



تحلیل تغییرات کاربری/پوشش اراضی استان اردبیل با استفاده از سنج‌های

سیمای سرزمین

آزاد کاکه ممی^۱، مهدی معمری^۲، اردوان قربانی^۳، سحر غفاری^۴

دریافت: ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۹ / پذیرش: ۱۱ مرداد ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۳ شهریور ۱۳۹۹

چکیده

با توجه به اهمیت اکولوژیکی منطقه، به نظر می‌رسد پژوهش تجزیه و تحلیل ارتباط سنج‌های سیمای سرزمین با تغییرات کاربری/پوشش اراضی استان اردبیل در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ راهی برای کمی کردن اثر این تغییرات بر سیمای سرزمین است.

مواد و روش‌ها در این پژوهش از داده‌های سنجنده TM لندست ۵ (سال ۱۹۸۷) و سنجنده OLI لندست ۸ (سال ۲۰۱۵) در یک بازه زمانی ۲۸ ساله برای ارزیابی روند تغییرات کاربری/پوشش زمین استان اردبیل استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت و اصلاح هندسی نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. پس از تهیه نقشه‌های تغییرات کاربری/پوشش اراضی، سنج‌های مربوط به کاربری/پوشش اراضی در سطح کلاس با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS استخراج شدند. به منظور پرهیز از تولید اطلاعات اضافی، براساس مرور منابع و دانش کارشناسی، و با توجه به تناسب سنج‌ها باهدف مطالعه و توجه به همبستگی بین مفهوم آن‌ها، مجموعه‌ای از سنج‌های سیمای سرزمین مناسب و مرتبط با تغییرات کاربری/پوشش اراضی استخراج شد. سنج‌های مساحت کلاس، درصد از سیمای سرزمین، تعداد لکه، میانگین اندازه لکه، تراکم حاشیه، بزرگ‌ترین لکه، حاشیه کل و تراکم لکه محاسبه و ارتباط آن‌ها با تغییرات کاربری/پوشش به روش مقایسه‌ای روند تجزیه و تحلیل شد.

پیشینه و هدف ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط‌زیست می‌شود. سنج‌های سیمای سرزمین می‌توانند به‌عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت سیمای سرزمین، یا شناخت تغییر و تحولات سیمای سرزمین در طی زمان باشند. استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین، ضمن صرفه‌جویی در زمان، ارزیابی زیست‌محیطی پیامد فعالیت‌های انسانی را به‌صورت تجمعی در کوتاه‌ترین زمان امکان‌پذیر می‌سازد. افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر، پتانسیل بالای منطقه برای کشاورزی، افزایش سطح توقعات و تقاضای بیش‌تر برای کسب درآمد، پایین بودن نرخ اشتغال، مطرح‌شدن منطقه از نظر گردشگری، توسعه راه‌های ارتباطی و همچنین تصمیم‌های نادرست در سال‌های اخیر موجب تغییرات کاربری متعددی در سطح استان اردبیل شده است.

آزاد کاکه ممی^۱، مهدی معمری^۲، اردوان قربانی^۳ (✉)، سحر غفاری^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان داروئی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴. دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات : a_ghorbani@uma.ac.ir

در سرزمین است که در نتیجه سبب کاهش اراضی جنگلی و مرتعی و افزایش اراضی کشاورزی شده است. بیش‌ترین تغییر در تراکم حاشیه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند افزایشی (۱۱/۷۸ متر در هکتار) و کمترین تغییر در تراکم حاشیه مربوط به جنگل با روند افزایشی (۰/۰۶ متر در هکتار) است. مقایسه تراکم حاشیه نشان داد که گسترش اراضی انسان‌ساخت و افزایش کاربری‌های کشاورزی (زراعت دیم و آبی)، سبب افزایش تراکم حاشیه لکه‌های مرتعی شده است و حالت تکه‌تکه بیش‌تری را نسبت به سایر کاربری‌ها داشته است. افزایش سطح کشاورزی در اثر پیوسته شدن لکه‌ها به یکدیگر موجب کاهش سنجه تعداد لکه و افزایش سنجه متوسط اندازه لکه در اثر کاهش تکه‌تکه شدگی شده است. از افزایش تعداد لکه‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه (از ۲۰۰۶۵ به ۲۳۸۰۲ لکه) می‌توان نتیجه گرفت که در اثر دخل و تصرف انسان گرایش سیمای سرزمین در استان اردبیل به سمت ساختار ریزدانه است و تعداد لکه‌های انسان‌ساخت مصنوعی و نیمه‌طبیعی افزایش یافته که منجر به کاهش اراضی جنگلی و مرتعی شده است. نتایج نشان داد که اراضی مسکونی و زراعی (کشت دیم و آبی) در بازه زمانی مورد مطالعه روند تغییرات کاملاً همسو داشته در صورتی که روند معکوس با اراضی جنگلی و مرتعی دارد که می‌تواند ناشی از اثر مستقیم و شدت تأثیر حضور انسان در تعیین الگوی پراکنش مکانی انواع کاربری/پوشش اراضی باشد.

نتیجه‌گیری با توجه به رشد کنترل نشده اراضی مسکونی و زراعی (دیم و آبی) در سال‌های اخیر، برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر و همچنین حفظ اراضی جنگلی و مرتعی پیشنهاد می‌شود آمایش سرزمین بر مبنای عناصر ساختاری و مفاهیم سیمای سرزمین انجام شود. تغییر در ساختار سیمای سرزمین در کاربری‌های با درجات متفاوت صورت گرفته است و کمی کردن این تغییرات با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین از مواردی است که می‌تواند به تجزیه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: شی‌گرا، تعداد لکه، تراکم حاشیه، تراکم لکه، بزرگ‌ترین لکه، سنجش‌ازدور

نتایج و بحث بیش‌ترین تغییر در میانگین مساحت کاربری/پوشش و اندازه لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ (به ترتیب ۷۵۱۸۶ و ۱۱۶۴/۳۵ هکتار) مربوط به مرتع با روند کاهشی است. با افزایش جمعیت طی سال‌های اخیر و در نتیجه فاصله کم نقاط شهری و روستایی از همدیگر، ساخت و سازه‌های کم تراکم، توسعه شبکه حمل‌ونقل و رشد نواری یا خطی سبب شده که اندازه لکه کاربری‌های انسان‌ساخت در طول بازه زمانی مورد مطالعه افزایش یابد. همچنین به منظور تأمین نیازهای معیشتی با توجه به پتانسیل اقلیمی منطقه شاهد افزایش اراضی کشاورزی با تغییر اراضی مرتعی در سراسر منطقه به خصوص در شمال (شهرستان‌های پارس‌آباد و بیله‌سوار) و جنوب (شهرستان خلخال) استان اردبیل هستیم، که موجب کاهش درصد مرتع (از ۵۸/۱۷ به ۵۳/۸۹ درصد) شده است. در واقع روند تغییر مراتع به سمت تکه‌تکه شدن است که سبب کاهش متوسط اندازه لکه و به عبارتی کاهش پایداری مراتع می‌شود. از سوی دیگر کاربری انسان‌ساخت به طرز بسیار ناهمگون و نامناسبی در استان اردبیل گسترش یافته است که باعث افزایش مرز مشترک با لکه‌های طبیعی و در نتیجه افزایش نفوذ در لکه‌های طبیعی (جنگل و مرتع) و تخریب بیشتر آن‌ها شده است. افزایش سنجه مساحت، بزرگ‌ترین لکه، حاشیه کل، تراکم لکه و تعداد لکه‌های پهنه‌های آبی در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ به دلیل افزایش سدهای جدیدالاحداث در این دوره است. افزایش تقاضا و تمایل به تولید بیشتر و از سوی دیگر دسترسی به منابع آبی در این بازه زمانی، موجب تغییر مرتع به کشاورزی (زراعت آبی) و در نتیجه توسعه سطوح کشاورزی در منطقه شده است. از سوی دیگر با افزایش منابع آبی در استان بیش‌ترین کاهش در بزرگ‌ترین اندازه لکه در بازه زمانی مورد مطالعه در زراعت دیم اتفاق افتاده است. ارزیابی تعداد لکه نشان داد که بیش‌ترین تغییر در طول بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به کلاس زراعت دیم با روند افزایشی (۲۶۵۱ لکه) بوده است که با توجه به افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر، پتانسیل بالای منطقه برای کشاورزی و افزایش سطح توقعات و تقاضای بیش‌تر برای کسب درآمد بوده که این افزایش بیانگر خردشدگی و وجود اختلال

مقدمه

گسترش جوامع انسانی و تسلط بیش‌تر بر محیط‌زیست، سبب شده تا تغییرات محیطی سریع‌تر و گسترده‌تر از قبل به وقوع بپیوندد، بنابراین داشتن اطلاعات لازم در مورد این تغییرات برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه و برقراری نظم طبیعی پایدار اکوسیستم‌ها ضروری است (۲۲). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه‌ی تعامل انسان و محیط‌زیست می‌شود که پایه‌ای برای فهم بهتر روابط، برهم‌کنش‌های انسان و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت، استفاده بهتر از منابع، پیش‌بینی تغییرات آتی و انجام اقدامات مناسب مدیریتی را فراهم می‌آورد (۲۰). با توجه به پیشرفت روزافزون فن‌آوری‌های نوین برای دسترسی و تجزیه و تحلیل راحت‌تر در زمینه‌های مختلف، علوم سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با استفاده از روش‌ها و فناوری‌های نو اطلاعات مکانی را سریع‌تر و ارزان‌تر در اختیار کاربران این بخش قرار داده است (۵ و ۱۶). ویژگی‌هایی از قبیل دید وسیع و یکپارچه، استفاده از طیف مختلف انرژی الکترومغناطیسی به‌منظور ثبت پدیده‌ها، پوشش تکراری و مهم‌تر از همه کم‌هزینه بودن و بالا بودن سرعت تجزیه و تحلیل سبب شده که روش‌های سنجش‌ازدور با استقبال خاصی مواجه شود (۱۴). یکی از رویکردهای تلفیقی با فن سنجش‌ازدور به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی، استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین است. بوم‌شناسی سیمای سرزمین شامل بررسی الگوی سرزمین، کنش و واکنش بین لکه‌ها در منظر و چگونگی تغییر الگوها در طول زمان است (۲۳). شناخت روند تغییرات الگوی سیمای سرزمین با استفاده از الگوریتم سنجه‌ها برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها، کلاس‌ها و موزاییک‌های کل سیمای سرزمین در دهه‌های اخیر بعد جدیدی را در مطالعات اکولوژیکی به وجود آورده است (۲، ۱۸ و ۱۹). سنجه‌های سیمای سرزمین شاخص‌هایی هستند که ویژگی شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختار فضایی سیمای سرزمین را

قابل‌تعریف و به‌صورت کمی قابل‌مقایسه می‌سازند (۲۶). سنجه‌های سیمای سرزمین درک مناسبی در ارتباط با ساختار مکانی و عملکرد سرزمین به وجود آورده است که در آن ترکیبی از بوم‌سازگان‌های محلی یا کاربری‌های سرزمین در یک منطقه در فرم مشابهی تکرار شده‌اند. از طریق ایجاد ارتباط میان ساختار و کارکرد سیمای سرزمین و درک بهتر فرایندهای اکولوژیک عملکرد سیمای سرزمین تعیین می‌شود که نقش مهمی در ارزیابی تغییرات زیست‌محیطی به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار دارد (۱ و ۱۱). سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توانند به‌عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت سیمای سرزمین، یا شناخت تغییر و تحولات سیمای سرزمین در طی زمان باشند. مهم‌ترین فرض در این مطالعات بررسی تغییرات مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در طول زمان، مربوط به تغییر در عملکردهای سرزمین است (۱۶). استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، ضمن صرفه‌جویی در زمان، ارزیابی زیست‌محیطی پیامد فعالیت‌ها را به‌صورت تجمعی در کوتاه‌ترین زمان امکان‌پذیر می‌سازد (۹). مطالعات مختلفی با استفاده از این سنجه‌ها در زمینه مزایای سنجه‌های سیمای سرزمین و کاربرد آن‌ها در بررسی تغییرات زمانی و توزیع مکانی پوشش و اراضی انجام شده است. مصطفی‌زاده و همکاران (۲۱) در مقایسه ساختار اراضی مرتع و میزان تخریب پیوستگی سیمای سرزمین در زیر حوزه‌های آبخیز ایریل استان اردبیل به این نتیجه رسیدند که مقادیر لکه‌ها و هسته‌های مرکزی در منطقه کم بوده و میزان تخریب سیمای سرزمین در حاشیه لکه‌ها بیشتر است. در تعداد بالا و حاشیه بیشتر لکه‌ها، پیوستگی کاهش یافته و نشان‌دهنده تخریب مرتع است. زاو و همکاران (۲۹) در تعیین عوامل مؤثر بر همبستگی متریک‌های چشم‌انداز در ۷ نوع کاربری اراضی در حوزه آبخیز رودخانه تیزا در شمال شرق لهستان، به این نتیجه رسیدند که اندازه شبکه سلولی، نوع چشم‌انداز و تعداد طبقات کاربری اراضی بیش‌ترین تأثیر بر همبستگی درونی میان سنجه‌های سرزمین را داشته است. کاستیلو و همکاران (۴) پوشش جنگلی در پارک طبیعی مونکایو اسپانیا را با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور،

کسب درآمد، پایین بودن نرخ اشتغال، مطرح شدن منطقه از نظر گردشگری، توسعه راه‌های ارتباطی و همچنین تصمیم‌های نادرست در سال‌های اخیر موجب تغییرات کاربری متعددی در منطقه استان اردبیل شده است (۶ و ۱۲). با توجه به اهمیت اکولوژیکی، افزایش جمعیت و پتانسیل بالای منطقه برای کشاورزی شاهد تغییرات گسترده کاربری اراضی در سطح استان اردبیل هستیم، به نظر می‌رسد پژوهش تحلیل تغییرات کاربری/پوشش اراضی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین راهی برای کمی کردن اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیمای سرزمین و در نتیجه استفاده از نتایج آن برای مدیریت سیمای سرزمین در منطقه مورد مطالعه است. مهم‌ترین فرضیه مطالعه حاضر این است که تغییرات کاربری/پوشش صورت گرفته در طول مدت مطالعه را به کمک سنج‌های سیمای سرزمین می‌توان به درستی تحلیل و بررسی نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

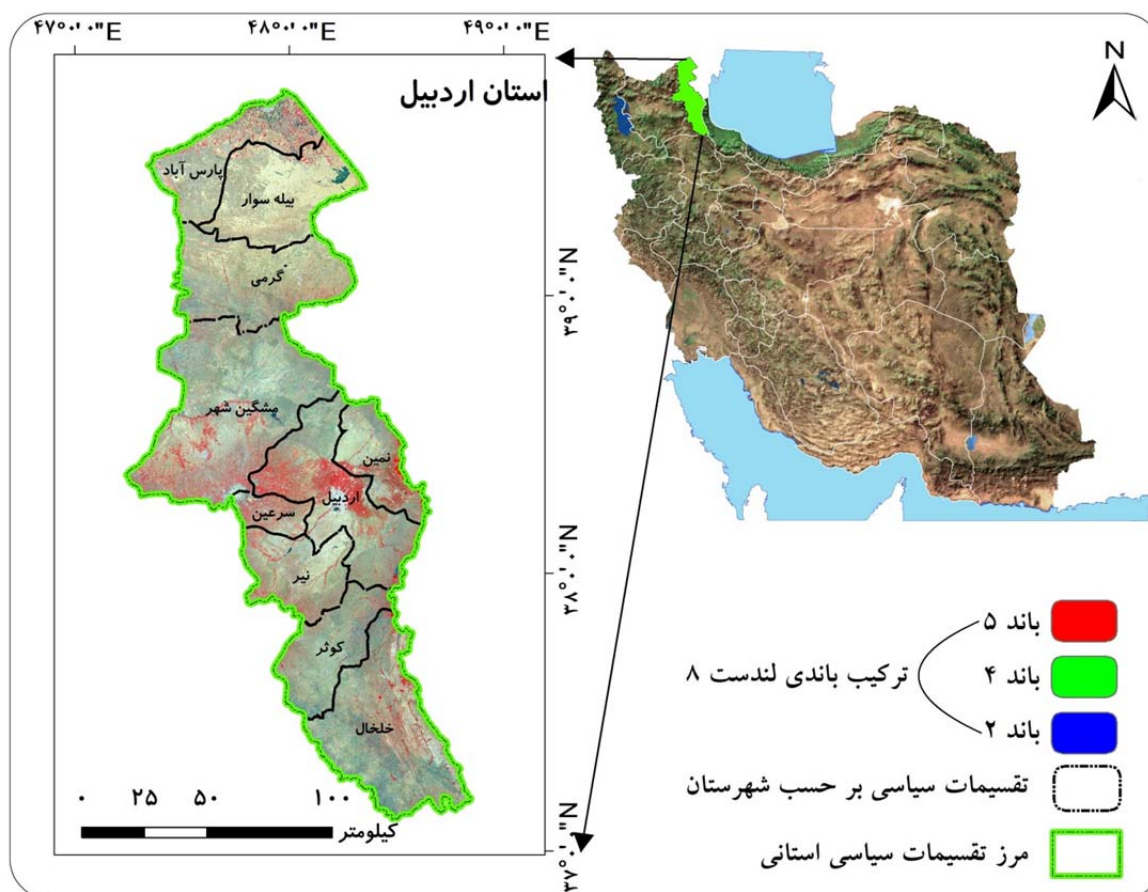
استان اردبیل با مساحت ۱۷۵۷۵۲۸ هکتار در شمال غرب کشور در حدفاصل ۱۵' ۴۷° و ۵۶' ۴۸° طول شرقی و ۹' ۳۷° و ۲۱' ۳۹° عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداقل ارتفاع استان حدود ۱۵ متر و حداکثر ارتفاع آن ۴۸۱۱ متر از سطح دریا است. استان اردبیل براساس اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی دارای بارندگی بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه بین ۸/۴ تا ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد است (۱۷). با وجود کوه‌های متعدد در استان اردبیل، دشت‌های هموار و وسیعی همانند دشت مغان در قسمت شمال، دشت اردبیل در قسمت مرکزی و دشت دامنه‌ای منطقه مشکین‌شهر و ارشق وجود دارد که موجب شده سیمای عمومی استان اردبیل دشت و دامنه‌ای با نمایی کشاورزی تلقی شود. از طرفی وجود کوه‌های متعدد موجب شده تا سطح زیادی از مناطق استان آب‌وهوای کوهستانی داشته باشد. ارتفاعات عمده منطقه، بخشی از رشته‌کوه‌های سبلان است که عرصه‌هایی از بخش مرکزی و غربی استان اردبیل را پوشش

سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنج‌های سیمای سرزمین بررسی کردند. اطلاعات به دست آمده از تحلیل سنج‌های سیمای سرزمین در تحقیق آن‌ها نشان‌دهنده افزایش تکه‌تکه شدن و در نتیجه افزایش تنوع مکانی در سطح سیمای سرزمین است. نظر نژاد و همکاران (۲۴) به بررسی تحلیل تغییرات زمانی مکانی اراضی پردانان پیرانشهر با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در اثر دخل و تصرف انسان، ساختار سیمای سرزمین ریزدانه شده، تعداد تکه‌های انسان‌ساخت مصنوعی و نیمه‌طبیعی افزایش یافته و عوامل مزبور منجر به حذف کاربری جنگل و بیشه‌زار متراکم شده است. اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین نیز به واسطه افزایش تکه‌های کاربری‌های متنوع، کاهش پیدا کرده و چشم‌انداز منطقه با حذف تکه‌های جنگل در میان پوشش‌های انسان‌ساخت دچار تحول شده است. نصیری و درویش‌صفت (۲۳) مطالعه‌ای را با عنوان آشکارسازی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی منطقه ارسباران با استفاده از سیمای سرزمین انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که نتایج محاسبه سنج‌های مساحت کل، درصد از سیمای سرزمین و تعداد لکه‌ها نشان‌دهنده تخریب پوشش جنگلی و افزایش سطح اراضی بدون پوشش و مناطق مسکونی در منطقه بود. کاهش شاخص بزرگ‌ترین لکه و افزایش شاخص‌های فاصله اقلیدسی، مجاورت و پراکندگی و تکه‌تکه شدگی برای پوشش جنگلی در طول مدت مطالعه آن‌ها نشان‌دهنده تخریب و از هم گسستگی این اراضی بوده است. بنابراین با توجه به اینکه بخشی از جنبه‌های تغییر کاربری اراضی به جنبه‌های انسانی بستگی دارد، می‌توان از ارتباط بین این شاخص‌های کمی برای تعیین سطح پایداری و همچنین روند آینده تغییر کاربری برای مشخص کردن مناطق بحرانی تحت تأثیر استفاده کرد. در این رابطه سنج‌های مساحت لکه، تعداد لکه و متوسط اندازه لکه نیز به عنوان شاخص‌های کلیدی در بحث پایش تغییرات کاربری اراضی و تغییر چیدمان سیمای سرزمین می‌باشند.

افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر، پتانسیل بالای منطقه برای کشاورزی، افزایش سطح توقعات و تقاضای بیش‌تر برای

کاربری عمده اراضی در سطح استان کشاورزی و مرتع است (۶ و ۱۲).

داده است. در نوار شرقی شهرستان‌های خلخال، گرمی و نمین پوشش جنگلی قابل مشاهده است که در اثر نفوذ رطوبت از کرانه‌های غربی دریای خزر به استان اردبیل شکل گرفته‌اند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

Fig. 1. Location of the study area in Iran

نرم‌افزارهای ArcGIS 10.1, ENVI 5.1, eCognition 8.7, Google Earth, ERDAS Imaging 2013 و Excel 2013 استفاده شد. لازم به ذکر است چون هدف از این پژوهش، بررسی روند تغییرات کاربری/پوشش اراضی است باید داده‌ها به گونه‌ای از میان تصاویر قابل دسترس انتخاب می‌شدند که تقریباً از نظر ماه به هم نزدیک باشد (جدول ۱)، لذا تمامی این داده‌ها در تاریخی نزدیک به هم (اواسط خرداد) اخذ شدند.

روش تحقیق

در این پژوهش از داده‌های سنجنده TM لندست ۵ (سال ۱۹۸۷) و سنجنده OLI لندست ۸ (سال ۲۰۱۵) در یک بازه زمانی ۲۸ ساله برای ارزیابی روند تغییرات کاربری/پوشش زمین استان اردبیل استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت و اصلاح هندسی نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. همچنین برای پردازش، طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل داده‌ها از

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده

Table 1. Satellite images and topographic maps which were used

| نوع داده مورد استفاده | نام ماهواره | نام سنجنده | نام منطقه تصویر | تاریخ میلادی اخذ تصویر |
|-----------------------|-------------|------------|-----------------|------------------------|
| تصاویر ماهواره‌ای | لندست ۵ | TM | اردبیل | ۱۹۸۷/۶/۱۰ |
| | لندست ۸ | OLI | | ۲۰۱۵/۶/۲۳ |
| | لندست ۵ | TM | خلخال | ۱۹۸۷/۶/۱۰ |
| | لندست ۸ | OLI | | ۲۰۱۵/۶/۲۳ |
| | لندست ۵ | TM | انزلی | ۱۹۸۷/۶/۱۹ |
| | لندست ۸ | OLI | | ۲۰۱۵/۶/۱۶ |
| نقشه‌های توپوگرافی | - | - | استان اردبیل | ۲۰۰۳ |

توجه به در دسترس نبودن اطلاعات میدانی در بازه‌های زمانی انتخاب شده، به منظور تهیه نقشه‌ی کاربری/پوشش اراضی از بررسی تصاویر رنگی کاذب، خصوصیات طیفی پدیده‌ها، آرشو Google Earth، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی سنواتی و پژوهش‌های انجام شده و مطالعات گذشته و همچنین برداشت نقاط شاهد از منطقه مورد مطالعه با استفاده از GPS استفاده شد. جهت ارزیابی صحت و مقایسه نقشه‌های حاصل، از ماتریس خطا، صحت کلی (رابطه ۱) و آماره‌ی کاپا (رابطه ۲) استفاده شد (۱۵ و ۲۶).

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{K=1}^N a_{kk} \quad [1]$$

در این رابطه؛ OA نشان‌دهنده‌ی صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و $\sum_{k=1}^N a_{kk}$ نمایه‌ی مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) است (۲۵).

[۲]

احتمال توافق - ۱ / (احتمال توافق) - (صحت مشاهده شده) = آماره کاپا

برای ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی تولید شده از ۱۰۰ نقطه‌ی کنترلی GPS (بازدید میدانی مورخ خردادماه ۹۵-۱۳۹۴) کاملاً تصادفی و دارای دسترسی برای کنترل صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شد.

عملیات پیش‌پردازش در واقع اعمال کلیه اقداماتی است که ضمن تصحیح کلیه اعوجاج‌ها و خطاهای احتمالی، با استخراج اطلاعات اولیه، آن‌ها را برای مرحله‌ی پردازش آماده می‌کند. به منظور کنترل کیفیت داده‌ها و آگاهی از وجود خطاهای هندسی، رادیومتریکی - اتمسفری و توپوگرافیکی تصاویر مورد بررسی اولیه قرار گرفتند (۱۲). پس از بررسی اولیه، تصحیح رادیومتریکی، اتمسفری و هندسی با استفاده از نرم‌افزار ENVI بر روی تصاویر انجام گرفت. در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ در استان اردبیل، شش کلاس کاربری/پوشش اراضی مشتمل بر اراضی جنگل، مرتع، مناطق مسکونی و پهنه‌های آبی، زراعت دیم و آبی تعیین شدند. نمونه‌های تعلیمی از سطح تعلیمی از سطح منطقه با استفاده از بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره Google Earth جمع‌آوری شد. با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، کلاس‌های کاربری/پوشش اراضی در محدوده مورد مطالعه وارد و نسبت به قطعه‌بندی (سگمنت‌سازی) در روش شی‌اگرا اقدام شد (۱۲). در این پژوهش از نرم‌افزار eCognition برای طبقه‌بندی شی‌اگرا و الگوریتم KNN استفاده شد. مقیاس بهینه با استفاده از روش واریانس محلی (Local variance) عدد ۴۲ انتخاب گردید. در این مطالعه تکنیک مقایسه پس از طبقه‌بندی جهت آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی استفاده شد، زیرا برای شناخت این تغییرات به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). با

استخراج و انتخاب سنجه‌های سیمای سرزمین

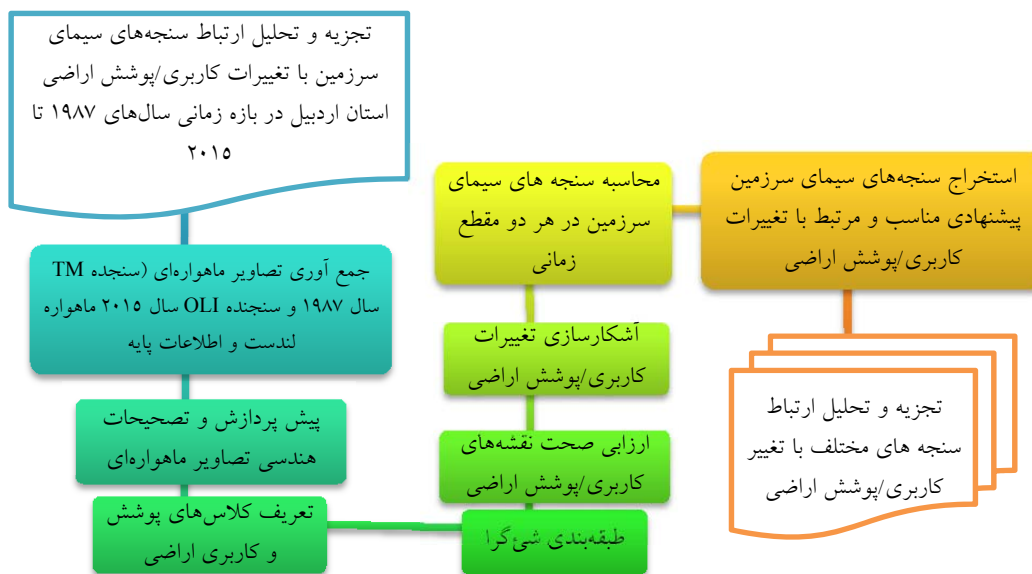
پس از تهیه نقشه‌های تغییرات کاربری/پوشش اراضی، سنجه‌های مربوط به کاربری/پوشش اراضی در سطح کلاس با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS استخراج شدند. از آنجاکه سنجه‌های سیمای سرزمین دارای تعدد و تنوع زیادی هستند، یکی از مسائل در استفاده از سنجه‌ها، انتخاب سنجه مناسب است. به دلیل تعداد زیاد سنجه‌ها و وجود همبستگی بین برخی از آن‌ها و به‌منظور پرهیز از تولید اطلاعات اضافی، براساس مرور منابع علمی (۸ و ۳۰) و دانش کارشناسی، و با توجه

به تناسب سنجه‌ها باهدف مطالعه و توجه به همبستگی بین مفهوم آن‌ها، مجموعه‌ای سنجه‌های سیمای سرزمین مناسب و مرتبط با تغییرات کاربری/پوشش اراضی استخراج شد. سنجه‌های انتخاب‌شده با معیار مساحت همبستگی دارند که نشان‌دهنده مقدار تکه‌تکه شدگی انواع مختلف پوشش سطح زمین و تغییر تصاویر است (۳، ۷، ۱۶، ۲۷ و ۲۸). مشخصات سنجه‌های سیمای سرزمین انتخاب‌شده در جدول ۲ آمده است. مراحل اجرایی تحقیق، مطابق با شکل ۱ بوده است.

جدول ۲. مشخصات سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی تغییرات کاربری/پوشش اراضی

Table 2. Specifications of landscape metrics in assessing land use /land cover changes

| سنجه‌های سیمای سرزمین | علامت اختصاری | دامنه تغییرات | واحد | توضیح سنجه |
|-----------------------|---------------|-----------------|--------------------|---|
| مساحت هر کلاس | CA | CA>0 | هکتار | نسبت مساحت هر کلاس در سیمای سرزمین |
| درصد از سیمای سرزمین | PLAND | 0 < PLAND ≤ 100 | درصد | سهم نسبی هر کلاس در سیمای سرزمین |
| تعداد لکه‌ها | NP | NP ≥ 1 | - | تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین و یا تعداد لکه‌ها برای طبقه‌ای خاص |
| میانگین اندازه لکه | MPS | - | هکتار | میانگین اندازه لکه‌ی یک طبقه از لکه‌ها |
| تراکم حاشیه | ED | ED>0 | متر در هکتار | محیط هر کلاس تقسیم بر سطح آن |
| بزرگ‌ترین لکه | LPI | % | ۱۰۰-۰ | درصدی از سیمای سرزمین که توسط بزرگ‌ترین لکه اشغال شده است. این سنجه یک اندازه‌گیری ساده از چیرگی است. |
| حاشیه کل | TE | TE>0 | متر | - |
| تراکم لکه | PD | 0<PD | تعداد در ۱۰۰ هکتار | نشان‌دهنده تعداد لکه در واحد سطح و فراهم کردن امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف |



شکل ۲. نمودار روش کار تحلیل تغییرات کاربری/پوشش اراضی استان اردبیل با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین

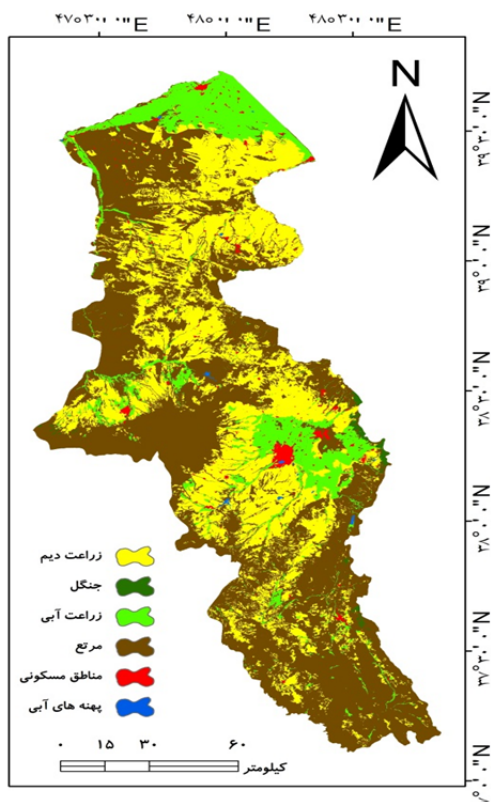
Fig. 2. Methodology flow chart of land use/land cover change analysis in Ardabil province using landscape metrics

نتایج

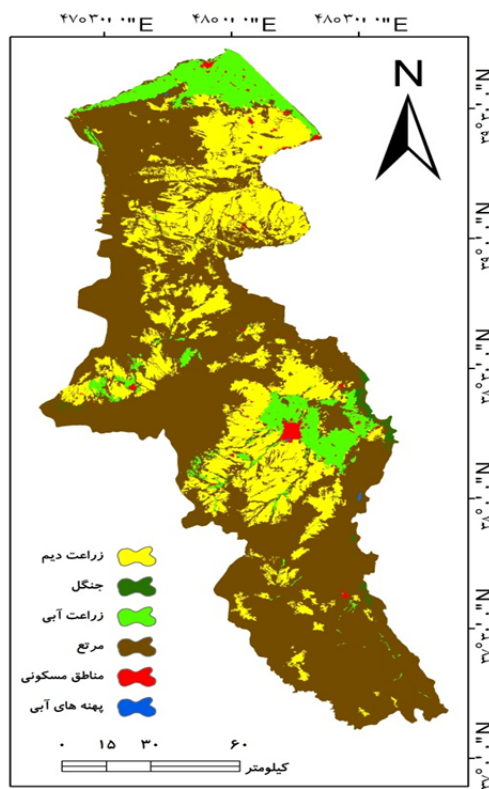
مسکونی حدود ۵۲/۹ درصد است که می‌توان ضعف تصاویر سنجده TM در مقابل سنجده OLI در تفکیک این کاربری از سایر کاربری‌ها را علت این امر دانست. نقشه مربوط به سال ۲۰۱۵ و سنجده OLI از صحت بسیار بالایی برخوردار است به طوری که صحت کلی و ضریب کاپای آن به ترتیب برابر با ۹۴ درصد و ۰/۹ است. کاربری پهنه‌های آبی با صحت تولیدکننده ۸۶/۳ درصد کمترین صحت را دارا است که علت آن را می‌توان خشک بودن بعضی از بندها و آبگیرهای فصلی مناطق کوهستانی دانست. همچنین ارزیابی تغییرات کاربری/پوشش اراضی و پوشش زمین بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ نشان داد که افزایش مساحت در کاربری‌های زراعت دیم، آبی، مناطق مسکونی و پهنه‌های آبی و کاهش جنگل و مرتع است. بیش‌ترین تغییرات کاربری/پوشش مربوط به اراضی مرتعی با کاهش ۴/۲۷- درصد است (جدول ۴).

طبقه‌بندی شی‌گرا نتایج طبقه‌بندی تصاویر و نقشه کاربری/پوشش اراضی تهیه‌شده به روش شی‌گرا برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. در نگاه اول تغییر مرتع به کشاورزی دیم و همچنین گسترش زمین‌های زیر کشت آبی به صورت مشخص در نقشه قابل مشاهده است. شکل ۵، نقشه تغییرات کاربری و پوشش‌های مختلف سال ۲۰۱۵ را نسبت به سال ۱۹۸۷ نشان می‌دهد.

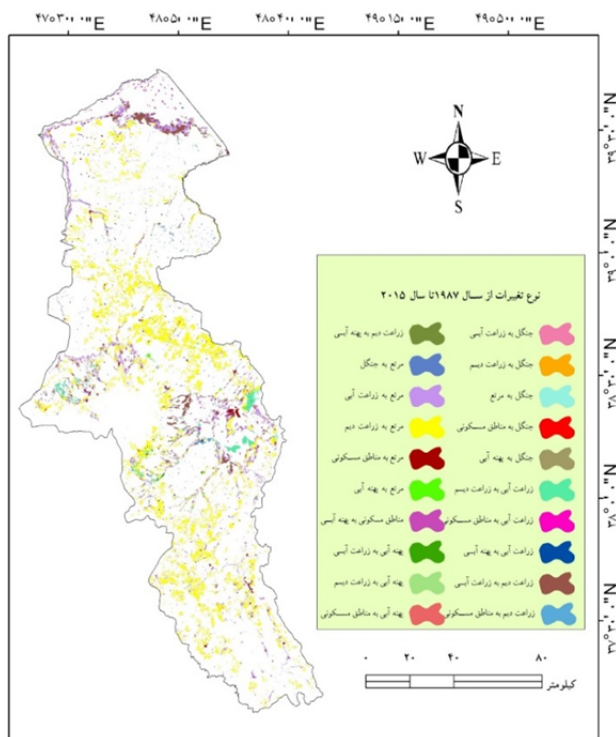
نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی، مساحت کلاس‌های کاربری/پوشش و تغییرات آن‌ها را نشان می‌دهد که صحت کلی و ضریب کاپا برای تصویر سال ۱۹۸۷ به ترتیب برابر با ۸۲/۳ درصد و ۰/۷ است (جدول ۴). کمترین صحت تولیدکننده در نقشه سال ۲۰۱۵ مربوط به کاربری مناطق



شکل ۴. نقشه کاربری/پوشش اراضی سال ۲۰۱۵
Fig. 4. Land use / cover map of 2015



شکل ۳. نقشه کاربری/پوشش اراضی سال ۱۹۸۷
Fig. 3. Land use / cover map of 1987



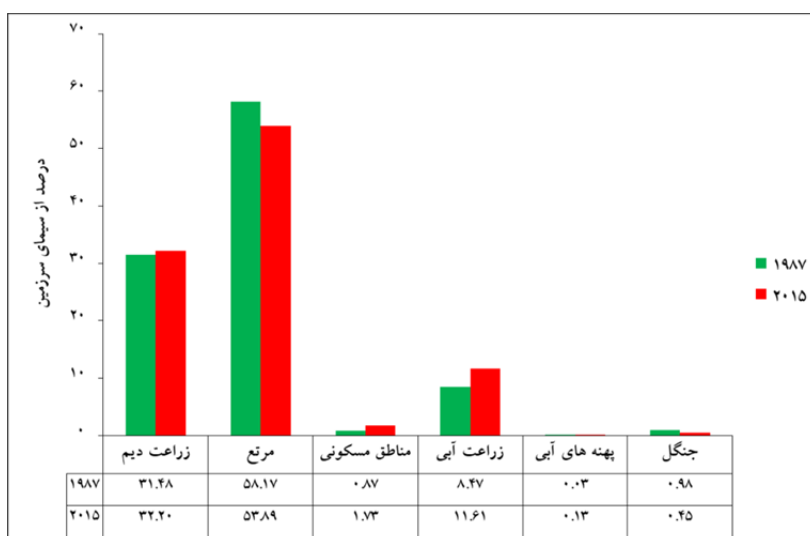
شکل ۵. نقشه پایش تغییرات کاربری/پوشش اراضی در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ استان اردبیل
Fig. 5. Detection map of land use / cover changes in the period of 1987 to 2015 in Ardabil province

جدول ۴. ارزیابی صحت، مساحت و تغییرات هر یک از کلاس‌های کاربری/پوشش اراضی در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵
Table 4. Evaluation of the accuracy, area and changes of each of the land use / cover classes in the period of 1987 to 2015

| ارزیابی صحت سال ۲۰۱۵ | | ارزیابی صحت سال ۱۹۸۷ | | مساحت (هکتار) | | | نوع کاربری/پوشش |
|----------------------|----------------|----------------------|----------------|---------------|-----------|-----------|-----------------|
| کاربر (%) | تولیدکننده (%) | کاربر (%) | تولیدکننده (%) | تغییر سطح | ۲۰۱۵ | ۱۹۸۷ | |
| ۹۷ | ۹۱/۹ | ۹۶/۵ | ۸۱/۴ | ۱۲۶۳۲/۴ | ۵۶۵۹۵۲/۴ | ۵۵۳۳۲۰ | زراعت دیم |
| ۱۰۰ | ۹۷/۱ | ۹۹ | ۹۴/۳ | -۹۳۹۳/۷ | ۷۸۴۵/۳ | ۱۷۲۳۹ | جنگل |
| ۹۱/۵ | ۹۴/۴ | ۷۸ | ۸۵/۹ | ۵۵۲۷۶/۸ | ۲۰۴۱۱۹/۴ | ۱۴۸۸۴۲/۶ | زراعت آبی |
| ۹۴/۵ | ۸۸/۷ | ۸۳ | ۷۱/۲ | -۷۵۰۳۹/۳ | ۹۴۷۲۵۹ | ۱۰۲۲۲۹۸/۳ | مرتع |
| ۹۲/۳ | ۹۹/۳ | ۵۲/۹ | ۹۲/۵ | ۱۴۹۸۹/۷ | ۳۰۳۲۰/۲ | ۱۵۳۳۰/۵ | مناطق مسکونی |
| ۸۶/۳ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۸۲۳/۸ | ۲۳۲۲ | ۴۹۸/۲ | پهنه‌های آبی |
| - | - | - | - | - | ۱۷۵۷۵۲۸/۷ | ۱۷۵۷۵۲۸/۷ | جمع کل |
| ۹۴ | - | ۸۲/۳ | - | - | - | - | صحت کل |
| ۰/۹ | - | ۰/۷ | - | - | - | - | ضریب کاپا |

تغییر در مساحت مربوط به پوشش پهنه آبی با روند افزایشی (۱۸۲۷ هکتار) است. بیش‌ترین درصد از سیمای سرزمین در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به مرتع (به ترتیب ۵۸/۱۷ و ۵۳/۸۹ درصد) و کمترین درصد از سیمای سرزمین در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه‌ی آبی (به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۱۳ درصد) است. بیش‌ترین تغییر در درصد از سیمای سرزمین در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند کاهشی (۴/۲۸ درصد) و کمترین تغییر در درصد از سیمای سرزمین مربوط به پهنه آبی با روند افزایشی (۰/۱) است (شکل ۶).

آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی نتایج ارزیابی تغییرات کاربری/پوشش توسط سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس برای کاربری و پوشش‌های مختلف اراضی محاسبه و در شکل‌های ۶ تا ۱۲ ارائه شده است. بیش‌ترین مساحت کاربری/پوشش در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به مرتع (به ترتیب ۱۰۲۲۳۰۰ و ۹۴۷۱۱۴ هکتار) و کمترین مساحت در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه‌ی آبی (به ترتیب ۴۹۵ و ۲۳۲۲ هکتار) است. بیش‌ترین تغییر در مساحت کاربری/پوشش در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند کاهشی (۷۵۱۸۶ هکتار) و کمترین

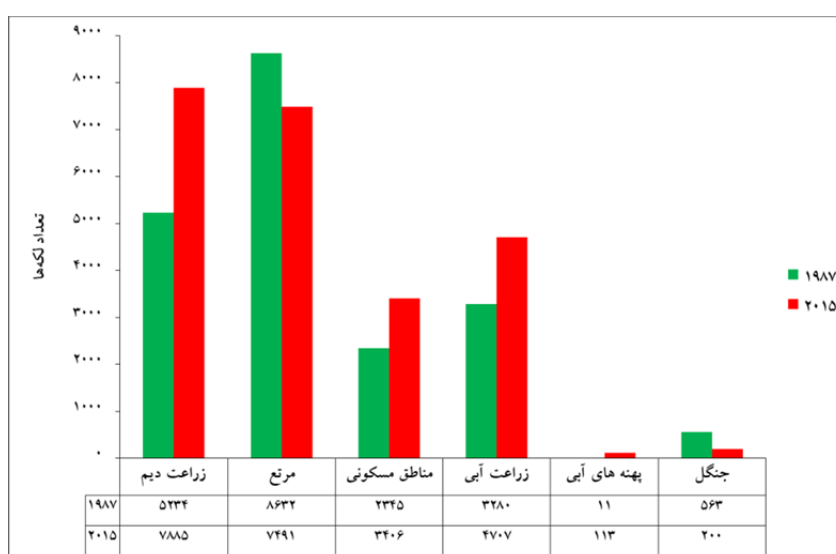


شکل ۶. سنجه درصد از سیمای سرزمین در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 6. Percentage of landscape index of each class in the period 1987 to 2015

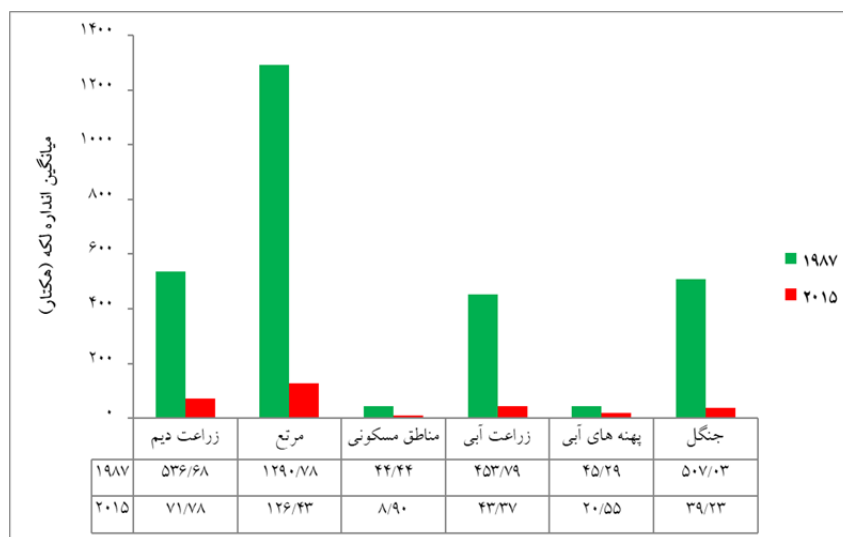
مربوط به مرتع (به ترتیب ۱۲۹۰/۷۸ و ۱۲۶/۴۳ هکتار) و کمترین میانگین اندازه لکه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به مناطق مسکونی (به ترتیب ۴۴/۴۴ و ۸/۹۰ هکتار) است. بیشترین تغییر در میانگین اندازه لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند کاهشی (۱۱۶۴/۳۵ هکتار) و کمترین تغییر در میانگین اندازه لکه مربوط به پهنه آبی با روند کاهشی (۲۴/۷۵ هکتار) است (شکل ۸).

بیشترین تعداد لکه در سال ۱۹۸۷ مربوط به مرتع (۸۶۳۲) و در سال ۲۰۱۵ مربوط به زراعت دیم (۷۸۸۵) و کمترین تعداد لکه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه‌ی آبی (به ترتیب ۱۱ و ۱۱۳) است. بیشترین تغییر در تعداد لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به زراعت دیم با روند افزایشی (۲۶۵۱ لکه) و کمترین تغییر در تعداد لکه مربوط به پهنه آبی با روند افزایشی (۱۰۲ لکه) است (شکل ۷). بیشترین میانگین اندازه لکه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵



شکل ۷. سنجه تعداد لکه‌ها در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 7. Number of patches index of each class in the period 1987 to 2015

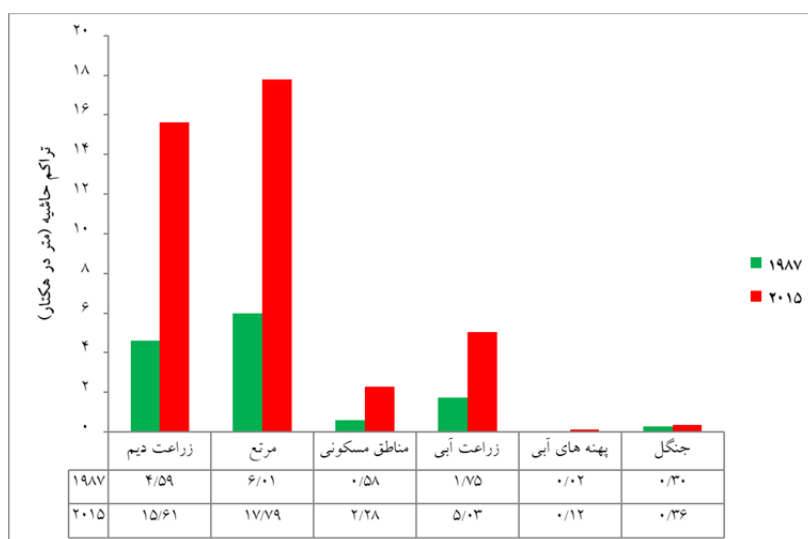


شکل ۸. سنجه میانگین اندازه لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 8. Mean patch size index of each class in the period 1987 to 2015

دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به مرتع (به ترتیب ۳۰/۲۵ و ۴۰/۹۷ درصد) و کوچکترین لکه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه آبی (به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد) است. بیشترین تغییر در بزرگترین لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند افزایشی (۱۰/۷۲ درصد) و کمترین تغییر در بزرگترین لکه مربوط به پهنه آبی با روند افزایشی (۰/۰۱ متر درصد) است (شکل ۱۰).

بیشترین تراکم حاشیه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به مرتع (به ترتیب ۶/۰۱ و ۷۹/۱۷ متر در هکتار) و کمترین تراکم حاشیه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه آبی (به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۱۲ متر در هکتار) است. بیشترین تغییر در تراکم حاشیه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند افزایشی (۱۱/۷۸ متر در هکتار) و کمترین تغییر در تراکم حاشیه مربوط به جنگل با روند افزایشی (۰/۰۶ متر در هکتار) است (شکل ۹).



شکل ۹. سنجه تراکم حاشیه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 9. Edge density index of each class in the period 1987 to 2015

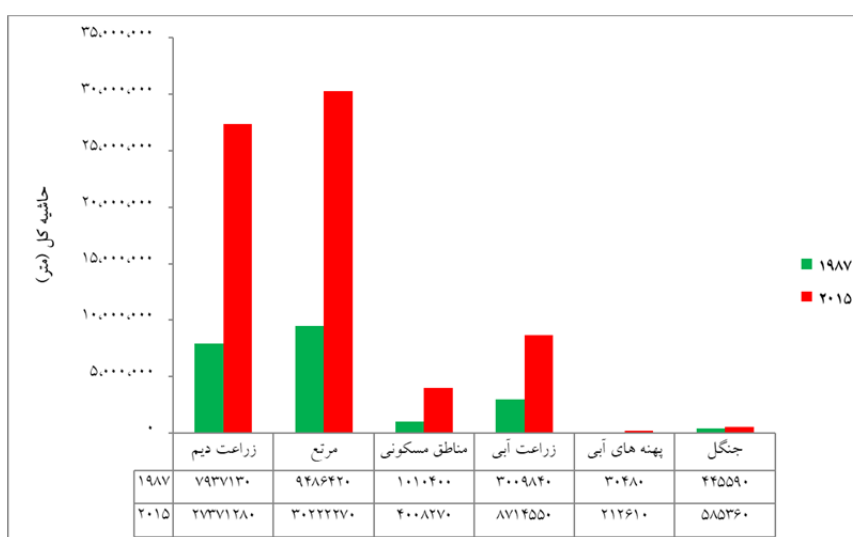


شکل ۱۰. سنجه بزرگ‌ترین لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 10. Largest patch index of each class in the period 1987 to 2015

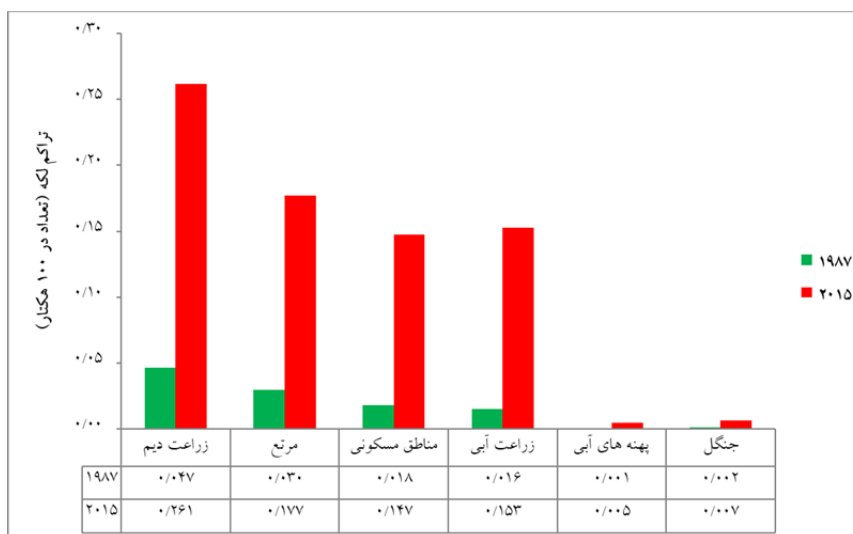
۲۰۱۵ مربوط به زراعت دیم (به ترتیب ۰/۲۶ و ۴۰/۹۷) و کمترین تراکم لکه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه آبی (به ترتیب ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۵) است. بیش‌ترین تغییر در تراکم لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به زراعت دیم با روند افزایشی (۰/۲۱) و کمترین تغییر در تراکم لکه مربوط به پهنه آبی با روند افزایشی (۰/۰۰۴ متر) است (شکل ۱۲).

بیش‌ترین حاشیه کل در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به مرتع و کمترین تراکم حاشیه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به پهنه آبی است. بیش‌ترین تغییر در حاشیه کل در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع با روند افزایشی و کمترین تغییر در حاشیه کل مربوط به جنگل با روند افزایشی است (شکل ۱۱). بیش‌ترین تراکم لکه در هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵



شکل ۱۱. سنجه حاشیه کل در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 11. Total Edge index of each class in the period 1987 to 2015



شکل ۱۲. سنجه تراکم لکه در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

Fig. 12. Largest patch index of each class in the period 1987 to 2015

حالت تکه‌تکه بیش‌تری را نسبت به سایر کاربری‌ها داشته است.

با افزایش جمعیت طی سال‌های اخیر و در نتیجه فاصله کم نقاط شهری و روستایی از همدیگر، ساخت و سازه‌های کم تراکم، توسعه شبکه حمل‌ونقل و رشد نواری یا خطی سبب شده که اندازه لکه کاربری‌های انسان‌ساخت در طول بازه زمانی مورد مطالعه افزایش یابد. همچنین به‌منظور تأمین نیازهای معیشتی با توجه به پتانسیل اقلیمی منطقه شاهد افزایش اراضی کشاورزی با تغییر اراضی مرتعی در سراسر منطقه به‌خصوص در شمال (شهرستان‌های پارس‌آباد و بیله‌سوار) و جنوب (شهرستان خلخال) استان اردبیل هستیم، که موجب کاهش درصد مرتع (از ۵۸/۱۷ به ۵۳/۸۹ درصد) شده است. در واقع روند تغییر مراتع به سمت تکه‌تکه شدن است که سبب کاهش متوسط اندازه لکه و به عبارتی کاهش پایداری مراتع می‌شود (۲). از سوی دیگر کاربری انسان‌ساخت به طرز بسیار ناهمگون و نامناسبی در استان اردبیل گسترش یافته است که باعث افزایش مرز مشترک با لکه‌های طبیعی و در نتیجه افزایش نفوذ در لکه‌های طبیعی (جنگل و مرتع) و تخریب بیشتر آن‌ها شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اثر فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی، چهره زمین همواره دستخوش تغییر می‌شود؛ از این رو برای مدیریت بهینه سرزمین، آگاهی از نسبت تغییرات پوشش کاربری اراضی از موارد ضروری در برنامه‌ریزی محسوب می‌شود (۲۶). ارزیابی تعداد لکه نشان داد که بیش‌ترین تغییر در طول بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به کلاس زراعت دیم با روند افزایشی بوده است که با توجه به افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر، پتانسیل بالای منطقه برای کشاورزی و افزایش سطح توقعات و تقاضای بیش‌تر برای کسب درآمد بوده که این افزایش بیانگر خردشدگی و وجود اختلال در سرزمین است که در نتیجه سبب کاهش اراضی جنگلی و مرتعی و افزایش اراضی کشاورزی شده است. این نتیجه با نتایج تحقیق نظر نژاد و همکاران (۲۵) در حوزه آبخیز قره‌سو کرمانشاه که بیان کردند که بیش‌ترین تغییرات ناشی از تغییر لکه‌های جنگلی و مرتعی در میان پوشش انسان‌ساخت و اراضی کشاورزی بوده است، مطابقت دارد. مقایسه تراکم حاشیه نشان داد که گسترش اراضی انسان‌ساخت و افزایش کاربری‌های کشاورزی (زراعت دیم و آبی)، سبب افزایش تراکم حاشیه لکه‌های مرتعی شده است و

می‌شود آمایش سرزمین بر مبنای عناصر ساختاری و مفاهیم سیمای سرزمین انجام شود. در مجموع براساس نتایج پژوهش می‌توان گفت که تغییر در ساختار سیمای سرزمین در کاربری‌های با درجات متفاوت صورت گرفته است و کمی کردن این تغییرات با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین از مواردی است که می‌تواند به تجزیه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی کمک نماید. علاوه بر این تفسیر شیوه تغییرات و پیوستگی سیمای سرزمین می‌تواند راهکارهای برای تعیین عوامل اصلی اثرات و ارائه راهکارهای مدیریتی در بهبود ساختار بوم‌شناختی بوم‌سازگان‌ها و نیز برنامه‌ریزی مدیریت کاربری اراضی باشد.

References

1. Abdolalizadeh Z, Ebrahimi A, Mostafazadeh R. 2019. Landscape pattern change in Marakan protected area, Iran. *Regional Environmental Change*, 19(6): 1683-1699. doi:10.1007/s10113-019-01504-9.
2. Abdolshahnejad M, Nazari Samanni AA, Ghorbani M, Orsham A, Taheri F. 2019. Monitoring trend of land use changes and its role on the landscape metrics (A case study: North-east Ahvaz). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2): 325-339. doi:https://doi.org/10.22092/IJRDR.2019.119355. (In Persian)
3. Baatz M, Benz U, Dehghani S, Heynen M, Höltje A, Hofmann P, Lingenfelder I, Mimler M, Sohlbach M, Weber M. 2004. *eCognition professional user guide 4. Definiens Imaging, Munich*, 365 p.
4. Castillo Martinez del E, García-Martin A, Longares Aladrén LA, de Luis M. 2015. Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). *Applied Geography*, 62: 247-255. doi:https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.05.002.
5. Ganasri BP, Dwarakish GS. 2015. Study of Land use/land Cover Dynamics through Classification Algorithms for Harangi Catchment Area, Karnataka State, INDIA. *Aquatic Procedia*, 4: 1413-1420. doi:https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.183.
6. Ghorbani A, Kakemami A, Kavianpour H. 2002. Change detection of urban areas in Ardabil Province during the last 5 decades using aerial photography and Landsat images. In: *Proceedings of the 23th Asian conference on remote sensing, ACRS 2002* : 25-29 November 2002, Kathmandu : CD-ROM. -

افزایش سنجه مساحت، بزرگ‌ترین لکه، حاشیه کل، تراکم لکه و تعداد لکه‌های پهنه‌های آبی در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ به دلیل افزایش سدهای جدیدالاحداث مانند سدهای سبلان، ایلخچی، قره قشلاق، سوها، سفزچی و ... در این دوره است. افزایش تقاضا و تمایل به تولید بیشتر و از سوی دیگر دسترسی به منابع آبی در این بازه زمانی، موجب تغییر مرتع به کشاورزی (زراعت آبی) و در نتیجه توسعه سطوح کشاورزی در منطقه شده است. از سوی دیگر با افزایش منابع آبی در استان بیش‌ترین کاهش در بزرگ‌ترین اندازه لکه در بازه زمانی مورد مطالعه در زراعت دیم اتفاق افتاده است. افزایش سطح کشاورزی در اثر پیوسته شدن لکه‌ها به یکدیگر موجب کاهش سنجه تعداد لکه و افزایش سنجه متوسط اندازه لکه در اثر کاهش تکه‌تکه شدگی شده است. عبدالشاه‌نژاد و همکاران (۲) در پایش روند تغییرات کاربری اراضی در شمال شرق اهواز نتایج مشابهی گزارش کردند.

اثر تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین با افزایش تعداد لکه و تراکم حاشیه قابل مشاهده است. ساختار ریزدانه از تعداد زیادی لکه‌های کوچک تشکیل شده و فوق‌العاده تکه‌تکه شده است. در مقابل ساختار درشت‌دانه از تعداد کمی لکه‌های بزرگ تشکیل شده است (۱۳). از افزایش تعداد لکه‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه (از ۲۰۰۶۵ به ۲۳۸۰۲ لکه) می‌توان نتیجه گرفت که در اثر دخل و تصرف انسان گرایش سیمای سرزمین در استان اردبیل به سمت ساختار ریزدانه است و تعداد لکه‌های انسان‌ساخت مصنوعی و نیمه‌طبیعی افزایش یافته که منجر به کاهش اراضی جنگلی و مرتعی شده است. نتایج نشان داد که اراضی مسکونی و زراعی (کشت دیم و آبی) در بازه زمانی مورد مطالعه روند تغییرات کاملاً همسو داشته در صورتی که روند معکوس با اراضی جنگلی و مرتعی دارد که می‌تواند ناشی از اثر مستقیم و شدت تأثیر حضور انسان در تعیین الگوی پراکنش مکانی انواع کاربری/پوشش اراضی باشد.

با توجه به رشد کنترل نشده اراضی مسکونی و زراعی (دیم و آبی) در سال‌های اخیر، برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر و همچنین حفظ اراضی جنگلی و مرتعی پیشنهاد

- Kathmandu : Asian Association on Remote Sensing (AARS) ; Survey Department HMG, 2002. Kathmandu, Nepal. 4 p.
7. Günlü A, Kadioğulları AI, Keleş S, Başkent EZ. 2009. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to deforestation in Northeastern Turkey: a case study in Rize. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148(1): 127-137. doi:10.1007/s10661-007-0144-y.
 8. Herold M, Couclelis H, Clarke KC. 2005. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(4): 369-399. doi:https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2003.12.001.
 9. Hosseini Vardei M, Mahiny AS, Monavari M, Zarkesh MK. 2012. Using landscape metrics in cumulative effects assessment of road network on tree cover. *Journal of Natural Environment*, 65(2): 139-152. doi:https://doi.org/10.22059/JNE.2012.29598. (In Persian)
 10. Jensen JR. 1996. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. vol Ed. 4. Prentice-Hall Inc. 656 p.
 11. Joorabian Shooshtari Sh, Shayesteh K, Gholamalifard M, Azari M, López-Moreno JI. 2017. The Role of Landscape Metrics and Spatial Processes in Performance Evaluation of GEOMOD (Case Study: Neka River Basin). *Journal of Geography and Sustainability of Environment*, 7(3): 63-80. (In Persian)
 12. Kakehmami A, Ghorbani A, Kayvan BF, Mirzaei MA. 2017. Comparison of visual and digital interpretation methods of land use/cover mapping in Ardabil province. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(3): 121-134. (In Persian)
 13. Karami A, 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 Persian)
 14. Kharazmi R, Abdollahi AA, Rahdari MR, Karkon varnosfaderani M. 2016. Monitoring land use change and its impacts on land degradation and desertification trend using landsat satellite images (Case study: East of Iran, Hamoon Wetland). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 7(25): 64-75. (In Persian)
 15. Kiyani V, Feghhi J. 2015. Investigation of cover/land use structure of sefidrod watershed by landscape ecology metrics. *Journal of Environmental Science and Technology*, 17 (2): 131-141. (In Persian)
 16. Kumar M, Denis DM, Singh SK, Szabó S, Suryavanshi 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:https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.04.002.
 17. Mehri S, Mostafazadeh R, Esmali-Ouri A, Ghorbani A. 2017. Spatial and temporal variations of Base Flow Index (BFI) for the Ardabil province river, Iran. *Journal of the Earth and Physics*, 43(3): 623-634. (In Persian)
 18. Melhosseini Darani K, Mortazavi S, Hosseini SM, Shayesteh K, Falahatkar S. 2018. Investigating the visual pollution of non-heterogeneous land uses in the tourist areas (Case study: Dohezar and Sehezar forests of Tonekabon). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 9 (2): 47-58. (In Persian)
 19. Mirzaei Sh, Esmali-Ouri A, Mostafazadeh R, Ghorbani A, Mirzaei S. 2018. Flood hydrograph simulation and analysis of its components with landscape metrics in Amoughin watershed, Ardabil province. *Journal of Ecohydrology*, 5 (2): 357-372. doi:https://doi.org/10.22059/IJE.2018.231141.547. (In Persian)
 20. Mohammadyari F, Mirsanjari MM, Zarandian A. 2019. Monitoring of vegetation changes in Karaj watershed using NDVI index and gradient analysis. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 9(4): 55-72. (In Persian)
 21. Mostafazadeh R, Jafari A, Keivan-behjou F. 2018. Comparing the rangelands structure and degradation of landscape connectivity in Iril sub-watersheds, Ardabil province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 7(1): 41-53.
 22. Msofe NK, Sheng L, Lyimo J. 2019. Land use change trends and their driving forces in the Kilombero Valley Floodplain, Southeastern Tanzania. *Sustainability*, 11(2): 505. doi:https://doi.org/10.3390/su11020505.
 23. Nasiri V, Darvishsefat AA. 2018. 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:https://doi.org/10.22069/jwfst.2019.14944.1744. (In Persian)
 24. Nazarnejad H, Hoseini M, Hamze S. 2018. Analysis of temporal-spatial variations of land use in Predanan Piranshahr using landScape metrics. *Journal of Forest Research and Development*, 4(2): 241-255. (In Persian)
 25. 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(26): 23-36. doi:https://doi.org/10.22067/geo.v7i2.66958. (In Persian)
 26. Saeed Sabae M, Salman Mahiny R, Shahraeini SM, Mirkarimi SH, Dabiri N. 2016. Use of landscape metrics in land use allocation. *Journal of Town and Country Planning*, 8(1): 155-175.

- doi:<https://doi.org/10.22059/JTCP.2016.59264>. (In Persian)
27. Singh SK, Srivastava PK, Szabó S, Petropoulos GP, Gupta M, Islam T. 2017. Landscape transform and spatial metrics for mapping spatiotemporal land cover dynamics using Earth Observation data-sets. *Geocarto International*, 32(2): 113-127. doi:10.1080/10106049.2015.1130084.
28. Southworth J, Munroe D, Nagendra H. 2004. Land cover change and landscape fragmentation—comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2): 185-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.011>.
29. Szabó S, Túri Z, Márton S. 2014. Factors biasing the correlation structure of patch level landscape metrics. *Ecological Indicators*, 36: 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.030>.
30. Weng Y-C. 2007. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 81(4): 341-353. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.009>.



Analysis of land use/ cover changes in Ardabil province using landscape metrics

Azad Kakehmami, Mehdi Moameri, Ardavan Ghorbani, Sahar Ghafari

Received: 1 May 2020 / Accepted: 1 August 2020
Available online 24 August 2020

Abstract

Background and Objective Assessing the process of land use and land cover (LULC) changes leads to a clear understanding of how humans and the environment interact. Landscape metrics can be used as a basis for comparing different scenarios of landscape or recognizing changes and developments in landscape over time. The use of landscape metrics, while saving time, makes it possible to assess the environmental impact of human activities in the shortest time. Population growth in recent decades, the region's high potential for farming, rising expectations and higher demand for income, low employment rates, tourism in the region, the development of communication routes, as well as inappropriate decisions in recent years have led to many changes in Ardabil province. Given the ecological importance of the study area, it seems that the analysis of the relationship between landscape metrics and LULC changes of Ardabil province in the period 1987 to 2015 is a way to quantify the impact of these changes on the landscape.

Materials and Methods In this study, the data of Landsat 5 Thematic Mapper (TM) sensor (1987) and Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) sensor (2015) were used in a 28-year period to evaluate the trend of LULC changes in Ardabil province. In order to accuracy assessment and geometric correction of LULC maps, 1:25000 topographic maps of the National Cartographic Center of Iran were used. After preparing LULC change maps, LULC metrics were extracted using the FRAGSTATS software. In order to avoid the production of additional information, based on the literature review and expert knowledge, and according to the appropriateness of the criteria with the aim of studying and paying attention to the correlation between there, a set of landscape metrics related to LULC change was extracted. Then, the index of class area (CA), percentage of landscape (PL), number of patches (NP), mean patch size (MPS), edge density (ED), largest patch index (LPI), total edge (TE) and patch density (PD) were calculated and their relationship to LU/LC changes was analyzed by comparative analysis method.

Results and Discussion The biggest change in the mean patch size of LULC in the period of 1987 to 2015 (75186 and 1164.354 hectares, respectively) is related to rangelands with a decreasing trend. Population growth in recent years and the resulting to decrease distances between urban and rural areas, low-density construction, transportation network development, and strip or linear growth have led to an increase in the number of man-made patches over time.

Moreover, in order to access the living needs, Due to the climatic potential there is an increase in farmlands by changing rangelands throughout the region, especially in the north (Parsabad and Bilesvar

A. Kakehmami¹, M. Moameri², A. Ghorbani(✉)³,
Sh. Ghafari⁴

1. PhD. Student of Rangeland Science, Department of Natural Resources, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Associate Professor, Plant Sciences and Medicinal Plants, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4. PhD. Graduated of Rangeland Science, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
e-mail: a_ghorbani@uma.ac.ir

counties) and south (Khalkhal county) of Ardabil province, which reduces the percentage of rangelands (From 58.17 to 53.89%). In fact, the process of rangelands change is fragmented, which reduces the mean patch size and, in other words, reduces the stability of the rangelands. On the other hand, man-made land use types have spread in a very heterogeneous and inappropriate way in Ardabil province, which has increased the common border with natural patch and as a result has increased the influence on natural patch (forests and rangelands) and further destroyed them. The increase in class area, largest patch index, total edge, patch density and number of patches of water bodies in the period 1987 to 2015 are due to the increased construction of dams in this period. The increase in requirement and the desire to produce more, and on the other hand the availability of water resources in this period, has changed the rangelands to farmlands (irrigated farming) and as a result, the development of agricultural levels in the region. On the other hand, with the increase of water resources in the province, in the largest patch index of the patches occurred during the study period in dry farming lands. Evaluation of the number of patches showed that the biggest change during the period 1987 to 2015 was related to dry farming class with an increasing trend (2651 patches), which due to human population growth in recent decades, high potential of the region for agriculture and increasing expectations and demand to earn money, this increase indicates the fragmentation and disruption of the landscape, which has resulted in a decrease in forest and rangelands and an increase in farmland land uses. The highest changes in edge density in the period 1987 to 2015 are related to rangelands with an increasing trend (11.78 m/ha) and the lowest change in edge density is related to the forest with an increasing trend (0.66 m/ha).

Comparison of edge density showed that the expansion of man-made lands and the increase in agricultural land use (dry and irrigated farming) have increased the edge density of rangeland patches and have been fragmented more than other. The increase in the agriculture level due to the joining of the patches to each other has caused the decrease in the number of patches and the increase in the mean patch size due to the reduction of fragmentation. From the increase in the number of patches in the study period (from 20065 to 23802 patches), it can be concluded that due to human intervention and occupation, the tendency of land appearance in Ardabil province is towards fine-grained structure and the number of man-made artificial and semi-natural patches which has reduced forest and rangelands. The results showed that residential and farmlands (dry and irrigated farming) during the study period had a perfectly aligned change trend, while the reverse trend with forest and rangelands, which can be due to the direct effect and intensity of human presence in determining the distribution pattern for all kinds of LULC.

Conclusion Due to the uncontrolled growth of residential and farmlands (dry and irrigated farming) in recent years, to prevent further destruction and also to preserve forests and rangelands, it is recommended to perform land use planning based on structural elements and concepts of landscape. The change in the landscape structure has taken in land use types with different degrees, and quantifying these changes using landscape metrics is one of the issues which can help analyze the pattern of spatial changes.

Keywords: Object-based, Number of patches, Edge density, Patch density, Largest patch index, Remote sensing