

پایش تغییرات سیمای شهر و محیط پیرامون آن بر اساس تجزیه و تحلیل متریک های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: شهر اردبیل)

حسین نظم فر^{۱*}، منیر شیرزاد گرجان^۲

^{۱*} - دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

^۲ - دانشجوی دکتری، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

ایمیل نویسنده مسئول: Nazmfar@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰

چکیده:

در پژوهش حاضر تغییرات سیمای شهر اردبیل و محیط پیرامون آن بر اساس تجزیه و تحلیل متریک های سیمای سرزمین در بازه زمانی (۲۰۲۱ - ۲۰۱۱) با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست سنجنده (ETM و OLI) مورد پایش قرار گرفت. روش طبقه بندی در این پژوهش ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپای ۰/۹۹ درصد و صحت کلی ۹۹/۴۲ درصد می باشد. با استفاده از مدل ذکر شده، ۴ کلاس (سکونتگاه، آب بند، کشاورزی و بایر) استخراج شدند؛ سرانجام پس از اعتبارسنجی نتایج، تغییرات محاسبه شد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که در بازه ۱۱ ساله کاربری سکونتگاه (۱۲۴۲) هکتار در محدوده مورد مطالعه افزایش داشته و در مقابل سایر کاربری ها روند نزولی داشته اند. متریک CA نیز تغییرات را به همین شکل نشان می دهد. تحلیل سنجه NP نیز ناپایداری کاربری ها را نشان داد. به صورتی که کاربری کشاورزی از ۳۹۶ لکه در سال ۲۰۱۱ به ۴۴۹ لکه در سال ۲۰۲۱ رسیده است سایر کلاس ها نیز روند صعودی مشابهی داشته اند. تحلیل یافته های پژوهش می توان نشان می دهد وضعیت ساختار سیمای سرزمین شهر اردبیل و محیط پیرامون آن در شرایط کنونی، به علت تخریب و استفاده نادرست از منابع به صورت نامنظم بوده و بیانگر روند توسعه تخریب در این منطقه می باشد.

کلمات کلیدی: تغییر کاربری اراضی، سنجش از دور، شهر اردبیل، متریک های سیمای سرزمین.

۱- مقدمه

کنند (کرمی و فقهی، ۱۳۹۱) و غالباً به منظور شرح دادن و کمی کردن ناهمگنی فضایی کاربری اراضی و خصوصیات مورفولوژیک شهری به کار می روند، بنابراین فهم بهتری از کلیات فضایی یک منطقه را نشان می دهند (سبزوئی و دیگران، ۱۳۹۵). شهر اردبیل طی ده سال اخیر تغییرات بسیار زیادی در میزان و نوع کاربری های شهری تجربه کرده است. که اصلی ترین دلیل به وجود آمدن این تغییرات، عامل تغییر جمعیت است. جمعیت شهر اردبیل همواره روند رو به رشدی داشته است (بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین، افزایش شهرنشینی از یک طرف و افزایش جمعیت و تغییر سبک زندگی از سوی دیگر، موجب گسترش شهر به سمت اطراف و تخریب و تبدیل اراضی موجود شده است. از این رو وقوع تغییرات کمی و کیفی در منظر اردبیل و تداوم این روند منجر به شکل گیری مسئله تحقیق شد. لذا مطالعه پیش رو با هدف شناسایی و ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین اردبیل و بررسی کارایی متریک های سیمای سرزمین در تحلیل تغییرات تدوین شده است در زمینه آشکارسازی تغییرات سیمای سرزمین، تحقیقات بسیاری در سطح ملی و بین المللی انجام شده است که به تعدادی آنها اشاره می شود: تینگ و یانگ^۴ (۲۰۱۵) در مطالعه ای به منظور آشکارسازی تغییرات سیمای سرزمین توسعه شهری، علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را ترکیب کردند، نتایج تحقیقات نشان داد که این ترکیب می تواند نمایش بهتری از تغییرات را نشان دهد. براتی^۵ و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی محدوده پارک ملی کلاه قاضی را با

با توجه به اینکه امروزه سکونتگاه ها بیش از جمعیت ساکن در آن رشد می کنند (رگامی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین می توان انتظار داشت تا سال ۲۰۳۰ وسعت سکونتگاه ها به ۳ برابر جمعیت ساکن در آن برسد (سان^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). طبعاً این افزایش وسعت سکونتگاه ها تغییر کاربری را به همراه خواهد داشت که منجر به تخریب اکوسیستم، برهم خوردن تعادل بوم شناختی و انسان شناختی، آلودگی محیط زیست، تخریب زمین های کشاورزی، تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و... خواهد شد. بنابراین این گسترش نیاز به مدیریت مناسب دارد. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر رشد شهری، نیازمند تجزیه و تحلیل تغییرات سطح کاربری ها و تعیین الگوریتم های مناسب می باشد و نمی توان از این موضوع صرف نظر کرد که روش های قدیمی در آشکارسازی تغییرات کاربری های اراضی مانند نقشه برداری زمینی، زمان بر و پر هزینه و نیاز به مهارت های خاص دارند (نظرنژاد و همکاران، ۱۳۹۷). در این راستا علم سنجش از دور می تواند با فراهم آوردن امکان تهیه نقشه کاربری اراضی کمک شایان توجهی کند. با این وجود، علم سنجش از دور به تنهایی نمی تواند روند تغییر الگوهای اصلی شهر و توسعه شهری را بیان کند، بنابراین، ترکیبی از متریک های سیمای سرزمین پیشنهاد شده است (مجیدی و احمدی^۳، ۲۰۱۸) که در کنار سنجش از دور نتایج مطلوب تر و دقیق تری به همراه دارد. متریک های سیمای سرزمین سنجه هایی هستند که ویژگی های شکلی، هندسی و نوع پراکندگی اجزای سیمای سرزمین را تعریف می

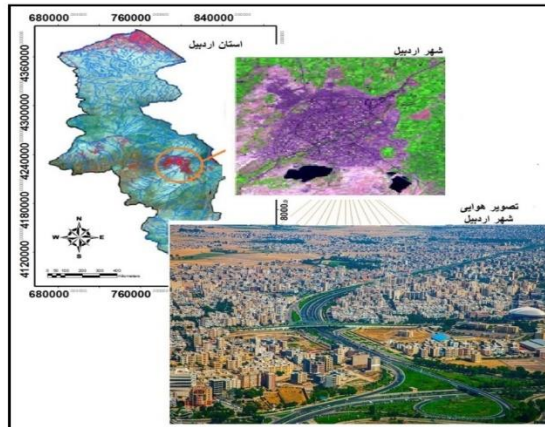
میزان کاهش مساحت مربوط به کاربری جنگل های انبوه و در رتبه بعد جنگل های نیمه انبوه بوده است. در مقابل مساحت مراتع در محدوده مورد مطالعه روندی صعودی داشته است. محمدیاری و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهر کرج پرداختند، در این پژوهش مشخص شد که میزان کاربری سبز کاهش پیدا کرده در مقابل لکه های اراضی ساخت و ساز روندی افزایشی داشته است. بر این اساس شهر کرج از نظر عملکرد بوم شناختی سبزی نرولی داشته است. نظر نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه ای تغییرات سیمای سرزمین حوزه آبخیز بالانچ چای ارومیه را مورد بررسی قرار دادند، نتایج تحقیقات ایشان حاکی از آن بود که محدوده مورد مطالعه از بعد نوع کاربری موجود متنوع تر و از بعد یکپارچگی عناصر ساختاری، ناپیوسته تر شده است. بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد که در سال های اخیر پوشش زمین در سراسر جهان دستخوش تغییرات بسیاری بوده است که این تغییرات به شدت می توانند محیط زیست و منابع طبیعی زمین را تحت تأثیر قرار دهند و این موضوع اهمیت بررسی تغییرات پوشش زمین را دوچندان می کند. بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد تغییرات سیمای سرزمین در سراسر جهان در حال وقوع است که نتیجه این تغییرات محیط زیست و منابع طبیعی کره زمین را تحت تأثیر قرار خواهد داد. بر این اساس بررسی این تغییرات اهمیتی دو چندان پیدا می کند. در مطالعات پیشین شهر اردبیل عمدتاً به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از متریک های سیمای سرزمین و سنجش از دور اقدام شده است. اما، در این تحقیق نه تنها آشکارسازی تغییرات سیمای سرزمین مد نظر است بلکه، اثرات این تغییرات بر پیوستگی اکولوژیکی آن نیز مورد تحلیل قرار گرفته است که در مطالعات مشابه کمتر به آن توجه شده است.

دریا و در شمال غرب فلات ایران قرار دارد و از نظر اقلیمی دارای زمستان های سرد و تابستان های معتدل است (نظم فرو و جعفرزاده، ۱۳۹۸)

استفاده از متریک های سیمای سرزمین مورد بررسی قرار دادند، نتایج پژوهش آنها حاکی از آن بود که کاربری مرتع موجود در محدوده در بازه زمانی مورد مطالعه یکپارچه تر شده است. حامد^۵ و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خود تغییرات سیمای سرزمین پارک ملی هالگارد ساکران کردستان عراق را مورد پژوهش قرار دادند. متریک های به کار رفته در این پژوهش عبارتند بودند از: تعداد لکه، مساحت، شکل، تراکم و همپوشانی لکه ها. بازه زمانی مورد مطالعه ۳۱ ساله بود. نتایج تحقیقات این محققین نشان داد که متریک های سیمای سرزمین توانایی ارزیابی روند گسیختگی مکانی در بازه زمانی مورد مطالعه را دارند. فتحی و مجیدی^۶ (۲۰۱۸) در پژوهشی به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی توسعه فیزیکی شوان^۴ را در بازه زمانی ۳۱ ساله مورد آنالیز قرار دادند، نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که، رشد کاربری ساخت و ساز بیش از ۱۰۹ درصد بوده است. میرزایی^۹ و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی تغییرات سیمای سرزمین شهرستان خلخال را بررسی کردند، نتایج تحقیقات آنها حاکی از این موضوع بود که لکه های کشاورزی، مراتع و مسکونی نسبت به دوره گذشته بیشتر شده است. پَن^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر تغییرات سیمای سرزمین بر جزایر حرارتی شهری را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند که نتایج تحقیقات ایشان نشان دهنده این واقعیت بود که، توسعه شهری منجر به افزایش جزایر حرارتی شهری می شود. مسیبی و ملکی (۱۳۹۳) در مطالعه ای به بررسی تغییرات سیمای سرزمین شهرستان اردبیل از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ پرداختند، ایشان در این پژوهش از الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال استفاده کردند و بهترین ترکیب بلندی را در بازه زمانی مورد مطالعه مورد بررسی قرار دادند. شنائی وزارعی (۱۳۹۵) اقدام به آشکارسازی تغییرات سیمای سرزمین حوضه آبخیز ابوالعباس، در بازه زمانی ۱۹ ساله کردند. نتایج تحقیقات این پژوهش نشان داد که بیشترین

محدوده مورد مطالعه

شهر اردبیل بین ۱۵° و ۳۸° تا ۱۸° و ۳۸° عرض شمالی و ۱۴° و ۴۸° تا ۲۰° و ۴۸° طول شرقی از نصف النهار قرار گرفته است. شهر اردبیل، یکی از کلان شهرهای ایران و مرکز استان اردبیل است (شکل ۱). شهر اردبیل در میان دشت اردبیل در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

۲- روش تحقیق و جمع آوری داده‌ها

پژوهش حاضر از نوع توسعه‌ای-کاربردی و روش انجام آن توصیفی - تحلیلی می‌باشد. در پژوهش حاضر از تصویر ماهواره‌ی لندست با مشخصات مندرج در جدول (۱) و نرم‌افزارهای Google Earth، ENVI ۸، ArcGIS ۱۰،۲ استفاده شده است. بدین صورت که تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ با برداشت ۲۳ نقطه کنترل از سطح تصویر با خطای RMS معادل ۰/۴۱- پیکسل زمین مرجع شدند. در تصحیح هندسی نقاطی به منظور کنترل زمینی انتخاب شدند که از پراکنش مناسبی در سطح تصویر برخوردار بودند تا در برآورد ضرایب مجهول در معادله‌ی مورد استفاده خطای کمتری داشته باشد. در تحقیق حاضر برای تصحیح رادیومتری از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره تصاویر استفاده شده است. به این صورت که، یک مقدار ثابتی از ارزش کل پیکسل‌ها در یک باند مشخص کاسته می‌شود تا تصحیحات رادیومتری بر روی هر تصویر ماهواره‌ای اعمال شود. در گام بعد به علت واقع شدن شهر اردبیل و محیط پیرامون آن در دو ردیف (۱۶۷-۳۳ و ۱۶۷-۳۴) تصاویر موزاییک ۱۱ شدند. سپس با استفاده از بازبیدهای میدانی و GPS نمونه‌های تعلیمی برای هر

کاربری (سکونتگاه، آب بند، کشاورزی، بایر) در محدوده مورد مطالعه مشخص شد. با توجه به اینکه نقاط کنترلی در سال ۱۴۰۰ برداشت شده است و تصاویر استفاده شده در این پژوهش مربوط به سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ می‌باشد، احتمال تغییراتی در کاربری بین این مقطع زمانی وجود داشت. بر این اساس نقاط به صورت چشمی با تصاویر مورد استفاده مقایسه شد و تعدادی از آن‌ها که مشکوک به تغییر کاربری بود حذف گردید. برخی از نقاط برداشت شده برای آموزش و بقیه برای صحت سنجی طبقه بندی مورد استفاده قرار گرفتند. در پژوهش حاضر طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان ۱۲ تهیه گردید. و برای بررسی دقت و صحت طبقه‌بندی تصاویر از معیارهای ارزیابی (دقت تولید کننده، دقت کاربر، صحت کلی، ضریب کاپا) استفاده شد. در گام بعد، نقشه‌ی تغییرات کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه تهیه شد و کاربری‌های تغییر یافته در بازه زمانی مورد مطالعه مشخص و معرفی شدند. در نهایت پس از تهیه خروجی، در محیط نرم افزار fragstats پارامترهای متریک‌های سیمای سرزمین محاسبه و تحلیل شدند.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

شماره گذر pass	شماره ردیف row	تاریخ به میلادی Data/ ad	سنجنده Sensor	تصویر image
۱۶۷	۳۳	۲۰۱۱/۰۸/۳۱	ETM	Landsat ۷
	۳۴	۲۰۱۱/۰۸/۳۱	ETM	Landsat ۷
۱۶۷	۳۳	۲۰۲۱/۰۸/۱۰	OLI	Landsat ۸
	۳۴	۲۰۲۱/۰۸/۱۰	OLI	Landsat ۸

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

• پیش‌پردازش تصاویر

تصحیح هندسی
به منظور تصحیح هندسی تصاویر معمولاً از دو روش استفاده می‌شود. اگر قرار باشد تصاویر به صورت تکی مورد استفاده قرار گیرند، از روش

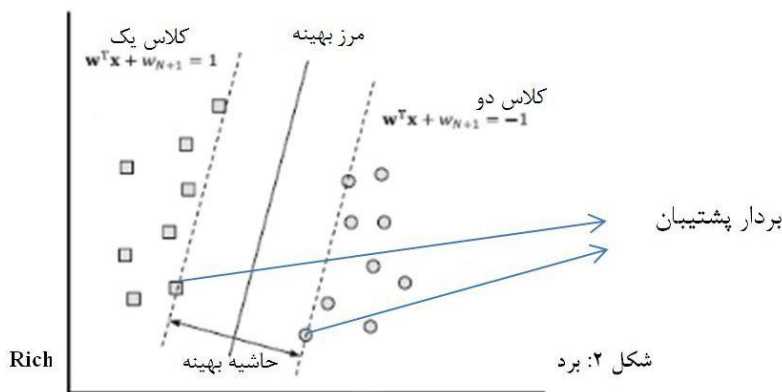
کل پیکسل‌ها در یک باند مشخص کاسته می‌شود تا تصحیحات اتمسفری بر روی هر تصویر ماهواره‌ای اعمال شود (چاوز^{۱۳}، ۱۹۸۸).

طبقه‌بندی تصاویر

به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، از الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان استفاده گردید. به این صورت که برای کاربری‌های موجود در محدوده مورد مطالعه با استفاده از بازبندی میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) نمونه‌های تعلیمی تهیه شد. تعدادی از نمونه‌ها جهت آموزش تصویر ماهواره‌ای و تعدادی از آن به منظور برآورد صحت نتایج حاصل از الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان به کار گرفته شده است.

روش طبقه‌بندی

ماشین بردار پشتیبان: در این روش به کمک همه باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آید و بر اساس آنها یک مرز تصمیم‌گیری خطی بهینه به منظور جدا کردن کلاس‌ها محاسبه می‌شود. این نمونه‌ها را بردارهای پشتیبان می‌گویند (کشاورز و یزدی، ۱۳۸۴). در شکل ۲ بردارهای پشتیبان نشان داده شده‌اند.



شکل ۲: بردارهای پشتیبان به همراه مرز و حاشیه بهینه (آرخی و ادیب‌نژاد، ۲۰۱۱)

• معیارهای ارزیابی دقت و صحت طبقه‌بندی

در پژوهش حاضر با هدف بررسی دقت و صحت طبقه‌بندی تصاویر از معیارهای ارزیابی به شرح زیر استفاده شد:

ماتریس خطا

در این روش فایل نمونه‌برداری که از ارزش‌های تمامی پیکسل‌های کلاس‌های تعریف شده تشکیل شده است، با تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از همان فایل استفاده شده اتصال داده می‌شود. در این صورت تک تک پیکسل‌های نمونه برداری شده با کلاس‌های طبقه‌بندی شده اتصال می‌یابد بنابراین بررسی صحت طبقه‌بندی پیکسل‌ها ممکن می‌شود (علوی پناه، ۱۳۸۴). برای درستی ایجاد ماتریس خطا، باید فاکتورهای زیر را در نظر گرفت: ۱- جمع آوری داده‌های مرجع، ۲- طبقه‌بندی، ۳- روش‌های نمونه‌برداری، ۴- واحد همبستگی فضایی، ۵-

حجم و واحد نمونه. بعد از تولید ماتریس خطا، سایر عوامل مهم ارزیابی دقت و صحت از جمله دقت کلی، دقت کاربر، دقت تولیدکننده و ضریب کاپا را می‌توان به دست آورد (ستاری و بربراولی، ۲۰۱۲). برای تعیین دقت طبقه‌بندی، برداشت زمینی موقعیت کاربری‌ها به عنوان داده‌های مرجع با GPS انجام گرفت تا با تصویر طبقه‌بندی مقایسه شوند. علاوه بر آن از موارد طبقه‌بندی شده و کلاس‌های مشابه هم برداشت به عمل آمد و جدول ماتریس خطا تشکیل گردید. دقت کلی

در واقع دقت کلی نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده به مجموع کل پیکسل‌های مشخص را نشان می‌دهد. و طبق رابطه (۱) محاسبه

می‌شود. که در آن C: تعداد کلاس ها N: تعداد کل پیکسل های معلوم E_{ij}: اعضای قطری ماتریس خطا می باشند.

$$O.A = \frac{\sum_{n=1}^c E_{ii}}{N} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

• دقت تولید کننده و کاربر

ضریب کاپا ضریب کاپا از ماتریس خطا به دست می‌آید و دقت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً اتفاقی محاسبه می کند(فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹). این ضریب با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

روی قطر بزرگ)، x_{i+} مشاهدات در ردیف i و x_{+i} کل مشاهدات در ستون i است.

نسبت جوهر قطری هر کلاس به مجموع ارزش های هر کلاس می‌باشد. حال آن که دقت کاربر امکان طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی را بیان می‌کند (اکبری و شکاری، ۱۳۹۲).

که در آن N تعداد کل پیکسل های نمونه تعلیمی Γ تعداد ردیف های جدول خطا، x_{ij} تعداد مشاهدات مربوط به ردیف i و ستون j، (در

• آشکارسازی تغییرات

مقایسه شدند و در مجموع ۱ نقشه تهیه شد. پس از تهیه نقشه تغییرات هر دوره، مساحت هر طبقه کاربری محاسبه شد.

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی هر دوره، نقشه تشخیص تغییرات آغاز شد. در تهیه نقشه تغییر کاربری، نقشه کاربری اراضی هر دوره با هم

• استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری

ماشین بردار پشتیبان، از نرم‌افزار Fragstat استفاده شد. در نهایت هفت متریک به دلیل توانایی آنها به منظور کمی‌سازی سیمای سرزمین در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ اندازه گیری شدند که خصوصیات این سنجه ها مطابق جدول (۲) آورده شده است.

از مطالعه معیارهای چشم انداز می توان مستقیماً در قالب اعداد کمی در مورد آسیب پذیری اکوسیستم و همچنین تغییرات رخ داده در آن نتیجه گرفت. در این تحقیق بعد از به دست آوردن نقشه کاربری اراضی به منظور استخراج سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از الگوریتم

جدول ۲- متریک های محاسبه شده در پژوهش

متریک	نام متریک	معادل فارسی	توضیحات
CA	Class Area	مساحت کلاس	نسبت مساحت طبقه در سیمای سرزمین
PLAND	Percentage of Landscape	در صد از سیما	نسبت در صد هر نوع لکه یا کلاس را اندازه گیری می کند
NP	Number of patches	تعداد لکه	تعداد لکه ها در سیمای سرزمین و یا تعداد لکه ها برای طبقه‌ای خاص
PD	Patch Density	تراکم لکه	تعداد لکه ها در واحد سطح
LPI	Largest Patch Index	شاخص بزرگترین لکه	در صدی از کاربری را که توسط بزرگترین لکه در یک کلاس کاربری پوشیده شده است
TE	Total Edge	مجموع حاشیه	مجموع طول از تمام بخش های لبه که شامل نوع کلاس مربوطه است
ED	Edge Density	تراکم حاشیه	محیط هر کلاس تقسیم بر سطح آن

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

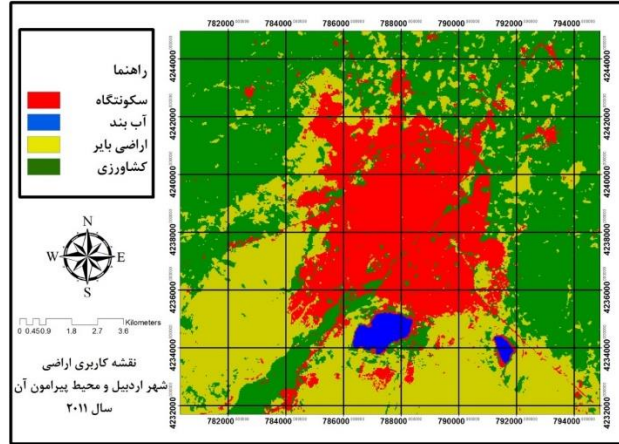
• نتایج

های تعلیمی برداشت شده از سطح منطقه مورد بررسی قرار گرفت. بعد از اعمال نمونه‌های تعلیمی بر سطح تصویر، ماتریس خطای طبقه‌بندی، مشخصات آماری دقت تولید کننده، دقت استفاده کننده، صحت کلی و

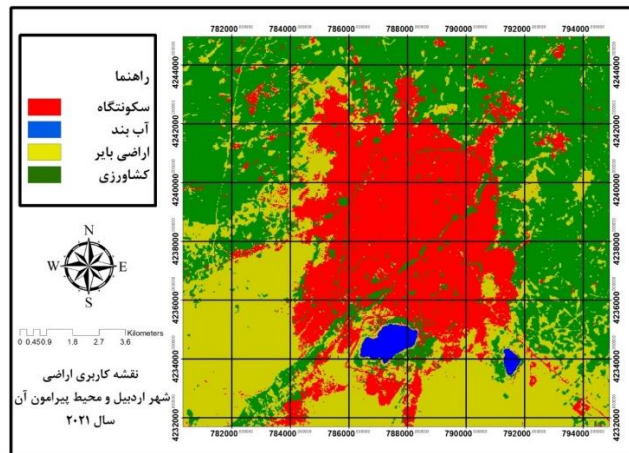
پس از انجام الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان بر روی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱، نقشه‌های کاربری اراضی تهیه گردید(شکل ۴ و ۵). در مرحله بعد صحت طبقه‌بندی ها بر اساس نمونه

تغییرات کاربری اراضی تهیه گردید شکل (۷). پس از تهیه نقشه تغییرات هر دوره، مساحت هر طبقه کاربری محاسبه شد.

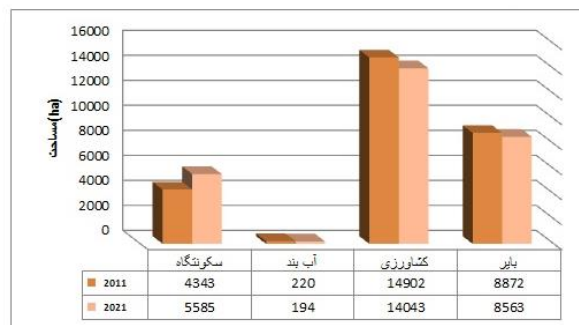
ضریب کاپا برای هر کدام از کلاس‌ها تعیین گردید. نتایج حاصل در جدول (۳) ارائه شده است. سپس مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی محاسبه گردید و در شکل (۶) ارائه شده است. در مرحله بعد نقشه



شکل ۳- نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۲۰۱۱ (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)



شکل ۴- نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۲۰۲۱ (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)



شکل ۵- مساحت طبقه‌های مختلف کاربری اراضی (هکتار) (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

جدول ۳- ضرائب صحت الگوریتم طبقه‌بندی در محدوده مورد مطالعه

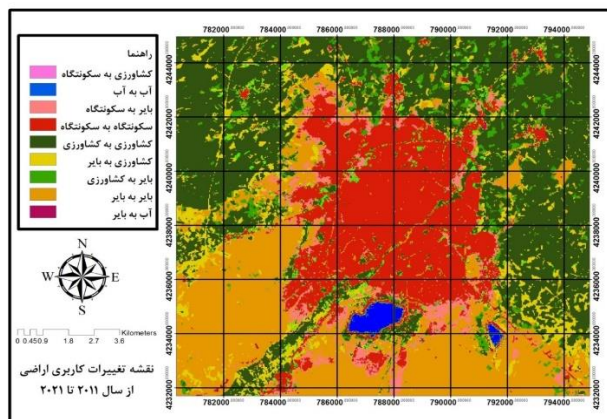
سال	روش طبقه‌بندی	نوع کاربری اراضی	دقت تولید کننده	دقت کاربر	صحت کلی	ضریب کاپا
۲۰۱۱	ماشین بردار پشتیبان	سکونتگاه	۹۹/۷۳	۱۰۰	۹۹/۴۲	۰/۹۶۵۰
		اراضی کشاورزی	۹۹/۲۳	۶۱/۷۹		
		آب	۹۹/۸۵	۹۹/۵۲		
		بایر	۹۹/۴۰	۹۹/۹۷		
۲۰۲۱	ماشین بردار پشتیبان	سکونتگاه	۹۵/۲۲	۹۸/۳۳	۹۷/۴۳	۰/۹۵۶۵
		اراضی کشاورزی	۹۸/۱۸	۹۸/۱۴		
		آب	۱۰۰	۱۰۰		
		بایر	۹۶/۷۶	۹۵/۶۲		

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

• تغییرات کاربری اراضی

طرف دیگر، اراضی بایر در پیرامون شهر ۳۰۹ هکتار کاهش یافته است. مساحت آب بند ۲۶ هکتار کاهش یافته است. کاهش وسعت اراضی بایر منطقه و روند افزایشی سکونتگاه بیانگر تخریب کلی در منطقه و جایگزینی کاربری های ضعیف تر در منطقه است. از طرف دیگر، در هر دو دوره زمانی، میزان اراضی مسکونی روندی صعودی داشته است که نشان دهنده افزایش جمعیت و همچنین، افزایش فشار انسانی در منطقه مورد مطالعه است. به عبارت دیگر، در کل شاهد تخریب در منطقه هستیم. تغییرات شهر اردبیل و محیط پیرامون آن در سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ در شکل (۷) و مساحت تغییرات در جدول (۴) ارائه شده است.

پس از استخراج نقشه کاربری اراضی هر دوره، نقشه تشخیص تغییرات تهیه شد. سپس نقشه‌های کاربری اراضی بازه زمانی مورد مطالعه با هم مقایسه و در مجموع ۱ نقشه تولید شد. در نهایت مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی محاسبه شد. بررسی تغییرات محدوده‌ی شهر اردبیل مشخص می‌کند که با مقایسه سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱، مساحت کاربری سکونتگاه ۱۳۴۲ هکتار افزایش یافته است، بدین صورت که مساحت کاربری سکونتگاه از حدود ۴۳۴۳ هکتار در سال ۲۰۱۱ به ۵۵۸۵ هکتار در سال ۲۰۲۱ افزایش یافته است. و در طی همان مدت مساحت کاربری کشاورزی ۸۵۹ هکتار کاهش یافته است، یعنی از حدود ۱۴۹۰۲ هکتار در سال ۲۰۱۱ به ۱۴۰۴۳ هکتار در سال ۲۰۲۱ رسیده است. از



شکل ۶- نقشه‌ی تغییر کاربری اراضی شهر اردبیل و محیط پیرامون آن طی سال‌های مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

جدول ۴- مساحت تغییرات طبقه های مختلف کاربری اراضی (هکتار)

سال‌های مورد مطالعه	کاربری	مساحت
۲۰۱۱ - ۲۰۲۱	سکونتگاه	۱۳۴۲
	اراضی کشاورزی	-۸۵۹
	آب	-۲۶
	بایر	-۳۰۹

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

• **متریک سیمای سرزمین**

گرفتند. جدول (۵) متریک هایی را که برای منطقه مورد بررسی تحلیل شده‌اند، نشان می‌دهد در این جدول نتایج مقایسه متریک‌های سیمای سرزمین در طی ۱۱ سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ ارایه شده است

توسط متریک های سیمای سرزمین می توان در کمترین زمان ممکن از وضعیت و میزان تخریب در منطقه مورد مطالعه مطلع شد (آذری دهکردی و خزاعی^{۲۱}، ۲۰۰۹). به منظور آنالیز متریک های سیمای سرزمین در تحقیق حاضر تعدادی از متریک های سیمای سرزمین مورد تحلیل قرار

جدول ۵- متریک های سیمای سرزمین کاربری اراضی در سالهای مورد مطالعه

سال	متریک ها طبقه زمین	CA (هکتار)	PLAND (درصد)	NP (بدون واحد)	PD (بدون واحد)	LPI (درصد)	TE (متر)	ED (متر در هکتار)
	آب بند	۲۲۱/۲۵	۰/۸۱	۳	۰/۰۱	۰/۶۷	۱۲۳۱۲	۰/۴۵
	کشاورزی	۱۴۹۱۱/۴۵	۵۰/۵۲	۳۹۶	۱/۳۴	۴۷/۰۷	۱۰۱۷۳۲۴	۳۴/۴۷
	باير	۸۸۱۶/۱۰	۲۹/۸۷	۸۴۹	۲/۸۷	۱۶/۵۲	۹۹۰۵۲۸	۳۳/۵۶
	سکونتگاه	۵۵۸۸/۷۴	۱۸/۹۳	۴۹۹	۱/۶۹	۱۵/۳۳	۵۴۶۰۸۴	۱۸/۵۰
	آب بند	۱۹۵/۱۴	۰/۶۶	۲	۰/۰۰۶۸	۰/۵۴	۱۰۱۶۴	۰/۳۴
	کشاورزی	۱۴۰۴۵/۴۲	۵۱/۷۲	۴۴۹	۱/۶۵	۴۶/۶۹	۸۱۶۱۸۳	۳۰/۰۵
	باير	۸۵۴۸/۱۱	۳۱/۴۸	۵۸۶	۲/۱۵	۱۲/۴۷	۷۸۸۵۳۸	۲۹/۰۳

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

• **بحث و نتیجه گیری**

سکونتگاه ۱۲۴۲ هکتار افزایش داشته در مقابل کاربری کشاورزی ۸۵۹ هکتار کاهش و آب بند ۲۶ هکتار کاهش و اراضی باير ۳۰۹ هکتار کاهش داشته است. این تغییرات در پژوهش حاضر به وسیله متریک های سیمای سرزمین به صورت کمی در آمد. نتایج حاکی از آن است که، مقادیر متریک ها برای هر یک از این کلاس ها در محدوده زمانی مورد مطالعه تغییر کرده است. یعنی اثرات تخریب و تبدیل کاربری ها بر روی شکل و اندازه کاربری ها هم تاثیرگذار بوده است. آنالیز سیمای سرزمین در این تحقیق نشانگر آثار منفی فعالیت های انسانی بر تغییرات سیمای سرزمین است. با توجه به اینکه تعداد لکه زیاد نشان از تکه تکه شدگی و وجود ناپایداری در سیمای سرزمین است؛ در نتیجه کم بودن NP نشان دهنده پایداری است. در تحقیق حاضر آنالیز متریک تعداد لکه نشان دهنده این موضوع است که کاربری سکونتگاه، کشاورزی و باير در حالت ناپایداری هستند. آنالیز متریک درصد سیمای سرزمین حاکی از آن است که در هر دو دوره زمانی بیشترین درصد سیمای سرزمین به ترتیب اراضی کشاورزی ، باير، سکونتگاه و آب بند می‌باشد. بنابراین، آنالیز سیمای سرزمین در این پژوهش نشان دهنده تاثیر فعالیت های انسانی بر تغییر سیمای سرزمین می‌باشد.

در تحقیق پیش رو از متریک های سیمای سرزمین با هدف کمی سازی تغییرات کاربری اراضی در شهر اردبیل و پیرامون آن در فاصله زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ استفاده شده است. در این تحقیق ابتدا از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده (ETM-OLI) استفاده و نقشه کاربری اراضی شهر اردبیل و پیرامون آن با اعمال طبقه‌بندی نظارت شده (ماشین بردار پشتیبان) استخراج شد. روش ماشین بردار پشتیبان با توجه به صحت کلی و ضریب کاپای زیاد دارای دقت طبقه‌بندی بالا در تصاویر ماهواره‌ای بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بی‌مانندی برای استخراج کاربری‌های اراضی برخوردارند. نتایج حاصل از کاربرد متریک های مورد استفاده در این تحقیق نشان دهنده کارایی متریک های مساحت کلاس، تعداد لکه، تراکم لکه، تراکم حاشیه، شاخص بزرگترین لکه، مجموع حاشیه و درصد از سیما در تحلیل تغییرات کاربری اراضی است. بر اساس یافته های تحقیق می توان گفت که وضعیت سیمای سرزمین شهر اردبیل در شرایط کنونی، به علت استفاده نادرست از منابع و تخریب آن به صورت بی نظم بوده و نشانگر روند توسعه تخریب در این منطقه می‌باشد. با توجه به نقشه‌ی تغییر کاربری اراضی به دست آمده از مقایسه کاربری اراضی سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ مشاهده می‌شود که در محدوده زمانی ۱۱ ساله کاربری

منابع:

- اکبری، ع؛ شکاری، ا، (۱۳۹۲). پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌های با استفاده از نرم افزار ENVI با نمونه های کاربردی در علوم زمین، نقشه برداری، جغرافیا و محیط زیست، انتشارات ماهواره، جلد اول.
- بابایی اقدم، ف؛ ابراهیم زاده، ح، (۱۳۹۰). مدل سازی تغییرات کاربری اراضی زراعی و بایر به سطوح ساخته شده در منطقه شهری اردبیل با استفاده از مدل CLUE_S، جغرافیا و توسعه، (۲۶)، صص ۲۱-۳۴.
- سبزیایی، غ؛ دشتی، س؛ جعفرزاده، ک؛ بزم آرا بالشتی، م، (۱۳۹۵). ارزیابی الگوهای چشم انداز شهری برای اندازه گیری اثرات شهرنشینی بر ساختار چشم انداز (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)، جغرافیا و پایداری محیط زیست، (۲۱)، صص ۳۵-۵۰.
- شنایی، ه؛ زارعی، ح، (۱۳۹۵). بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، (۱۴)، صص ۲۴۴-۲۳۷.
- علوی پناه، ک، (۱۳۸۴). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- عبداللهی علی اصغر، خبازی مصطفی، درانی زهرا. مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون (مطالعه موردی: شهر لاهیجان). برنامه ریزی و آمایش فضا. ۱۳۹۹؛ ۲۴ (۱): ۴۹-۷۹
- فاطمی، ب؛ رضایی، ی، (۱۳۸۹). مبانی سنجش از دور، چاپ دوم، انتشارات آزاده، تهران.
- کشاوری، ا؛ قاسمیان یزدی، م، (۱۳۸۴). یک الگوریتم سریع مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان برای طبقه بندی تصاویر ابر طیفی با استفاده از همبستگی مکانی، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران صص ۳۷-۴۴.
- کریمی، آر؛ فتحی، ج، (۱۳۹۱). بررسی کمی کردن سنجح های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)، مجله محیط شناسی، (۶۰)، صص ۷۹-۸۸.
- محمدی حمیدی سمیه، نظم فر حسین، رضائیان احد، یزدانی محمد حسن. شناسایی و تحلیل پیشرانهای اقتصادی ناشی از نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در عدم تعادل های فضایی. برنامه ریزی و آمایش فضا. ۱۳۹۹؛ ۲۴ (۴): ۶۹-۹۷
- مسیبی، م؛ ملکی، م، (۱۳۹۳). پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی شهرستان اردبیل)، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. (۱)، صص ۲۵-۳۸.
- محمدیاری، ف؛ میرسنجری، م؛ زرنیدیان، ا، (۱۳۹۷). ارزیابی شبکه های بوم شناختی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: کلانشهر کرج)، آمایش سرزمین، (۲)، صص ۲۲۵-۲۴۷.
- محمدیاری، ف؛ پورخباز، ح؛ توکلی، م؛ اقدر، ح، (۱۳۹۳). تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان)، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، (۲۳)، صص ۲۳-۳۴.
- نظرنژاد، ح؛ حسینی، م؛ مصطفی زاده، ر، (۱۳۹۸). تحلیل تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بالانجچای با استفاده از سنجح های سیمای سرزمین، مجله جغرافیا و توسعه، (۵۴)، صص ۷۵-۹۰.
- نظرنژاد، ح؛ ایرانی، ح؛ مرتضی، ط، (۱۳۹۷). استفاده از سنجح های سیمای سرزمین در ارزیابی تغییرات ساختار چشم انداز حوضه آبخیز قره سو کرمانشاه، جغرافیا و مختارات محیطی، (۷)، صص ۲۳-۳۶.
- نظم فر حسین، شیرزاد گرجان منیر. پایش تغییرات کاربری اراضی دریاچه ارومیه و محیط پیرامون آن با استفاده از روش های مختلف تئوری آموزش آماری. برنامه ریزی و آمایش فضا. ۱۳۹۹؛ ۲۴ (۳): ۲۰۱-۲۲۹
- نظم فر، ح؛ جعفرزاده، ج، (۱۳۹۸). بررسی کارایی روش های طبقه بندی تصاویر ماهواره های در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شهری با استفاده از بهینه سازی مقیاس در پردازش شیء گرا (مورد: شهر اردبیل)، فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری، (۳۶)، صص ۱۱۸-۱۲۷.
- Arekhi, S., and Adibnejad, M. (۲۰۱۱). Efficiency assessment algorithms support vector machines to classify land use and desertification of pasture research. the eighteenth year. ۳(۴): ۵۹-۶۷.
- Azari Dehkordi, F., Khazaei, N. (۲۰۰۹). A decision support system for environmental impact assessment in landscape degradation (Case study: Shafarod Watershed in Gilan province of Iran). Journal of Environmental Studies, ۳۵ (۵۰), ۶۹-۸۰.

- Barati, B., Jahani, A., Zebardast, L., Rayegani, B. (۲۰۱۷) Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (Case Study: Kolah Ghazy national park and Wildlife Refuge). *Journal of Town & Country Planning*, ۹ (۱), ۱۵۳-۱۶۸.
- Chavez jr. P.S. (۱۹۸۸). An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. *Remote Sensing of Environment*, (۲۴), ۴۵۹-۴۷۹.
- Feyzizadeh, B., Azizi, H. & Valizadeh, K. KH. (۲۰۰۷). Extraction Land Uses Malekan City Using Satellite Images EThr (In Persian). *Amayesh*, Vol. ۲, (۳), ۱-۱۰.
- Grêt-Regamey, A., Altwegg, J., Sirén, E., & van Strien, M. (۲۰۱۷). "Integrating ecosystem services into spatial planning—A spatial decision support tool", *Landscape and Urban Planning*, ۱۶۵, pp. ۲۰۶-۲۱۹.
- Hamad, R., Balzter, H., Kolo, K. (۲۰۱۷). Multi-criteria assessment of land cover dynamic changes in halgurd sakran national park (HSNP), kurdistan region of Iraq, using remote sensing and GIS. *Land*, ۶ (۱), ۱۸-۳۲.
- Magidi, J., & Ahmed, F. (۲۰۱۸). Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (۱۹۸۴-۲۰۱۵). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, ۳ (۲), ۲۳-۴۴.
- Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A., Keivan Behjou, F. (۲۰۱۸). Land use/cover change detection using landsat and IRS imagery: A case study, Khalkhal county. *Journal of Geographical Space*, ۱۷ (۶۰), ۱۰۱-۱۱۶.
- Pan, Z., Wang, G., Hu, Y., & Cao, B. (۲۰۱۹). Characterizing urban redevelopment process by quantifying thermal dynamic and landscape analysis. *Habitat International*, ۸۶, ۶۱-۷۰.
- Richards, J. (۲۰۱۳). *Remote sensing digital image analysis, fifth edition*, springer, ۴۹۴ p.
- Şatır, O., & Berberoğlu, S. (۲۰۱۲). *Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning*. *Landscape Planning*, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), ISBN, ۹۷۸-۹۵۲.
- Sun, Y., Zhao, S. (۲۰۱۸). Spatiotemporal Dynamics of Urban Expansion in ۱۳ Cities across the Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration from ۱۹۷۸ to ۲۰۱۵. *Ecological Indicators*, ۸۷, ۳۰۲-۳۱۳.
- Ting, L., Yang, x. (۲۰۱۵). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics Original Research Article *Applied Geography*, (۵۶), ۴۲-۵۴.

Monitoring the changes in the appearance of the city and its surroundings based on the analysis of land appearance metrics (Case study: Ardabil city)

Hossein Nazmfar^۱ ; Monir Sirzad^۲

^۱ Professor, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^۲ P.h.d., Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

Introduction

Due to the fact that today the settlements are growing more than the population living in it (Regami et al., ۲۰۱۷). Therefore, we can expect that by ۲۰۳۰, the area of settlements will reach ۳ times the population living in it (Sun et al., ۲۰۱۸). Naturally, this increase in the size of settlements will lead to land use change, which will lead to the destruction of ecosystems, ecological and anthropological balance, environmental pollution, destruction of agricultural lands, infrastructure changes in the structure and ecological function of the land and ...will be. Therefore, this expansion needs proper management.

Methodology:

The present study is of developmental-applied type and its method is descriptive-analytical. In the present study, the Landsat satellite image with the specifications listed in Table (۱) and Google Earth software, ENVI۴,۸, ArcGIS۱۰,۲ have been used. Thus, satellite images from ۲۰۱۱ to ۲۰۲۱ were referenced by removing ۲۳ control points from the image surface with an RMS error equal to ۰,۴۱ pixels of the earth. In geometric correction, points were selected for ground control that had a good distribution on the image surface to have less error in estimating unknown coefficients in the equation used. In the present study, the method of reducing the numerical value of dark pixels in images has been used for radiometric correction. In this way, a constant value of the total value of the pixels in a given band is reduced so that radiometric corrections can be applied to each satellite image. In the next step, due to the location of Ardabil city and its surroundings in two rows (۶۷-۱۳۴ and ۱۳۶۷-۳۴), the images were mosaic. Then, using field visits and GPS, educational samples were identified for each user (settlement, seal, agriculture, desert) in the study area. Given that the control points were taken in ۱۴۰۰ and the images used in this study are from ۲۰۱۱ to ۲۰۲۱, there was a possibility of changes in use between this time period. Based on this, the points were visually compared with the images used and some of them that were suspected of changing the user were removed. Some of the harvested points were used for training and others for classification validation. In the present study, the classification was prepared using the support vector machine algorithm. Evaluation criteria (producer accuracy, user accuracy, overall accuracy, kappa coefficient) were used to evaluate the accuracy of image classification. In the next step, a map of land use changes in the study area was prepared and the changed land uses in the study period were identified and introduced. Were analyzed. Figure (۲) shows the flow chart of the research stages.

Results and discussion

After performing the backup vector classification algorithm on the satellite images of ۲۰۱۱ and ۲۰۲۱, land use maps were prepared (Figures ۴ and ۵). In the next step, the accuracy of the classifications was examined based on educational samples taken from the area. After applying the training samples on the image surface, the classification error matrix, statistical characteristics of producer accuracy, user accuracy, overall accuracy and kappa coefficient were determined for each of the classes. The results are presented in Table (۳). Then the area of each land use class was calculated and is presented in Figure (۶). In the next step, a map of land use changes was prepared. Figure (۷). After preparing the change map of each period, the area of each user category was calculated. The support vector machine method had high classification accuracy in satellite images due to its overall accuracy and high kappa coefficient.

Conclusion

In this study, first, satellite images (ETM-OLI) were used and the land use map of Ardabil and its surroundings was extracted by supervised classification (support vector machine). The results also show that satellite images have a unique ability to extract land uses. The results of the application of metrics used in this research show the efficiency of class area metrics, number of spots, spot density, margin density, largest spot index, total margin and percentage of appearance in land use change analysis. Based on the research findings, it can be said that the situation of Ardabil city in the current situation, due to improper use of resources and its destruction is irregular and indicates the development of destruction in this area. According to the land use change map obtained from the comparison of land use in ۲۰۱۱ and ۲۰۲۱, it can be seen that in the ۱۱-year period, the use of the settlement has increased by ۱۲۴۲ hectares, while agricultural use has decreased by ۸۰۹ hectares and dams by ۲۶ hectares. Bayer has reduced ۳۰۹ hectares. These changes in the present study were quantified by land use metrics. The results show that the values of metrics for each of these classes have changed over the study period. That is, the effects of destruction and conversion of land uses have also affected the shape and size of land uses. Landscape analysis in this study shows the negative effects of human activities on land landscape changes. Given that the large number of spots indicates fragmentation and instability in the appearance of the land; As a result, low NP indicates stability. In the present study, metric analysis of the number of spots indicates that residential, agricultural and barren land use are in an unstable state. Metric analysis of land landscape percentage indicates that in both time periods, the highest land landscape percentage is agricultural land, barren, residential and dam, respectively. Therefore, the analysis of land landscape in this study shows the impact of human activities on land landscape change.

Keywords

Land use change; remote sensing; Ardabil city; land use metrics.