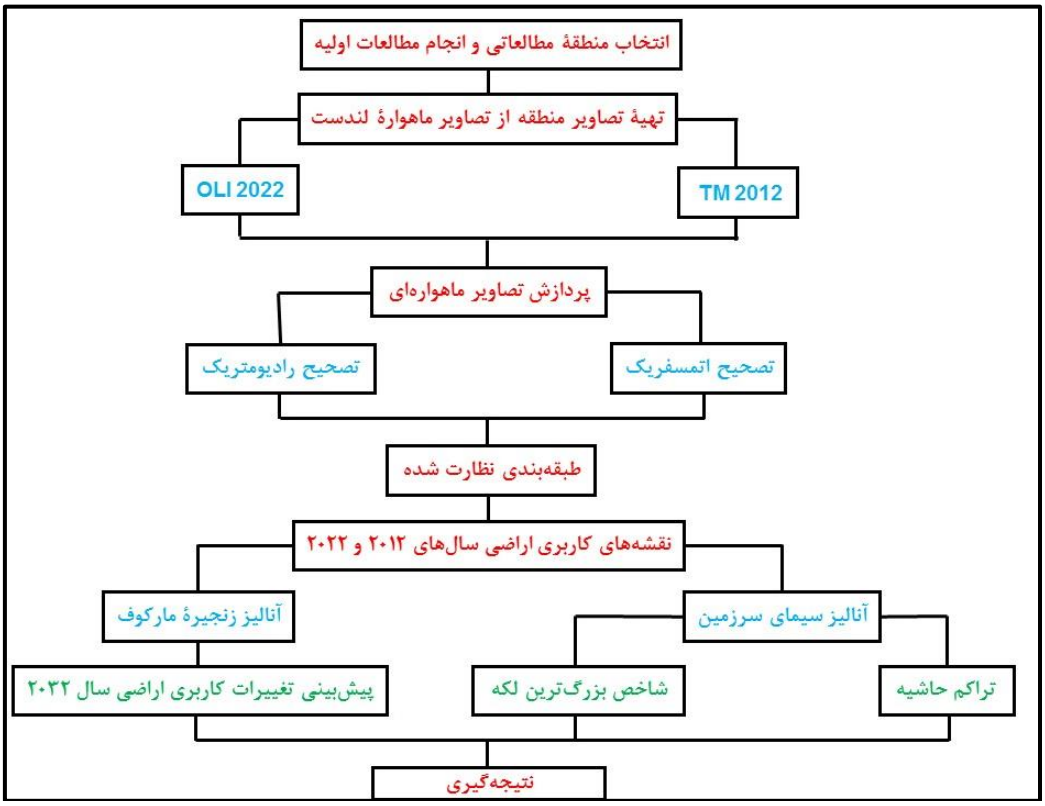
شکل ۱- موقعیت حوزهٔ آبخیز ده‌بالا در ایران و استان یزد

تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی

از گذشته تا کنون حفظ کاربری اراضی و تداوم و بهره‌وری آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. به‌منظور بررسی روند تغییرات تنوع زیستی در محدودهٔ مطالعاتی، تصاویر ماهوارهٔ لندست از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS)[1] استخراج گردید.

به کمک نرم‌افزارهای ENVI و GIS نقشهٔ کاربری اراضی و میزان تغییرات آن‌ها به‌دست آمد. هم‌چنین برای پیش‌بینی کاربری اراضی از مدل زنجیره‌ای مارکوف استفاده شد. در شکل ۲ مراحل تهیهٔ نقشه‌های کاربری ارائه شده است.

[1] United States Geological Survey



شکل ۲- فرآیند پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهوارهای و آنالیز سیمای سرزمین و آنالیز زنجیرهٔ مارکوف

مراحل تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی

پردازش تصاویر

از تصاویر ماهوارهٔ لندست ۷ مربوط به سنجندهٔ (ETM+)[1] سال ۲۰۱۲ و تصاویر ماهوارهٔ لندست ۸ مربوط به سنجندهٔ (OLI)[2] سال ۲۰۲۲ استفاده شد (جدول ۱). بدین منظور پس‌از انجام تصحیحات هندسی و تبدیل داده‌ها به رادیانس، تصحیحات اتمسفری بر روی این تصاویر صورت گرفت و طبقات کاربری اراضی استخراج شد. تصاویر لندست ۷ و لندست ۸ با استفاده از ترکیب پانکروماتیک تبدیل به تصاویر ۱۵ متری شدند. در گام بعدی و در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.8 محاسبات مربوط به مساحت هر کدام از این طبقات بر حسب هکتار محاسبه شد.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

سنجنده	ماهواره	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
ETM+	Landsat 7	۱۳۹۱/۴/۲۲	۲۰۱۲/۷/۱۲
OLI	Landsat 8	۱۴۰۱/۴/۲۵	۲۰۲۲/۷/۱۶

تصحیح رادیومتریک

با استفاده از تصحیح رادیوومتریک آثار توپوگرافی خطاهای سنجنده روی داده‌های رقمی و آثار اتمسفر برطرف می‌شود همچنین اختلاف زاویه خورشید و ارتفاع در داده‌های چند زمانه برطرف می‌شود در این پژوهش از روش کاهش تیرگی پدیده برای تحصیح رادیومتریک استفاده شد.

[1] Enhanced Thematic Mapper Plus

[2] Operational Land Imager

تصحیح اتمسفری

تصحیح اتمسفری که عموماً بعد از تصحیح رادیومتریکی انجام می شود، عبارت است از تصحیح دو اثر جذب و پخش اتمسفر بر روی امواج رسیده به سنجنده. تصحیح اتمسفری مهم‌ترین بخش قبل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای از راه دور است از این تصحیح به خصوص در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چند زمانه مد نظر است استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر از تصحیح اتمسفری تفریق تیره استفاده شد.

طبقه‌بندی کاربری اراضی

در این تحقیق بعد از اخذ تصاویر لندست ۸ و ۷ پیش پردازش‌های لازم روی تصاویر اجرا شد. سپس هر کدام از تصاویر در دو زمان مربوطه ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ با استفاده روش هوش مصنوعی کاربری اراضی برای دو تاریخ مذکور بدست آمد. سپس قبل از پیش‌بینی آینده در سال ۲۰۳۲ ابتدا برای سال ۲۰۲۲ کاربری اراضی پیش‌بینی و دقت مورد نظر بدست آمد.

با توجه به پوشش‌های موجود در منطقه تصاویر در چهار طبقهٔ اراضی ساخته شدهٔ دست انسان، اراضی زراعی، اراضی باغ‌ها و اراضی مرتع با تراکم ضعیف، دسته‌بندی شدند. توضیحات مربوط به طبقه‌بندی کاربری سرزمین در (جدول ۲) بیان شده است. در مرحلهٔ بعدی و با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف نقشهٔ پیش‌بینی مساحت کاربری‌های اراضی برای سال ۲۰۳۲ به‌دست آمد. در ادامه به‌منظور ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده از ضریب کاپا، استفاده شد.

جدول ۲- روش طبقه‌بندی پوشش/ کاربری زمین

کلاس	توضیحات
اراضی ساخته شدهٔ دست انسان	مناطق شهری با تراکم‌های مختلف، مناطق روستایی، شبکهٔ جاده‌ای و حمل و نقل، توسعهٔ خطی اطراف، جاده‌ها و بزرگراه‌ها، تأسیسات زیربنایی، مراکز خدماتی، صنعتی و تجاری
اراضی زراعی	زراعت آبی، دیم‌کار، زراعت چوب و نهالستان، کشت علوفه
اراضی باغ‌ها	باغ، محوطه‌ای غالباً محصور، ساخته انسان با بهره‌گیری از گل و گیاه، درخت، آب
اراضی مرتع	مراتع غنی، متوسط، ضعیف، بوته‌ای، درخچه‌ای و علفی و مخلوط

مأخذ: دژکام و همکاران، ۱۳۹۴

روش طبقه‌بندی تصاویر در این تحقیق

در این تحقیق از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد. بدین منظور از هر کاربری تعداد ۲۰۰ نمونه برداشت شده که از این تعداد نمونه برداشت شده ۷۰ درصد (۱۴۰) نمونه به عنوان نمونه تعلیمی وارد طبقه‌بندی شده و ۳۰ درصد (۶۰) نمونه به عنوان نمونه آزمایشی به منظور صحت‌سنجی طبقه‌بندی استفاده شده است.

برای طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا باید کلاس‌های کاربری اراضی مشخص شوند و سپس نمونه‌های تعلیمی و آموزشی برای هر کلاس با دقت انتخاب شوند. این نمونه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که تمامی کاربری‌های مختلف منطقه مورد مطالعه را پوشش داده و به‌طور مناسب در سطح تصویر پراکنده باشند. برای هر کلاس ۲۰۰ نمونه برداشت شد که ۷۰ درصد برای نمونه ها تعلیمی و ۳۰ درصد نمونه‌ها برای صحت‌سنجی استفاده گردید. پس از جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی و اعمال آن‌ها بر روی تصاویر از الگوریتم شبکهٔ هوش مصنوعی برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. در نهایت، نقشه‌های کاربری اراضی برای هر تصویر بر اساس نمونه‌های آموزشی و الگوریتم شبکهٔ هوش مصنوعی تهیه گردید.

شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی روش‌های محاسباتی مورد استفاده برای طبقه‌بندی داده‌ها هستند. تاکنون شبکه‌های عصبی مصنوعی در بسیاری از زمینه‌های مطالعاتی نظیر رایانه، روان شناسی، زیست شناسی، شیمی آلی و جز این‌ها به کار گرفته شده است.

از اواخر دهه ۱۹۸۰، شبکه‌های عصبی مصنوعی برای آنالیز داده‌های سنجش از دور در کاربردهای گوناگون مانند طبقه‌بندی پوشش اراضی، آشکارسازی ابر و مانند این‌ها به کار گرفته شده است [۴۷]. شبکه‌های عصبی مصنوعی، روش مطلوبی برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی به شمار می‌آیند، زیرا برای انواع داده‌ها در مقیاس‌های آماری گوناگون قابل استفاده‌اند [۱۸].

به طور کلی، سه مرحله در طبقه‌بندی شبکه عصبی وجود دارد. مرحله اول، فرایندی آموزشی با استفاده از داده های ورودی است. مرحله دوم، فاز اعتبارسنجی است که موفقیت فاز آموزشی و صحت شبکه را تعیین می‌کند و مرحله آخر، طبقه‌بندی است که نقشهٔ طبقه‌بندی شدهٔ پوشش یا کاربری اراضی را ایجاد می‌کند [۴۸].

ارزیابی دقت تصاویر طبقه بندی شده

کاپا، یک آزمون آماری برای ارزیابی میزان صحت طبقه‌بندی است. ضریب کاپا مقایسه‌ای بین حالت تصادفی و زمان طبقه‌بندی است. مقدار آن از -۱ تا ۱ است. مقدار ۱ یعنی خیلی خوب است. این ضریب با استفاده از رابطهٔ (۱) قابل محاسبه می‌باشد که در این رابطه P0 درستی مشاهده و PC توافق مورد انتظار می‌باشد:

$$\text{Kappa}=\frac{\text{po}-\text{pc}}{1-\text{Pc}}*100 \qquad (۱)$$

مدل زنجیره‌ای مارکوف

یک رویکرد استاندارد مورد استفاده در مدل‌سازی متغیرهای تصادفی در طول زمان، رویکرد زنجیرهٔ مارکوف است. زنجیره‌های مارکوف یک مدل تصادفی که دنباله‌ای از رویدادهای احتمالی را نشان می‌دهد که در آن پیش‌بینی‌ها یا احتمالات برای حالت بعدی صرفاً بر اساس وضعیت رویداد قبلی آن است. مدل زنجیرهٔ مارکوف در مدل‌کردن تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن کاربرد گسترده‌ای دارد [۳۳].

زنجیره‌های مارکوف که به نام آندری مارکوف نام‌گذاری شده‌اند، سیستم‌های ریاضی هستند که از یک «وضعیت» (یک موقعیت یا مجموعه‌ای از مقادیر) به حالت دیگر می پرند. آنالیز این مدل برای تعیین احتمال تغییر هر طبقه کاربری اراضی به دیگر طبقات کاربری اراضی یا بدون تغییرماندن آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل به دو نقشهٔ کاربری اراضی (ورودی‌های مدل) نیاز دارد تا بتواند احتمال تغییرات را تعیین کند که این دو نقشهٔ کاربری اراضی معمولاً با کمک سیستم سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به‌دست می‌آیند. در واقع زنجیرهٔ مارکف، یک نوع مدل فرآیند تصادفی است که بیان می‌کند با چه احتمالی ممکن است یک وضعیت به وضعیت و حالت دیگری تغییر یابد.

این مدل یک ابزار توصیفی کلیدی دارد و آن ماتریس احتمال انتقالات است. از آنالیز این مدل برای دو منظور استفاده می‌شود، ماتریس اول برای کالیبراسیون کردن مدل که طی آن نقشه‌های مربوط به سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ به مدل معرفی شد و ماتریس دوم جهت شبیه‌سازی تغییرات آینده که طی این مرحله از نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ استفاده شد و ماتریس آن برای سال ۲۰۳۲ به‌دست آمد.

سیمای سرزمین

آگاهی از روند تغییرات کاربری اراضی به خصوص در محدوده شهرهای پرجمعیت در دوره‌های زمانی طولانی برای برنامه‌ریزان و مدیران به منظور ارزیابی و پیش‌بینی مشکلات ناشی از این تغییرات حائز اهمیت است. پیش‌بینی تغییر سیمای سرزمین‌ها در طی زمان برای مدیریت پایدار سرزمین و طرح‌ریزی ضروری است [۴۵]. متریک‌های سیمای سرزمین یک ابزار مناسب برای ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری و محدودهٔ آن می‌باشد. سیمای سرزمین چیدمانی است که در آن ترکیبی از کاربری‌های سرزمین و بوم‌سازگان‌های محلی در فرم مشابه و در یک منطقه تکرار شده‌اند [۳].

برای کمی‌نمودن کلاس‌ها و خصوصیات مکانی لکه‌های کل سرزمین از سنجه‌های سرزمین استفاده می‌شود. مناسب‌ترین راه برای مقایسهٔ سیمای سرزمین‌های مختلف استفاده از سنجه‌ها می‌باشد [۳۵]. برای اندازه‌گیری ویژگی های سیمای سرزمین از شاخص‌های کمی به نام سنجه‌ها و یا متریک‌های سیمای سرزمین استفاده می‌شود که این ویژگی‌ها با کاربرد نقشه‌های کاربری اراضی همراه است.

سنجه‌های مختلفی برای بررسی سیمای سرزمین وجود دارد. برای بررسی تنوع زیستی حوزۀ آبخیز ده‌بالا از سنجه‌های تراکم حاشیه و شاخص بزرگ‌ترین لکه استفاده شد که در ادامه به این سنجه‌ها اشاره شده است.

سنجۀ تراکم حاشیه (ED)[1]: این سنجه از طریق تقسیم محیط هر کلاس بر سطح آن به‌دست می‌آید.

سنجۀ شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)[2]: درصد بزرگ‌ترین لکه که سیمای سرزمین را اشغال کرده است.

برای مطالعۀ تغییر ساختار و عملکرد سیمای سرزمین و کمی‌ساختن این تغییرات از سنجه‌های مختلفی در اکولوژی سیمای سرزمین استفاده می‌شود [۳۵]. با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین به‌طور مستقیم می‌توان در آسیب‌پذیری بوم‌سازگان و نیز تغییرات ایجاد شده در آن به‌صورت اعداد کمی شده‌ای نتیجه‌گیری کرد [۲۰]. پس از تهیۀ نقشه‌های کاربری اراضی، جهت بررسی تغییرات سیمای سرزمین در حوزۀ آبخیز ده‌بالا سنجه‌های سرزمین انتخاب شدند و به‌منظور کمی‌کردن سنجه‌ها در بازۀ زمانی انتخابی از نرم‌افزار FRAGSTATS استفاده شد.

FRAGSTATS یک برنامۀ تجزیه و تحلیل الگوی فضایی برای کمی‌سازی ساختار (به عنوان مثال توزیع و ترکیب) سیمای سرزمین است. FRAGSTATS به‌سادگی ناهمگونی فضایی سیمای سرزمین را کمی نموده و روی یک نقشه دسته‌بندی شده (به عنوان مثال موزاییک سیمای سرزمین) نمایش می‌دهد.

تغییرات تنوع زیستی از دیدگاه آبخیزنشینان

روش پژوهش در این بخش توصیفی و کیفی بوده است. همچنین ابزار مورد استفاده، مشاهده مستقیم، مصاحبه حضوری و پرسشنامه بوده است. در مرحله تدوین پرسشنامه جهت شناسایی عوامل تأثیرگذار بر تغییرات تنوع زیستی و کسب نتیجه مطلوب و دقیق به منطقه مورد مراجعه و سپس با پیمایش در منطقه، نسبت به تکمیل پرسشنامه‌ها توسط آبخیزنشینان که به‌طور تصادفی انتخاب شدند، اقدام شد. محورهای پرسش‌ها در این پژوهش، بر مبنای طیف لیکرت، پاسخ‌هایی از خیلی کم (۱) تا خیلی زیاد (۵) را دارد و برای افراد مخالف گزینه «خیر» در نظر گرفته شد [۲۷].

نتایج

نقشه‌های کاربری سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ به‌ترتیب در شکل ۳ و شکل ۴ نمایش داده شده‌اند. مطابق نقشۀ کاربری اراضی در سال ۲۰۱۲ در شکل ۳، حوزۀ آبخیز ده‌بالا به چهار طبقۀ اراضی ساخته شدۀ دست انسان، اراضی زراعی، اراضی باغ‌ها و اراضی مرتع با تراکم ضعیف طبقه‌بندی شد. به همین صورت نقشۀ کاربری اراضی ۲۰۲۲ نیز به چهار طبقۀ اراضی ساخته شدۀ دست انسان، اراضی زراعی، اراضی باغ‌ها و اراضی مرتع با تراکم ضعیف تقسیم‌بندی شد که در شکل ۴ نمایش داده شده است.

با توجه به جدول ۳، بیش‌ترین تغییرات کاربری اراضی در دورۀ ۱۰ ساله (۲۰۲۲-۲۰۱۲) مربوط به کاربری اراضی باغ‌ها می‌باشد. وسعت این کاربری ۱/۲۸ درصد افزایش داشته است. کاربری اراضی ساخته شدۀ دست انسان نیز در این دوره ۰/۳۱ درصد افزایش یافته است. کاربری اراضی زراعی و کاربری مرتع با تراکم ضعیف در این دوره به‌ترتیب (۱/۱۶- درصد) و (۰/۴۲- درصد) روندی کاهشی داشته‌اند.

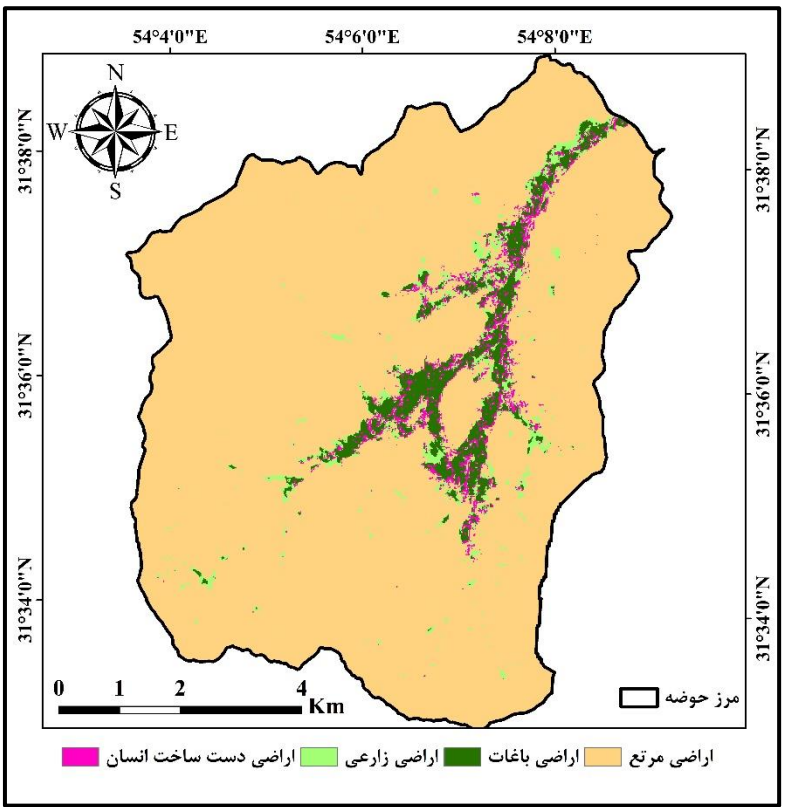
دورۀ کالیبراسیون

برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی ابتدا به کالیبراسیون پرداخته شد. بدین منظور ماتریس احتمال انتقال برای سال ۲۰۲۲ تهیه شده و نقشه‌های کاربری سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۲ به الگوریتم زنجیرۀ مارکوف به منظور صحت‌سنجی میزان دقت نقشۀ تولیدی با نقشۀ واقعی معرفی شدند و کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۲ مدل سازی شد.

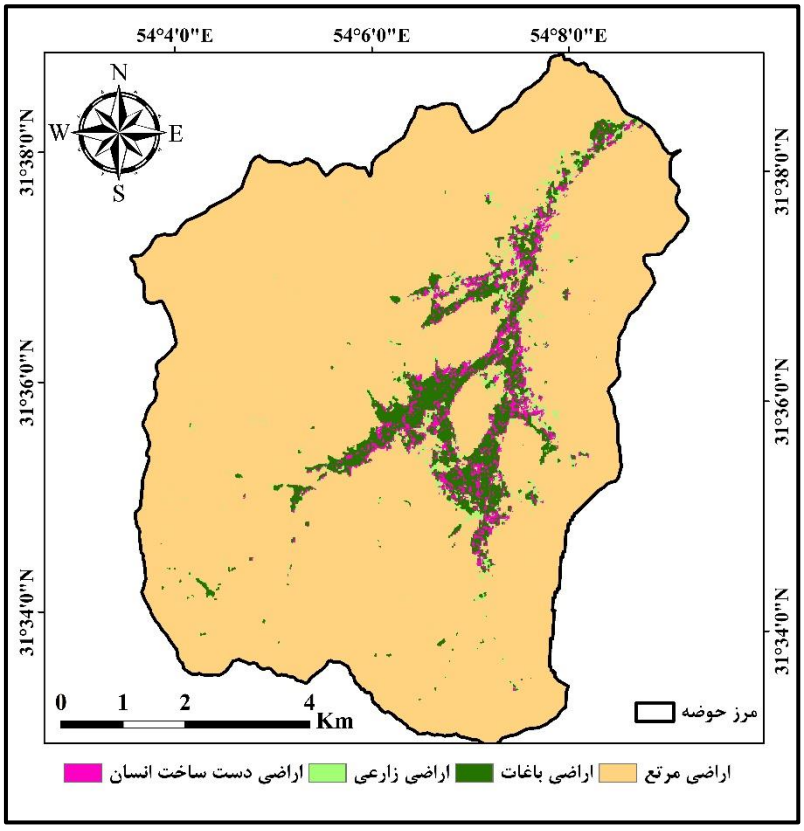
نتایج بدست آمده از الگوریتم و تصاویر در دورۀ کالیبراسون نشان دهندۀ دقت بالای الگوریتم در مدل‌سازی کاربری اراضی برای منطقۀ مورد مطالعه می‌باشد که در جدول ۴ آمده است.

[1] Edge density

[2] Largest Patch Index



شکل ۳- نقشهٔ کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز ده‌بالا در سال ۲۰۱۲



شکل ۴- نقشهٔ کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز ده‌بالا در سال ۲۰۲۲

جدول ۳- مساحت طبقه‌های مختلف کاربری‌ها و روند تغییرات آن‌ها در بازۀ زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۲

کاربری اراضی	سال ۲۰۱۲		سال ۲۰۲۲		تغییرات (هکتار) ۲۰۱۲-۲۰۲۲	تغییرات (درصد) ۲۰۱۲-۲۰۲۲
	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)		
اراضی ساخته شده دست انسان	۱۳۵	۲/۰۲۹	۱۵۶	۲/۳۴	+۲۱	+۰/۳۱
اراضی زارعی	۱۸۹	۲/۸۴	۱۱۲	۱/۶۸	-۷۷	-۱/۱۶
اراضی باغ‌ها	۲۸۹	۴/۳۴	۳۷۴	۵/۶۲	+۸۵	+۱/۲۸
اراضی مرتع با تراکم ضعیف	۶۰۳۸	۹۰/۷۶	۶۰۱۰	۹۰/۳۴	-۲۸	-۰/۴۲

جدول ۴- مدل‌سازی کاربری اراضی تصاویر لندست سال ۲۰۲۲

کاربری	میزان واقعی کاربری در سال ۲۰۲۲	میزان پیش بینی شده کاربری در سال ۲۰۲۲	R^2	*RMSE*
اراضی ساخته شده دست انسان	۱۵۶	۱۵۵	۰/۹۱	۰/۳۷۲
اراضی زارعی	۱۱۲	۱۱۱	۰/۸۹	۰/۳۳۳
اراضی باغ‌ها	۳۷۴	۳۷۵	۰/۹۳	۰/۳۵۴
اراضی مرتع با تراکم ضعیف	۶۰۱۰	۶۰۱۱	۰/۹۱	۰/۲۷۵

مدلسازی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۲

خروجی مدل زنجیره‌ای مارکوف نیز شامل تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری های مختلف است [۱]. در شکل ۵ تغییرات کابری اراضی برای چهار طبقۀ اراضی ساخته شدۀ دست انسان، اراضی زراعی، اراضی باغ‌ها و اراضی مرتع با تراکم ضعیف برای سال ۲۰۳۲ نمایش داده شده است. با توجه به جدول ۵، نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۲۰۳۲ به‌گونه‌ای است که در صورت ادامه روند موجود در منطقه، مساحت کاربری اراضی باغ‌ها (۰/۳۱ درصد) افزایش می‌یابد.

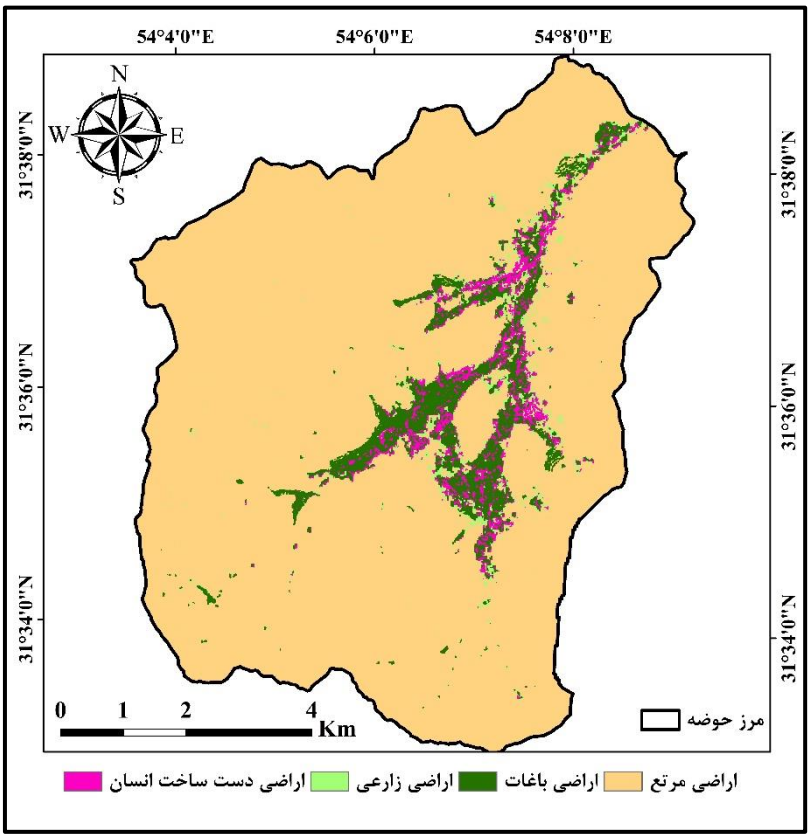
هم‌چنین وسعت کاربری اراضی ساخته شدۀ دست انسان به میزان (۰/۲۴ درصد) افزایش می‌یابد و کاربری‌های اراضی زراعی و کاربری اراضی مرتعی با تراکم ضعیف به‌ترتیب (۰/۲۱- درصد) و (۰/۳۴- درصد) کاهش می‌یابند. هم‌چنین ماتریس احتمالی تبدیل کاربری‌های اراضی در سال ۲۰۳۲ که در جدول ۶ بیان شده است نشان می‌دهد که احتمال تبدیل کاربری‌های زراعی و مرتع با تراکم ضعیف به سایر کاربری‌های دیگر قابل توجه می‌باشد.

سیمای سرزمین

سنجۀ شاخص بزرگترین لکه می‌تواند میزان آسیب‌پذیری بوم‌شناختی را نمایش دهد که این موضوع نشان‌دهندۀ تخریب یکپارچگی پوشش اراضی می‌باشد. هرچه میزان شاخص بزرگترین لکه بیشتر باشد از نظر آسیب‌پذیری بوم‌شناختی مقاوم‌تر و میزان شدت تخریب سیمای سرزمین کمتر است.

مناطق مناسب بوم‌شناختی (تخریب ناچیز) مناطقی هستند که تنوع کاربری در این مناطق کم و تنوع و شاخص بزرگترین لکه بیشتر است و این مناطق در واقع کمتر تحت فعالیت انسانی قرار گرفته در نتیجه پدیده‌ای تخریب قطعه شدگی الگوهای سیمای سرزمین ناچیز یا کم پدیدار شده و بیشتر سیمای سرزمین این مناطق را یک نوع کاربری پوشانده است. هم‌چنین سنجۀ تراکم حاشیه گزارشگر تهدیدپذیری بیشتر در منطقه می‌باشد.

در واقع، افزایش سنجۀ تراکم حاشیه نشان از افزایش تخریب پوشش‌های طبیعی و افزایش مرز مشترک با کاربری های اطراف خود دارد و کاهش هرچه بیش‌تر لکه‌های‌طبیعی را فراهم خواهد کرد.



شکل ۵- نقشه شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۳۲

جدول ۵- مدل سازی کاربری اراضی تصاویر لندست سال ۲۰۳۲

کاربری اراضی	سال ۲۰۳۲		تغییرات (هکتار)	تغییرات (درصد)
	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	۲۰۳۲-۲۰۲۲	۲۰۳۲-۲۰۲۲
اراضی ساخته شده دست انسان	۱۷۲	۲/۵۸	۱۶	+۰/۲۴
اراضی زارعی	۹۸	۱/۴۷	۱۴	-۰/۲۱
اراضی باغ‌ها	۴۲۲	۵/۹۳	۴۸	+۰/۳۱
اراضی مرتع	۵۹۶۰	۹۰	۵۰	-۰/۳۴

جدول ۶- ماتریس احتمالی تبدیل کاربری‌های اراضی در سال ۲۰۳۲ به روش مارکوف (درصد)

	ار اضی ساخته شده دست انسان	اراضی زارعی	اراضی باغ‌ها	اراضی مرتع
اراضی ساخته شده دست انسان	۱۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
اراضی زارعی	۲۲/۰	۴۸/۱۵	۳۳/۲۵	۳۲/۸۵
اراضی باغ‌ها	۲/۰	۰/۰۰	۹۸/۰	۰۰/۰
اراضی مرتع	۱۸/۰	۰۸/۰	۲۴/۰	۵۰/۰

با توجه به جدول ۷، تجزیه و تحلیل سنجهٔ شاخص بزرگترین لکه نشان می‌دهد که این سنجه در بازهٔ زمانی مورد مطالعه روندی کاهشی را دارا بوده به‌طوری که از ۶۵/۲۸ درصد در سال ۲۰۱۲ به ۵۸/۸۳ درصد در سال ۲۰۲۲ رسیده است و در صورت ادامهٔ روند موجود به ۵۱/۴۲ درصد در سال ۲۰۳۲ می‌رسد. هم‌چنین تجزیهٔ و تحلیل مقدار تراکم حاشیه نیز در بازهٔ زمانی مورد مطالعه افزایش یافته است به‌طوری که از ۲/۲۱ درصد در سال ۲۰۱۲ به

۳/۰۸ درصد در سال ۲۰۲۲ رسیده است و در صورت ادامهٔ همین روند به ۴/۹۸ در سال ۲۰۳۲ می‌رسد. بنابراین افزایش شاخص بزرگترین لکه از یک سو و کاهش تراکم حاشیه از سوی دیگر نشان‌دهندهٔ این موضوع می‌باشد که سیمای سرزمین حوزهٔ آبخیز دهبالا افزایش دست‌خوش تغییرات شده بنابراین سیمای سرزمین دچار قطعه‌شدگی شده است.

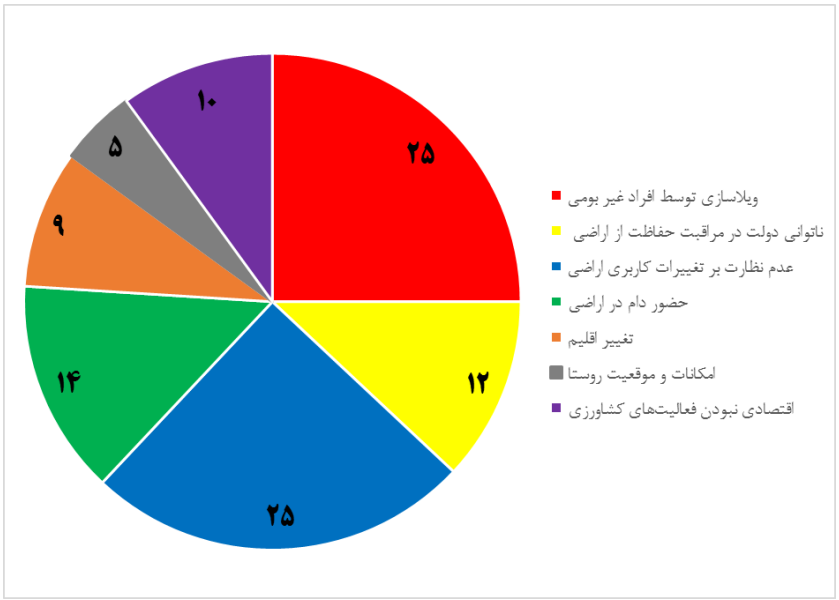
تغییرات ایجاد شده در این حوضه سبب آسیب‌پذیری حوضه در دورهٔ مطالعاتی شده است و در صورت ادامهٔ روند موجود در آینده باید شاهد کاهش یکپارچگی سیمای سرزمین و هم‌چنین و افزایش ناپایداری سرزمین در حوضه باشیم که علاوه بر افزایش خطرات بلایای طبیعی باعث به‌وجود آمدن مشکلاتی مانند بیکاری و مهاجرت می‌شود.

جدول ۷- خصوصیات سنجه‌های سیمای سرزمین مورد مطالعه و تغییرات آن‌ها طی بازهٔ زمانی مورد بررسی

سنجه	علامت اختصاری	واحد	محدودهٔ تغییرات	سال ۲۰۱۲	سال ۲۰۲۲	سال ۲۰۳۲
تراکم حاشیه	ED	متر در هکتار	ED>0	۲/۲۱	۳/۰۸	۴/۹۸
شاخص بزرگترین لکه	LPI	درصد	۰<LPI<100	۶۵/۲۸	۵۸/۸۳	۵۱/۴۲

تغییرات تنوع زیستی از دیدگاه آبخیزنشینان

با توجه به شکل ۶، بیش‌ترین عامل تغییرات تنوع زیستی در حوضه از دیدگاه آبخیزنشینان با ۲۸ درصد نظرات مربوط به عدم نظارت بر تغییرات کاربری اراضی می‌باشد و کم‌ترین عامل تغییرات تنوع زیستی از نظر آبخیزنشینان با ۵ درصد نظرات مربوط به امکانات و موقعیت روستا می‌باشد.



شکل ۶- نمودار عوامل تغییرات تنوع زیستی از دیدگاه آبخیزنشینان بر حسب درصد

نقشه‌های کاربری سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۳۲ به‌ترتیب در شکل ۳ و شکل ۴ نمایش داده شده‌اند. لازم به ذکر می‌باشد که ضریب کاپای به‌دست آمده برای سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ به‌ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۸۱ است.

مطابق نقشهٔ کاربری اراضی در سال ۲۰۱۲ در شکل ۳، حوزهٔ آبخیز دهبالا به چهار طبقهٔ اراضی بایر، مرتعی با تراکم ضعیف، باغی و خانه‌باغ تقسیم‌بندی شد. به همین صورت نقشهٔ کاربری اراضی ۲۰۲۲ نیز به چهار طبقهٔ اراضی بایر، مرتعی با تراکم ضعیف، باغی و خانه‌باغ تقسیم‌بندی شد که در شکل ۴ نمایش داده شده است. با توجه به جدول ۲، بیش‌ترین تغییرات کاربری اراضی در دورهٔ ۱۰ ساله (۲۰۲۲-۲۰۱۲) مربوط به کاربری اراضی بایر می‌باشد. وسعت این کاربری ۱۸/۲۴ درصد افزایش داشته است.

کاربری‌های اراضی مرتعی با تراکم ضعیف (۱۴/۹ درصد) و اراضی باغی (۰/۲۶ درصد) و اراضی خونه باغ (۰/۰۸) طی دورهٔ مورد مطالعه روندی کاهشی داشته‌اند. این نتیجه با برخی از مطالعات صورت گرفته مانند [۲۸] در مراتع البرز مرکزی، [۴۱] در حوزهٔ آبخیز صفارود استان مازندران، [۳۶] در دشت برتش استان ایلام، [۲۵] در دشت بستاق استان خراسان جنوبی همخوانی دارد.

خروجی مدل زنجیره‌ای مارکوف نیز شامل تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است [۱]. مطابق جدول ۲، نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۲۰۳۲ به‌گونه‌ای است که در صورت ادامه روند موجود در منطقه، مساحت کاربری اراضی بایر ۱۱/۴۱ درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین وسعت کاربری اراضی باغی به میزان ۰/۰۸ درصد افزایش می‌یابد و کاربری‌های اراضی مرتعی با تراکم ضعیف و خونه باغ به ترتیب ۱۱/۱۶ درصد و ۰/۳۱ درصد کاهش می‌یابند.

در شکل ۵ نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۳۲ نمایش داده شده است. این نتیجه با برخی مطالعات صورت گرفته مانند [۱۶] در شهر کراچی پاکستان، [۴۹] در شهر چنای هند،[۱۳] در دشت داراب شیراز، [۲۵] در دشت بستاق استان خراسان جنوبی و [۳۴] در شهر اردبیل همخوانی دارد. این تغییرات کاربری اراضی نشان دهندهٔ این موضوع است که در این حوضه تخریب کاربری صورت گرفته است. هم‌چنین در جدول ۳ ماتریس احتمالی تبدیل کاربری‌های اراضی در سال ۲۰۳۲ بیان گردیده است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

امروزه تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین به دلیل بهره‌برداری‌های بیش از حد و توسعهٔ نامتوازن در حوزه‌های آبخیز کشور یک نگرانی عمده برای حفظ سلامت زمین و حفظ خدمات بوم‌سازگان محسوب می‌شود [۲]، پدیده‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی همواره چهرهٔ زمین را دستخوش تغییراتی می‌کنند بنابراین آگاهی از تغییرات پوشش کاربری اراضی و در نتیجه مدیریت بهینهٔ مناطق طبیعی ضروری می‌باشد و باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی لحاظ شود.

برنامه‌ریزی و طرح‌ریزی یکپارچهٔ سیمای سرزمین با درک ساختار و نحوهٔ ترکیب الگوهای سیمای سرزمین امکان‌پذیر می‌باشد که می‌تواند منجر به کاهش تخریب سیمای سرزمین کمک کند. برای درک روند تغییرات در سیمای سرزمین حوزه‌های آبخیز تغییرات محیط‌های طبیعی بایستی در یک دورهٔ زمانی صورت بگیرند.

تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات تنوع زیستی حوزهٔ آبخیز دەبالا در آینده و دلایل ایجاد این تغییرات از دیدگاه آبخیزنشینان صورت پذیرفت. برای انجام تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سنجش از دور استفاده شد و نقشه‌های کاربری اراضی در سال ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ استخراج شدند. حوزهٔ آبخیز به چهار کلاس اراضی ساخته شدهٔ دست انسان، اراضی مرتعی با تراکم ضعیف، اراضی زراعی و اراضی باغ‌ها تقشیم‌بندی شد.

نتایج نشان داد که در بازهٔ زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری اراضی باغ‌ها می‌باشد به‌طوری که به مساحت این کاربری ۱/۲۸ درصد افزوده شده است کم‌ترین تغییرات اراضی مربوط به کاربری اراضی ساخته شدهٔ دست انسان می‌باشد به‌طوری که به مساحت این کاربری ۰/۳۱ درصد افزوده شده است. این نتیجه با برخی از مطالعات صورت گرفته مانند [۲۸] در مراتع البرز مرکزی، [۴۱] در حوزهٔ آبخیز صفارود استان مازندران، [۳۶] در دشت برتش استان ایلام، [۲۵] در دشت بستاق استان خراسان جنوبی همخوانی دارد.

هم‌چنین با استفاده از نقشه‌کاری اراضی سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در حوضه برای سال ۲۰۳۲ نیز محاسبه شد. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات نیز نشان داد که در سال ۲۰۳۲، به وسعت کاربری‌های اراضی ساخته شدهٔ دست انسان و اراضی باغ‌ها به‌ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۳۱ درصد افزوده خواهد شد و از وسعت کاربری‌های اراضی زراعی و مرتع با تراکم ضعیف به‌ترتیب ۰/۲۱- و ۰/۳۴- کاسته خواهد شد. این نتیجه با برخی مطالعات صورت گرفته مانند [۱۶] در شهر کراچی پاکستان، [۴۹] در شهر چنای هند، [۱۳] در دشت داراب شیراز، [۲۵] در دشت بستاق استان خراسان جنوبی و [۳۴] در شهر اردبیل همخوانی دارد.

این تغییرات کاربری اراضی بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق تبدیل اراضی مرتع با تراکم ضعیف و اراضی زراعی به اراضی باغ‌ها و اراضی ساخته شدهٔ دست انسان می‌باشد. از جمله دلایل اصلی تغییرات کاربری در حوزهٔ آبخیز ده‌بالا خشکسالی‌های مکرر، کمبود منابع آب، و هم‌چنین مسئلهٔ مهاجرت به‌دلیل نزدیکی به شهر می‌باشد که توجه هرچه بیش‌تر مسئولان و برنامه‌ریزان را برای بهبود شرایط این حوضه را می‌طلبد.

نتایج حاصل از بررسی تنوع زیستی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در بازهٔ زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد که سنجهٔ شاخص بزرگترین لکه در بازهٔ زمانی مورد مطالعه روندی کاهشی را دارا بوده است، هم‌چنین مقدار تراکم حاشیه نیز در بازهٔ زمانی مورد مطالعه افزایش یافته است که با نتایج [۴۶] در استان چهارمحال و بختیاری و [۲۴] در استان کهگیلویه و بویراحمد مطابقت دارد. کاهش سنجهٔ شاخص بزرگترین لکه و افزایش مقدار تراکم حاشیه که نشان‌دهندهٔ تخریب سرزمین می‌باشد از یک‌سو و از سوی دیگر عدم نظارت بر تغییرات کاربری اراضی که از دیدگاه آبخیزنشینان باعث افزایش تغییرات تنوع زیستی در حوزهٔ آبخیز ده‌بالا شده است نشان می‌دهد که بیش‌تر مسئولان و برنامه‌ریزان بایستی توجه بیشتری برای بهبود شرایط این حوضه داشته باشند.

References

[1]. Afifi, M. E. (2020). Modeling of land use changes using Markov chain model and LCM model, case study: Shiraz city. *Journal of Applied Research of Geographical Sciences*, *20*(56), 141-158. doi: 10.29252/jgs.20.56.141 [in Farsi]

[2]. Alaei, N., Mostafazadeh, R., Esmaliouri, A., Sharari, M., & Hazbavi, Z. (2019). Assessment and Comparison of Landscape Connectivity in KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *8*(4), 19-34. doi: 10.47176/ijae.8.4.2572 [in Farsi]

[3]. Apan, A., Raine, S. R., & Paterson, M. (2002). Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer valley catchment, Queensland, Australia. *Journal of Landscape and Urban Planning*, *59*(1), 43-57. doi: 10.1016/S0169-2046(01)00246-8

[4]. Arekhi, S. (2015). Application of Landscape Metrics in Assessing Land Use Changes' Trend by Using Remote Sensing and GIS Case study: Dehloran Desert Area. *Geography and Development*, *13*(40), 59-68. doi: 10.22111/gdij.2015.2098 [in Farsi]

[5]. Assumma, V., Bottero, M., & Monaco, R. (2016). Landscape Economic Value for Territorial Scenarios of Change: An Application for the Unesco Site of Langhe, *Roero and Monferrato. Social & Behavioral Sciences*, 223, 549-554. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.340

[6]. Ayala, A. D., Hoyos, D., & Mariel, P. (2015). Suitability of discrete choice experiments for landscape management under the European Landscape Convention. *Journal of Forest Economics*, *21*(2), 79-96. doi: 10.1016/j.jfe.2015.01.002

[7]. Barati, B., Jahani, A., Zebardast, L., & Rayegani, B. (2017). Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (Case Study: Kolah Ghazy National Park and Wildlife Refuge). *Town and Country Planning*, *9*(1), 153-168. doi: 10.22059/jtcp.2017.61412 [in Farsi]

[8]. Bihamta Toosi, N., Safianian, A., & Fakheran, S. (2014). Analysis of Land Cover Changes in the Central Part of Isfahan (Iran) Using Landscape Metrics. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *2*(6), 77-87. [in Farsi]

[9]. Bindajam, A. A., Mallick, J., & Thi Hang, H. (2023). Assessing landscape fragmentation due to urbanization in English Bazar Municipality, Malda, India, using landscape metrics. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(26), 68716-68731. doi: 10.1007/s11356-023-27252-2.

[10]. Buyantuyev, A., Wu, J., & Gries, C. (2010). Multiscale analysis of the urbanization pattern of the Phoenix metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution. Landscape and

Urban Planning, *94*(3-4), 206-217. doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.10.005

[11]. Davidson, M. D. (2013). On the relation between ecosystem services, intrinsic value, existence value and economic valuation. *Ecological Economics*, 95, 171-177. doi: 10.1016/j.ecolecon.2013.09.002

[12]. Dezhbani, R., Hazbavi, Z., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., & Alaei, N. (2023). Analysis of the Relationship between Spatial and Temporal Changes in Land Use and Landscape Metrics in the KoozehTopraghi Watershed. *Journal of Geography and Environmental Studies*, *12*(45), 82-99. [in Farsi]

[13]. Esmaeili, H. and Negahban, S. (2021). Detection and prediction of land use/ land cover changes using Markov chain model and Cellular Automata (CA-Markov), (Case study: Darab plain). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, *12*(43), 41-61. [in Farsi]

[14]. Evelyn, U., Juri, R., & Tonu, O. (2011). Analysing the spatial structure of the Estonian landscapes: which landscape metrics are the most suitable for comparing different landscapes. *Estonian Journal of Ecology*. *60*(1), 70-80. doi: 10.3176/eco.2011.1.06

[15]. Fan, F., Weng, Q., & Wang, Y. (2007). Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM^{+} imagery. *Sensors*, *7*(7), 1323-1342. doi: 10.3390/s7071323

[16]. Farhad Baqa, M., Chen, F., Lu, L., Qureshi, S., Tariq, A., Wang, S., Jing, L., Hamza, S., & Li, Q. (2021). Monitoring and Modeling the Patterns and Trends of Urban Growth Using Urban Sprawl Matrix and CAMarkov Model: A Case Study of Karachi, Pakistan. *Land*, *10*(7), 700. doi: 10.3390/land10070700

[17]. Flowers, B., Huang, K. T., & Aldana, G. O. (2020). Analysis of the Habitat Fragmentation of Ecosystems in Belize Using Landscape Metrics. *Sustainability*, *12*(7), 3024. doi: 10.3390/su12073024

[18]. Gahegan, M., German, G., & West, G., (1999). Improving Neural Network Performance on the Classification of Complex Geographic Datasets. *Journal of Geographical Systems*, 1, 3-22. doi: 10.1007/s101090050002

[19]. Garret K. Boongalinga, C., Faustino-Eslavab, D. V., & Lansiganc, F. P. (2018). Modeling land use change impacts on hydrology and the use of landscape metrics as tools for watershed management: The case of an ungauged catchment in the Philippines. *Land Use Policy*, 72, 116-128. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.12.042

[20]. Ghanbari, A., Rahimi, A., & Mousavi, T. S. (2020). Investigation of land use changes based on the analysis of land surface metrics using remote sensing and GIS in Miandoab city. *Journal of Geographical Space*, *20*(69), 117-130. [in Farsi]

[21]. Gökyer, E. (2013). Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics, *Advances in Landscape Architecture*, Murat Ozyavuz (Ed.), InTech. doi: 10.5772/51738

[22]. Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K. (2017). Multi-Criteria Assessment of Land Cover Dynamic Changes in Halgurd Sakran National Park (HSNP), Kurdistan Region of Iraq, Using Remote Sensing and GIS. *Land*, *6*(1), 18. doi: 10.3390/land6010018

[23]. Ildermi, A., Nori, H., Naderi, M., AghaBigi, S., Amin, S., & zinivand, H. (2018). Land use change prediction using Markov chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed). *Watershed Management Research*, *8*(16), 232-240. doi: 10.29252/jwmr.8.16.232 [in Farsi]

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

[25]. Karimi, K., & Komaki, Ch.. M. (2015). Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land use /cover using Markov chain model (Case study: Bostagh Plain - South Khorasan). *RS & GIS for Natural Resources*, 6(2), 75-88. [in Farsi]

[26]. Karimi, S. (2011). *Mapping of some goods and services of forest and pasture ecosystems in Golestan province (case study of Gorgan and Aliabad watersheds)*. Masters, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran. [in Farsi]

[27]. Karimi, Z., Sheikh, V., Sadoddin, A., & Mobarghaee Dinan, N. (2021). Evaluation of watershed management interventions on biomass carbon sequestration and stakeholders' perception about watershed condition improvement (Case study: Dehchenashk sub-watershed, Chehl Chai watershed). *Environmental Sciences*, *19*(3), 217-236. doi: 10.52547/envs.2021.36527 [in Farsi]

[28]. Koohestani, N., Rastgar, S., Heidari G., Shatai Joybari, S., & Amirnejad, H. (2020). Monitoring and predicting the trend of changing rangelands using Satelite images and CA-Markov model (Case study: Noor-rood basin, Mazandaran proince). *Journal of RS and GIS for natural Resources*, *11*(3), 1-21. doi: 10.30495/GIRS.2020.674923 [in Farsi]

[29]. Kumara, M., M. Denisb, D., Kumar Singh, S., Szabód, S., & Suryavanshie, S. (2018). Landscape metrics for assessment of land cover change and fragmentation of a heterogeneous watershed. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 10, 224–233. doi: 10.1016/j.rsase.2018.04.002

[30]. Lambin, E. F. (1997). Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, *21*(3), 375-393. doi: 10.1177/030913339702100303

[31]. Liu, D., Li, B., Liu, X., & Warrington, D.N. (2011). Monitoring land use change at a small watershed scale on the Loess Plateau, China: applications of landscape metrics, remote sensing and GIS. *Environmental Earth Sciences*, *64*, 2229-2239. doi: 10.1007/S12665-011-1051-7

[32]. Mohammadi, A., & Fatemizadeh, F. (2021). Quantifying Landscape Degradation Following Construction of a Highway Using Landscape Metrics in Southern Iran. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 721313. doi: 10.3389/fevo.2021.721313 [in Farsi]

[33]. Mohammadi, A., Mosivand, A. J., & Shayan, S. (2011). Prediction of land use and land cover changes using satellite images and Markov chain model The Quarterly. *Journal of Spatial Planning and Geomatics*, *14*(3), 117-130. [in Farsi]

[34]. Mosayebi, M., & Maleki, M. (2014). Change detection in land use using remote sensing data and GIS (Case study: Ardabil county). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *5*(1), 75-86. [in Farsi]

[35]. McGarigal, K. S., Cushman, S., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Oregon State University: Corvallis.

[36]. Mir Alizadehfard, S. R., & Alibakhshi, S. M. (2016). Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam). *Journal of RS and GIS for natural Resources*, *7*(2), 33-46. [in Farsi]

[37]. Mirsanjari, M. M., & Mohammadyari, F. (2022). Analysis of land use in the BEHBAHAN city approach landscape ecology. *Journal of Environmental Science and Technology*, *24*(3), 191-204. doi: 10.22034/jest.2021.25842.3476 [in Farsi]

[38]. Nasiri, V. and Darvishsefat, A. A. (2019). Change Detection and Analysis of Land Use Land Cover Changes Using Ecological Landscape Metrics (Case study: Arasbaran region, 1990-2014). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *25*(4), 1-18. doi: 10.22069/jwfst.2019.14944.1744 [in Farsi]

[39]. Nazarnejad, H., Hoseini, M., & Irani, T. (2018). Using Landscape Metrics to Assess the Structure Changes of the Landscape of Gharasou Watershed in Kermanshah. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *7*(2), 23-36. doi: 10.22067/geo.v7i2.66958 [in Farsi]

[40]. Soffianian, A., Mokhtari, Z. , Khajeddin, S. J., & Ziaei, H. R. (2013). Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern (Case Study from Isfahan City). *Human Geography Research*, *45*(1), 87-104. doi: 10.22059/jhgr.2013.30040 [in Farsi]

[41]. Salehi, N., Ekhtesasi, M. R., & Talebi, A. (2019). Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Safarod Ramsar watershed). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *10*(1), 106-120. [in Farsi]

[42]. Simova, P., & Gdulova, K. (2012). Landscape indices behavior: A review of

scale effects. *Applied Geography*, 34, 385-394. doi: 10.1016/j.apgeog.2012.01.003

[43]. Sundarakumar, K., Harika, M., Begum, S. A., Yamini, S., & Balakrishna, K. (2012). Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Vijayawada City Using a Landsat Data. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4, 170-178.

[44]. Shanani Hoveyzeh, S. M., & Zarei, H. (2016). Investigation of Land Use Changes During the Past Two Last Decades (Case Study: Abolabas Basin). *Journal of Watershed Management Research*, *7*(14), 237-244. doi: 10.29252/jwmr.7.14.244 [in Farsi]

[45]. Talebi Amiri, S. T., Azari Dehkord, F., Sadeghi, S. H., & Soofbaf, S. R. (2009). Study on Landscape Degradation in Neka Watershed Using Landscape Metrics. *Environmental Sciences*, *6*(3), 133-144. [in Farsi]

[46]. Teimory, M., Feghhi, J., & Zobeiri, M. (2019). Monitoring Landscape Spatial Pattern Changes Based on Ecological Metrics. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *4*(2), 213-222. doi: 10.22047/srjasnr.2019.113000 [in Farsi]

[47]. Watts, D. (2001). *Land Cover Mapping by Combinations of Multiple Artificial Neural Networks*, MSc. Thesis, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary.

[48]. Wijaya, A. (2005). *Application of Multi-Stage Classification to Detect Illegal Logging with the Use of Multi-Source Data*, MSc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands.

[49]. Yadav, V., & Kumar Ghosh, S. (2019). Assessment and prediction of urban growth for a mega-city using CA-Markov model. *Geocarto International*, *36*(10), 1-33. doi: 10.1080/10106049.2019.1690054

[50]. Zalabi, E., Ahmadi Nadoshan, M., & Foroghi Abri, M. (2017). Investigating changes in landscape using remote sensing and landscape metrics (Case study: Najaf Abad city). The second international conference on landscape ecology, Isfahan city, Iran. https://civilica.com/doc/547690 [in Farsi]

Changes in the landscape based on the Markov model and the stakeholder's point of view (Case study: Dehbala Watershed) (Research Paper)

1- Sajjad Sadeghi Bakhi, Master of Watershed Management, Yazd University, Yazd, Iran.
2- Ali Talebi*, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
talebisf@yazd.ac.ir
3- Zeinab Karimi, Postdoctoral researcher of Integrated Watershed Management, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Received: 01 Oct. 2023
Accepted: 11 Sep. 2024

Abstract
In order to provide conditions of the land stability is important to be aware of the landscape changes in the current and future conditions. The most important subject in the investigation of landscape changes is the preparation of land use maps. Today, land surface measurements and remote sensing technology are used to investigate land use changes. The current study was conducted with the purpose of investigating the landscape changes of the Dehbala Watershed in the future and the reasons for these changes from the stakeholder's point of view. For this purpose, using Landsat satellite images and the supervised classification method, a land use map was prepared for the years 2012 and 2022 in four classes. Also, with the Markov chain model, land use changes were predicted for 2032. In order to quantify the landscape, the edge density measures and the indicator of the largest pitch were considered biodiversity indicators. The results showed that in the period from 2012 to 2022, the most changes are related to the land use of barren land and the area of this land use has increased 18.24%. Also, the area of rangeland with low density has decreased by 17.9%. The results of the changes forecast showed that in 2032, 11.41% will be added to the land use of barren land and 0.08% to garden, and from the area of rangeland with low density and e garden homland will be 11.16 and 0.31, respectively. Also, the examination of the changes in two indicators of biodiversity showed that the edge density indicator and the largest pitch in the studied time period have an increasing and decreasing trend, respectively, that indicates land degradation. Also, from the stakeholder's point of view, the most important factor in the landscape changes in the watershed is the government's wrong policies and villa construction by non-native people, which show the more attention of officials to improve the conditions of this watershed.

Keywords: Edge density, Landscape changes, Land use changes, Stakeholders point of view, Largest Patch Index, Markov model.