



ارزیابی کارایی استفاده از تغییرات خرد اقلیم در تفکیک پوشش اراضی در مقایسه با برخی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده در محیط‌های شهری



خشک

نجمه ستاری^۱، ملیحه عرفانی^{۲*}، فاطمه جهانی شکیب^۳

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۵ / پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴ / دسترسی اینترنتی: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

چکیده

تفکیک بین اراضی بایر و ساخت و ساز شده از یکی از مهم‌ترین مسائل در تهیه نقشه کاربری اراضی/ پوشش اراضی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است. در این راستا پژوهشگران بسیاری سعی در افزایش دقت طبقه‌بندی از طریق به کارگیری روش‌های مختلف داشته‌اند که دنبال کردن برخی از روش‌ها پیچیده و زمانبر است. از این رو مقاله حاضر با هدف به کارگیری تغییرات خرد اقلیم از طریق

اجرای الگوریتم پهنه‌بندی محلی اقلیم (LCZ) در شناسایی کاربری اراضی با تاکید بر تفکیک مناطق ساخت و ساز شده در یکی از شهرهای خشک ایران انجام شد و کارایی روش با بررسی صحت طبقه‌بندی در مقایسه با روش‌های مختلف نظارت‌شده شامل حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فیشر، KNN، Artmap فاززی، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان مقایسه گردید. منطقه مورد مطالعه شهر زاهدان بوده که دارای رشد مناطق ساخت و ساز شده بسیار چشمگیری در دهه‌های گذشته است. به این منظور از چهار دوره از تصاویر ماهواره لندست هشت سال ۲۰۲۰ استفاده شد. نمونه‌های تعلیمی از گوگل ارث استخراج شد و صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی‌ها به کمک ۲۱۸ نقطه تصادفی انجام شد. نتایج صحت‌سنجی نشان داد که استفاده از الگوریتم LCZ با صحت کلی و ضریب کاپای ۹۶/۳۳ درصد و ۰/۹۵ بالاترین و پس از آن روش‌های ماشین بردار پشتیبان و فیشر با صحت کلی ۸۷/۶۱ و ۸۳/۰۳ و ضریب کاپای ۰/۸۲ و ۰/۷۵ قرار دارند. از این رو برای مطالعات کاربری اراضی/پوشش اراضی روش LCZ که خرد اقلیم‌های محلی را در نظر می‌گیرد، پیشنهاد می‌شود.

نجمه ستاری^۱، ملیحه عرفانی^{۲*} (✉)، فاطمه جهانی شکیب^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۲- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

DOI: 10.30495/girs.2023.689922

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: maliheerfani@uoz.ac.ir

پیشینه و هدف

رشد سریع و کنترل نشده جمعیت همراه با توسعه اقتصادی و صنعتی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه در اواخر قرن بیستم و اوایل قرن بیست و یکم، نرخ تغییر کاربری/پوشش زمین (LULC) را چندین برابر افزایش داده است. ارزیابی کمی تغییرات LULC یکی از کارآمدترین ابزارها برای درک و مدیریت تغییر و تحول زمین است و در این رابطه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور کاربرد بسیاری دارد. پیشینه استفاده از روش‌های طبقه‌بندی مختلف به قدمت تصاویر ماهواره‌ای است. تکنیک‌های طبقه‌بندی پوشش سرزمین و مراحل توسعه تکنیک‌ها از سال ۱۹۵۰ آغاز شده و تاکنون ادامه دارد. طبقه‌بندی پوشش سرزمین‌ها در ابتدا به صورت دستی بوده تا اینکه با ظهور فناوری و انقلاب در الگوریتم‌های هوش مصنوعی، فرآیندهای طبقه‌بندی به عددی و دیجیتالی تبدیل شدند. که شامل فهرستی از تمام روش‌های سنتی و نوین مورد استفاده در طبقه‌بندی اراضی است

با توجه به تعدد روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، نیاز به بررسی دقت الگوریتم‌های مختلف برای نقشه‌سازی LULC به منظور شناسایی بهترین طبقه‌بندی‌کننده جهت کاربردهای مختلف وجود دارد. تفکیک بین اراضی بایر و ساخت و ساز شده از یکی از مهمترین مسائل در تهیه نقشه کاربری اراضی/پوشش اراضی در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک است. در این راستا پژوهشگران بسیاری سعی در افزایش دقت طبقه‌بندی از طریق به کارگیری روش‌های مختلف داشته‌اند که دنبال کردن برخی از روش‌ها پیچیده و زمانبر است. از این رو مقاله حاضر با هدف به کارگیری تغییرات خرد اقلیم از طریق اجرای الگوریتم پهنه بندی محلی اقلیم (LCZ) در شناسایی کاربری اراضی با تاکید بر تفکیک مناطق ساخت و ساز شده در یکی از شهرهای خشک ایران انجام شد و کارایی روش با بررسی صحت طبقه بندی در مقایسه با روش‌های مختلف نظارت شده شامل حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فیشر، KNN، فازی، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شهر زاهدان بوده که دارای رشد مناطق ساخت و ساز شده بسیار چشمگیری در دهه‌های گذشته است. این شهرستان مرکز استان سیستان و بلوچستان بوده و وسعتی معادل ۳۱۲۵۰ کیلومتر مربع دارد. شهر زاهدان در ارتفاع ۱۳۷۸ متری از سطح دریا

واقع شده است و طبق آخرین سرشماری، جمعیت شهرستان زاهدان تا سال ۱۳۹۵، ۵۶۰۷۲۵ نفر بوده است. جهت طبقه‌بندی پوشش اراضی در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست هشت دانلود شده از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا مربوط به تاریخ‌های ۲۰۲۰/۶/۲۶، ۲۰۲۰/۷/۸، ۲۰۲۰/۸/۷ و ۲۰۲۰/۸/۲۲ مربوط به گذر و ردیف به ترتیب ۱۵۷ و ۴۰ استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای پس از تصحیح اتمسفری برای هشت روش طبقه‌بندی نظارت شده سخت به کار رفتند. این روش‌ها برخی پارامتریک و برخی ناپارامتریک هستند. روش‌های SVM، فازی ARTMAP، ANN و LCZ از روش‌های ناپارامتریک محسوب می‌شوند و روش‌های حداکثر احتمال، KNN، حداقل فاصله و فیشر از روش‌های پارامتریک هستند. همه طبقه‌بندی‌ها با به کارگیری باندهای یک تا هفت و باند ۱۱ و ۱۲ سنجنده های OLI و TIR ماهواره لندست انجام شد. نمونه‌های تعلیمی از گوگل ارث پرو استخراج شد و صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی‌ها نیز به کمک ۲۱۸ نقطه تصادفی و بررسی ضرب کاپا، صحت کلی و صحت تولیدکننده و مصرف‌کننده انجام شد.

نتایج و بحث

چندین مطالعه گزارش کردند که صحت طبقه‌بندی در همه تکنیک‌های طبقه‌بندی یکسان نیستند. در مطالعه حاضر نیز این تنوع در نتایج هشت طبقه‌بندی‌کننده نظارت شده سخت دیده شد. بر اساس نتایج به دست آمده طبقه بندی کننده LCZ با صحت کلی ۹۶ درصد و ضرب کاپا ۰/۹۵ بالاترین صحت را دارد و پس از آن روش‌های SVM و فیشر با صحت کلی ۸۷/۶۱ و ۸۳/۰۳ و ضرب کاپای ۰/۸۲ و ۰/۷۵ قرار دارند. در بین طبقات مورد بررسی، طبقه مناطق ساخت و ساز شده در بین تمام طبقه‌بندی‌کننده‌ها با صحت تولیدکننده و کاربر بالاتری از سایر طبقات تفکیک شده است و پوشش گیاهی بیشترین دامنه تغییرات صحت تولیدکننده و مصرف‌کننده را در روش‌های طبقه بندی دارد. تشابه رفتار طیفی پدیده‌ها منجر به مشکل شدن انجام طبقه بندی می‌شود که این مساله در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله منطقه مورد مطالعه جهت تفکیک اراضی بایر از مناطق ساخت و ساز شده نمود بیشتری دارد. چرا که بسیاری از مناطق ساخت و ساز شده حاشیه شهر در بستر خاک و با سقف‌هایی با مصالح طبیعی مشابه با زمینه بوده که تفاوت بازتاب واضحی در بسیاری از باندها ندارند، اما روش LCZ با تفکیک

ماهواره‌ای محسوب کرد. در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن این مساله و همین طور جهت قابل مقایسه بودن همه روش‌ها با هم از میانگین باندهای متناظر برای انواع روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد اما روش LCZ این محدودیت را نداشته و برای اجرای این روش طبقه‌بندی از تمام باندها (بدون میانگین گرفتن) استفاده شد که از مزیت‌های دیگر این روش است.

نتیجه‌گیری:

از بین هشت روش طبقه‌بندی نظارت شده بررسی شده در مطالعه حاضر روش LCZ دارای بالاترین صحت بوده و با توجه به صحت بالا، کاربرد آسان، در نظر گرفتن خرد اقلیم‌های محلی و امکان استفاده از تعداد زیادی باند در روش LCZ، این روش برای مطالعات بررسی LU/LC خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خرد اقلیم، طبقه‌بندی خشک، سنجش از دور، مناطق خشک و نیمه خشک، استخراج پدیده‌ها

خرد اقلیم‌ها قادر به تشخیص مناطق بایر از مناطق ساخت و ساز شده است.

بررسی چشمی بین روشهای مختلف نشان می‌دهد که در روش LCZ مناطق ساخت و ساز شده را با یکپارچگی بالاتری نشان می‌دهد که با واقعیت زمینی (مقایسه با گوگل ارث) تطابق بالاتری دارد. یکی از دلایل صحت بالاتر این روش این است که کد محدوده‌های در نظر گرفته شده به عنوان نمونه‌های تعلیمی را تغییر نمی‌دهد، اما روش‌های دیگر اطلاعات استخراج شده از نمونه‌های تعلیمی را با الگوریتم‌های مختلف به کل منطقه و از جمله محل نمونه‌های تعلیمی تعمیم می‌دهند.

بررسی نتیجه طبقه‌بندی کننده LCZ با گوگل ارث نشان داد که مرز مناطق ساخت و ساز شده کمی بیشتر از مقدار واقعی است و تکنیک LCZ، مناطق ساخت و ساز شده را تا جایی که تحت تاثیر این مناطق است، در نظر گرفته است. بنابراین روش‌های مبتنی بر خرد اقلیم قادرند محدوده‌های تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی را بهتر از سایر روش‌ها نشان دهند.

برخی پژوهشگران کاهش تعداد باندها را به منظور کاهش پیچیدگی و بهبود دقت طبقه‌بندی مورد تاکید قرار داده‌اند که از این رو تعداد باندها را می‌توان به عنوان یکی از موانع طبقه‌بندی کننده‌های تصاویر

مقدمه

رشد سریع و کنترل نشده جمعیت همراه با توسعه اقتصادی و صنعتی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه در اواخر قرن بیستم و اوایل قرن بیست و یکم، نرخ تغییر کاربری/پوشش زمین (LULC) را چندین برابر افزایش داده است. از آنجایی که ارزیابی کمی تغییرات LULC یکی از کارآمدترین ابزارها برای درک و مدیریت تغییر و تحول زمین است، نیاز به بررسی دقت الگوریتم‌های مختلف برای نقشه‌سازی LULC به منظور شناسایی بهترین طبقه‌بندی‌کننده جهت کاربردهای مختلف وجود دارد (۲۲).

طبقه‌بندی یک ابزار آماری بسیار مفید برای استخراج اطلاعات از داده‌ها است. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نقش اساسی در استخراج و تجزیه و تحلیل اطلاعات مفید از تصاویر ماهواره‌ای دارد (۵ و ۱۱). رفتار متفاوت امواج رسیده به سنجنده ماهواره‌ای از عوارض و پدیده‌های مختلف که به امضای طیفی معروف است، اساس تشخیص و آشکارسازی کاربری‌ها در نقشه است (۱۹). با این حال، به دلیل ویژگی‌های داده‌های سنجش از دوری مانند تعداد باندهای زیاد و مقادیر نسبتاً کم نمونه‌های برچسب‌دار موجود، انجام طبقه‌بندی تصاویر با چالش‌های علمی و عملی بزرگی مواجهه است (۱۱). طبقه‌بندی‌کننده‌های پیکسل-پایه در دو گروه کلی نظارت‌شده و نظارت‌نشده قرار می‌گیرند (۱). در تکنیک‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، هدف طبقه‌بندی ایجاد یک قانون طبقه‌بندی بر اساس مجموعه آموزشی است. پس از به دست آمدن قانون طبقه‌بندی، این قانون برای پیش‌بینی کلاس پیکسل‌ها استفاده می‌شود. مقالات زیادی در مورد روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده وجود دارد، از روش‌های بسیار کلاسیک شامل برخی از رویکردهای احتمال مبتنی بر توزیع سنتی مانند تجزیه و تحلیل تفکیک‌کننده خطی فیشر (Linear Discriminant Analysis (LDA)) و رگرسیون لجستیک (۸)، تا روش‌های اخیر مبتنی بر یادگیری ماشین، مانند ماشین بردار پشتیبان (Support-Vector Machine (SVM)) که بدون فرض توزیع هستند (۲۵). تکنیک‌های طبقه‌بندی بدون نظارت نیز شامل الگوریتم

خوشه‌بندی انتشار وابستگی، الگوریتم‌های c-means فازی، الگوریتم K-means، ISODATA و غیره است (۱۴).

در میان طبقه‌بندی‌کننده‌های متعدد، برخی از طبقه‌بندی‌کننده‌های سخت و برخی دیگر نرم هستند. طبقه‌بندی‌کننده‌های نرم احتمالات شرطی کلاس را به صراحت تخمین می‌زنند و سپس طبقه‌بندی را بر اساس احتمالات برآورد شده انجام می‌دهند. در مقابل، طبقه‌بندی‌کننده‌های سخت مستقیماً بر روی مرز تصمیم‌گیری طبقه‌بندی بدون تولید تخمین احتمال تمرکز دارند. این دو نوع طبقه‌بندی بر اساس فلسفه‌های متفاوتی ساخته شده‌اند و هر کدام محاسن خاص خود را دارند (۱۲). بنابراین انتخاب نوع روش طبقه‌بندی همواره به عنوان یک سوال مطرح بوده است و معمولاً هیچ روش واحدی وجود ندارد که برای همه مسائل بهترین طبقه‌بندی را انجام دهد. انتخاب روش طبقه‌بندی به ماهیت مجموعه داده‌ها و هدف اصلی یادگیری بستگی دارد. بین دو نوع طبقه‌بندی‌کننده، طبقه‌بندی نرم اطلاعات بیشتری نسبت به طبقه‌بندی سخت ارائه می‌دهد و در نتیجه در شرایط خاصی که اطلاعات مربوط به احتمالات طبقات مفید است، نتایج مطلوبی را به همراه دارد. با این حال، اگر تخمین تابع احتمال طبقه در برخی مسائل پیچیده، دشوار باشد، طبقه‌بندی سخت ممکن است با تمرکز بر روی مرز طبقه‌بندی، طبقه‌بندی‌کننده‌های دقیق‌تری به دست آورد (۲۴). اطلاعات بیشتری وارد شبکه چندمدلی می‌شود، از این رو می‌بایست با همتای یک‌مدلی خود مطابقت داشته باشد یا بهتر از آن عمل کند. با این حال، گاهی عکس آن مشاهده شده است و بهترین شبکه یک‌وجهی توانسته از شبکه چندمدلی بهتر عمل کند. دلایل اصلی برای این افت عملکرد عبارتند از: شبکه‌های چندمدلی به دلیل افزایش ظرفیت، اغلب مستعد برازش بیش از حد هستند و روش‌های مختلف با نرخ‌های متفاوتی اورفیت و تعمیم می‌یابند، بنابراین آموزش آن‌ها به طور مشترک با یک استراتژی بهینه‌سازی واحد، کمتر از حد بهینه است (۲۵). در تعدادی از برنامه‌های سنجش از دور، کاهش ابعاد ورودی به منظور کاهش پیچیدگی و در نتیجه زمان پردازش و احتمالاً بهبود

به سایر روش‌ها برخوردار هستند. دهینگرا و کومار (۵) ضمن مرور روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، صحت به کارگیری آنها را در منطقه‌ای از هندوستان جهت تفکیک پوشش اراضی شهری، پوشش گیاهی، آب، اراضی بایر و صخره‌ای انجام دادند. آنها روش‌های SVM، K-NN (Nearest Neighbor) و شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network (ANN)) را صحیح‌ترین روش‌ها معرفی کردند. موهان راجا (۱۵) در مطالعه خود در مورد تحلیل تغییر LU/LC با کمک سنجش از دور در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تکنیک‌ها و چالش‌های موجود در این زمینه را بحث کرد. وی صحت طبقه‌بندی را متأثر از عوامل متعددی از جمله ضعف نقش تحلیلگر در روش‌های طبقه‌بندی و همچنین خطای طبقه‌بندی که ممکن است بر نتایج طبقه‌بندی تأثیر بگذارد، عنوان کرد. تالوکدار و همکاران (۲۲) دقت شش الگوریتم یادگیری ماشین شامل، جنگل تصادفی Random forest(RF)، SVM، ANN، ARTMAP فاز، نقشه‌بردار زاویه طیفی (Spectral Angle Mapper (SAM)) و فاصله ماهالانویس را در طبقه‌بندی مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه آنها بر اساس ضریب کاپا تمامی طبقه‌بندی‌کننده‌ها دارای سطح دقت یکسان با تغییرات جزئی بین ۰/۸۲ تا ۰/۸۹ هستند. الشاری و القاری (۲) در مطالعه خود بسیاری از طبقه‌بندی‌کننده‌های LU/LC را به منظور تعیین بهترین طبقه‌بندی‌کننده‌ها بررسی کرد و ویژگی‌های هر کدام که به افزایش دقت طبقه‌بندی کمک می‌کند را با یکدیگر مقایسه کرد. موخرجه و همکاران (۱۷) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده ETM+ در سه منطقه مختلف هندوستان کارایی روش‌های نظارت شده SVM و ANN رو مورد مقایسه قرار دادند. آنها میانگین صحت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی کاربری اراضی را به روش SVM، ۹۹/۱۰ و ۹۹/۴۲ و ANN را ۸۷/۲۴ و ۴۵۰/۰ به دست آوردند. هدف اصلی مطالعه حاضر به دست آوردن روش دقیق و در عین حال سریع جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای است و به همین دلیل از روش‌هایی که زمان طولانی جهت اجرای

دقت طبقه‌بندی ضروری است (۲۱). پیشینه استفاده از روش‌های طبقه‌بندی مختلف به قدمت تصاویر ماهواره‌ای است. تکنیک‌های طبقه‌بندی پوشش سرزمین و مراحل توسعه تکنیک‌ها از سال ۱۹۵۰ آغاز شده و تاکنون ادامه دارد. طبقه‌بندی پوشش سرزمین‌ها در ابتدا به صورت دستی بوده تا اینکه با ظهور فناوری و انقلاب در الگوریتم‌های هوش مصنوعی، فرآیندهای طبقه‌بندی به عددی و دیجیتالی تبدیل شدند. که شامل فهرستی از تمام روش‌های سنتی و نوین مورد استفاده در طبقه‌بندی اراضی است (۲). چندین مطالعه نشان داده‌است که طبقه بندی LULC با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با درجه تفکیک مکانی متوسط و کم دارای چندین محدودیت طیفی و مکانی است که بر دقت آن تأثیر می‌گذارد (۱۰، ۱۳، ۱۸ و ۲۷). از این رو مقایسه روش‌های مختلف همواره مورد توجه پژوهشگران بوده که در ادامه به برخی از جدیدترین مطالعات اشاره شده است.

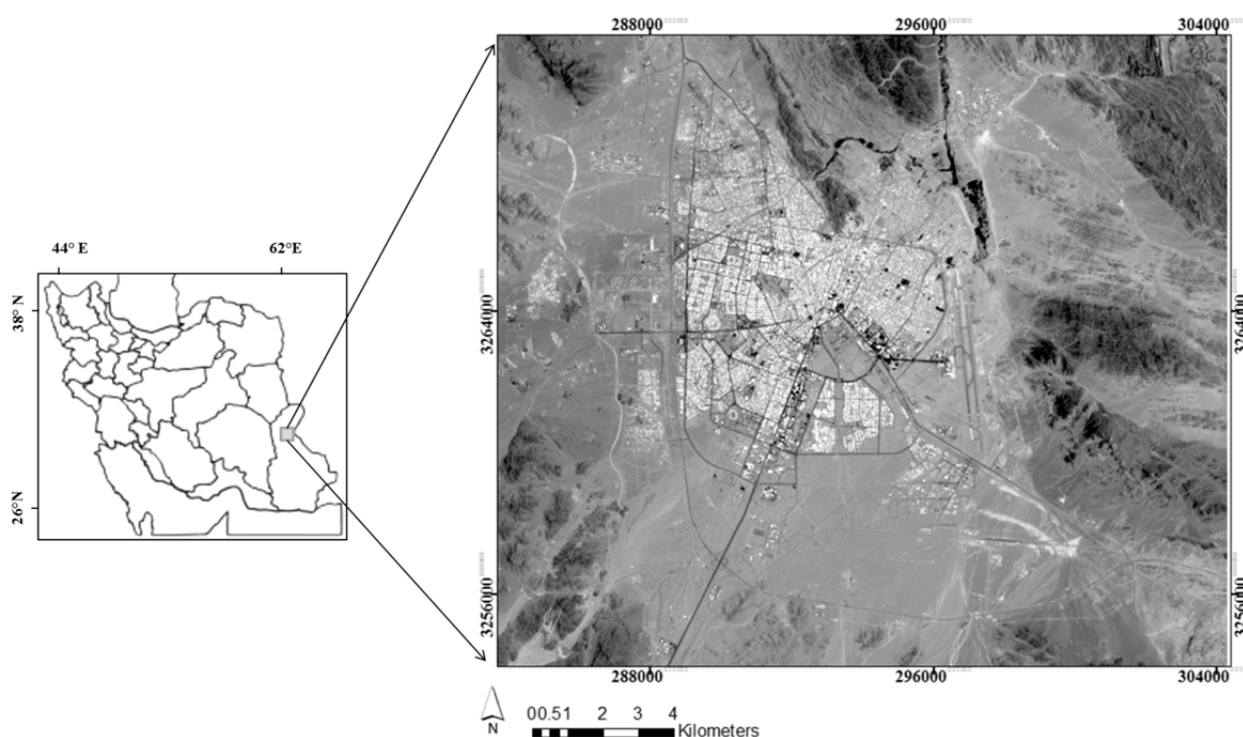
فتحی‌زاد و همکاران (۷) کارایی دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال (Maximum likelihood (ML)) و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فاز را در استخراج نقشه پوشش مرتعی مقایسه کردند. صحت‌سنجی دو روش به کمک ضریب کاپا نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فاز با ضریب ۰/۹۶ نسبت به الگوریتم ML با ضریب ۰/۸۱ دارای صحت بالاتری است. آنها نشان دادند که الگوریتم‌های سنتی طبقه‌بندی مانند روش‌های آماری به خاطرانعطاف‌پذیری پائین و انواع پارامتریک آن مانند روش ML به خاطر وابستگی به مدل آمارگوسی نمی‌توانند نتایج بهینه‌ای، در صورت نرمال نبودن نمونه‌های تعلیمی فراهم آورند. اصغری سراسکانرود و همکاران (۳) جهت به دست آوردن نقشه کاربری اراضی شهر زنجان با استفاده از تصویر ماهواره‌ای Sentinel-2 از الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه SVM، ML، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله از میانگین (Minimum Distance (MD))، سطوح موازی و فاصله ماهالانویس استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که طبقه‌بندی ML و MD با ضریب کاپای به ترتیب ۹۵/۰ درصد و ۸۵/۰ درصد از دقت قابل قبولی نسبت

شهرستان زاهدان مرکز استان سیستان و بلوچستان بوده و وسعتی معادل ۳۱۲۵۰ کیلومتر مربع دارد و در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد (شکل ۱). شهر زاهدان در ارتفاع ۱۳۷۸ متری از سطح دریا واقع شده است و طبق آخرین سرشماری، جمعیت شهرستان زاهدان تا سال ۱۳۹۵، ۵۶۰۷۲۵ نفر بوده است.

طبقه‌بندی نیاز دارند مانند روش‌های یادگیری ماشینی پیچیده و یا روش‌هایی که با تلفیق رویکردهای مختلف دستورالعمل پیچیده‌ای را دنبال می‌کنند پرهیز شده است. ضمن اینکه استفاده از روش طبقه‌بندی LCZ و مقایسه آن با روش‌های نظارت شده دیگر کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان سیستان و بلوچستان

Fig.1. Location of the study area in Iran and Sistan and Baluchestan Province

است. همه تصاویر مربوط به path و row به ترتیب ۱۵۷ و ۴۰ بوده و پس از تصحیح اتمسفری به روش FLAASH برای هشت روش طبقه‌بندی نظارت شده سخت به کار رفتند. شکل ۲ مراحل کار را نشان می‌دهد. این روش‌ها برخی پارامتریک و برخی ناپارامتریک هستند. روش‌های SVM (۶)، ARTMAP، فازی، شبکه عصبی مصنوعی (Multi-Layer Perceptron) و LCZ از روش‌های ناپارامتریک محسوب می‌شوند

روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده

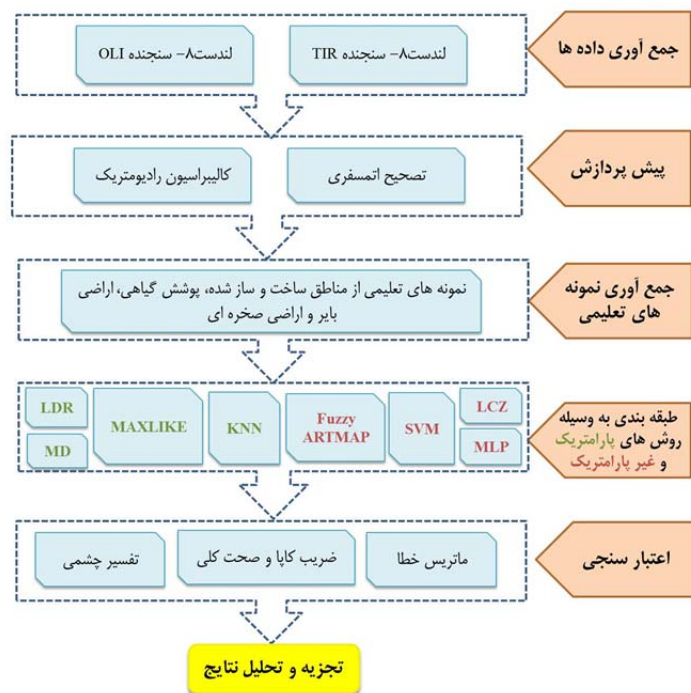
جهت طبقه‌بندی پوشش اراضی در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست هشت دانلود شده از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (<https://earthexplorer.usgs.gov>) مربوط به تاریخ‌های ۲۶/۶/۲۰۲۰، ۸/۷/۲۰۲۰، ۸/۷/۲۰۲۰ و ۲۲/۸/۲۰۲۰ استفاده شد. مدار این ماهواره در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته و تصاویر آن ۱۶ بیتی

زمانی طبقه‌بندی انجام شد. تعداد طبقات در این روش ۱۷ طبقه بوده که نقشه حاصله مجدد به ۴ طبقه مناطق ساخت و ساز شده، پوشش گیاهی، اراضی بایر و اراضی صخره‌ای جهت قابل مقایسه بودن با سایر روش‌های طبقه‌بندی شد. به این منظور طبقات اول تا دهم که نشان‌دهنده انواع مختلف ساختمان‌ها با طبقات مختلف و پس زمینه‌های متفاوت و همین‌طور مناطق صنعتی است، به عنوان مناطق ساخت و ساز شده، طبقات یازده تا چهارده که نشان‌دهنده انواع مختلف پوشش گیاهی است به عنوان پوشش گیاهی، طبقه پانزده به عنوان اراضی بایر و طبقه شانزده به عنوان اراضی صخره‌ای و سنگی طبقه‌بندی مجدد شدند. طبقه هفدهم که نشان‌دهنده پهنه‌های آبی است در منطقه مورد مطالعه ناچیز بوده و بنابراین از طبقه‌بندی کنار گذاشته شد. لازم به ذکر است که همه نمونه‌های تعلیمی در نظر گرفته شده به عنوان مناطق ساخت و ساز شده و پوشش گیاهی در سایر روش‌های طبقه‌بندی نیز استفاده شد.

و روش‌های MD, KNN, MAXLIKE, LDR از روش‌های پارامتریک هستند (۶).

همه طبقه‌بندی‌ها با به کارگیری باندهای یک تا هفت و باند ۱۱ و ۱۲ سنجنده های OLI و TIR ماهواره لندست هشت طبقه‌بندی انجام شد. برای روش LCZ از تمامی باندها و برای سایر روش‌ها از باندهای متناظر مربوط به سال‌های مختلف میانگین گرفته شد و میانگین آنها در طبقه‌بندی استفاده شد. از آنجائیکه روش‌های طبقه‌بندی مورد نظر، نظارت‌شده به شمار می‌روند، نیاز به نمونه‌های تعلیمی دارند. نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز با دقت بالا برای چهار طبقه مناطق ساخت و ساز شده، پوشش گیاهی، اراضی بایر و اراضی صخره‌ای در گوگل ارث تهیه شد و برای همه روش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. طبقه‌بندی LCZ در نرم افزار SAGA GIS و سایر روش‌های طبقه‌بندی در نرم‌افزار TerrSet انجام شد.

طبقه‌بندی به روش پهنه‌بندی محلی اقلیم (LCZ) با کمک الگوریتم طبقه‌بندی کننده RF (۴) و باندهای یک تا هفت و باند ۱۱ و ۱۲ ماهواره لندست هشت مربوط به چهار دوره



شکل ۲. مراحل روش تحقیق

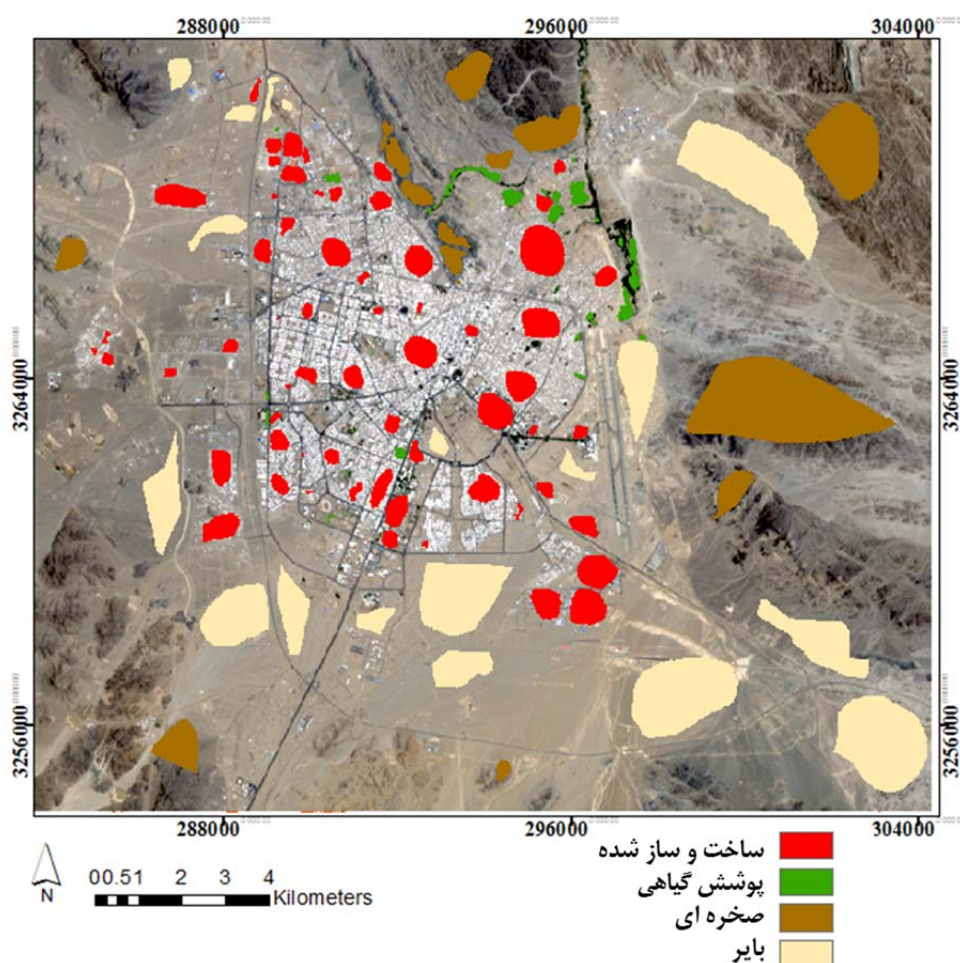
Fig. 2. Steps of research method

ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌ها

ارزیابی دقت پس از طبقه‌بندی به عنوان حیاتی‌ترین بخش اعتبارسنجی نقشه‌های LULC تولید شده توسط مدل‌ها در نظر گرفته شده است (۹ و ۱۳). در این مطالعه علاوه بر محاسبه ضریب کاپا، صحت کلی و صحت تولیدکننده و مصرف‌کننده نیز جهت مقایسه صحت طبقه‌بندی‌ها محاسبه شد. ۲۱۸ نقطه تصادفی برای صحت‌سنجی نتایج حاصل از طبقه‌بندی استفاده شد و طبقه نقاط نمونه با استفاده از Google Earth Pro تعیین شد. همچنین اعتبارسنجی نتایج طبقه‌بندی به روش تفسیرچشمی نیز با مقایسه با Google Earth Pro انجام شد.

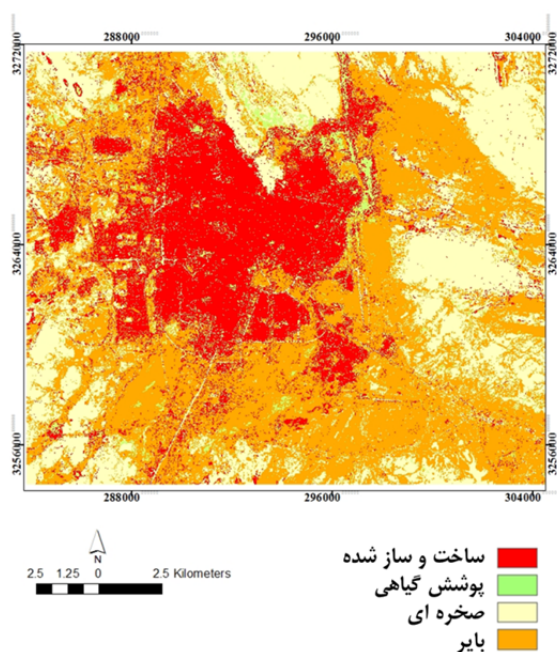
نتایج

نمونه‌های تعلیمی استفاده شده برای همه روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده مورد استفاده در این پژوهش در شکل ۳ نشان داده شده است. تعداد پیکسل‌ها در نمونه‌های تعلیمی برای طبقه مناطق ساخت و ساز شده ۱۳۱۱۸، پوشش گیاهی ۱۵۶۲، مناطق صخره‌ای ۱۶۲۸۰ و مناطق بایر ۲۷۷۷۳ عدد است. همان طوری که گفته شد جهت طبقه‌بندی از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ برای چهار دوره زمانی استفاده شده است که برای روش LCZ همه باندهای ۲ تا ۷ و باندهای ۱۱ و ۱۲ همه چهار دوره (جمعا ۳۲ تصویر) و برای سایر روش‌ها از باندهای متناظر میانگین گرفته شد و میانگین باندها برای طبقه‌بندی استفاده شد. شکل ۴ نتایج طبقه بندی و جدول ۱ نتایج صحت‌سنجی طبقه‌بندی انجام شده را نشان می‌دهد.

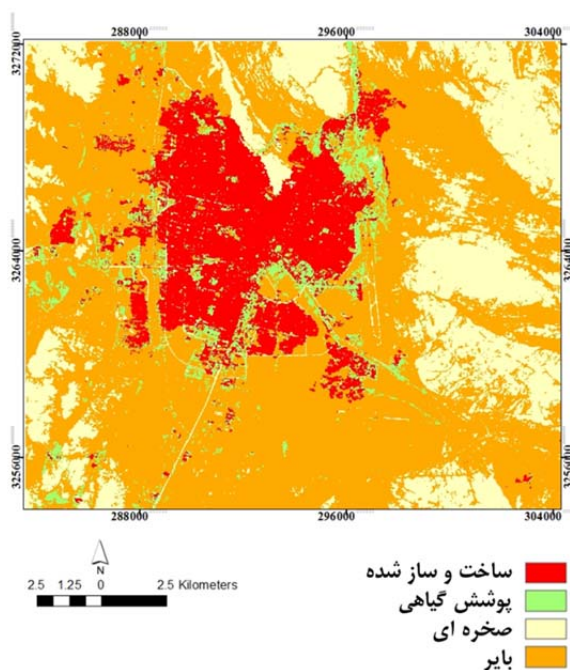


شکل ۳. نمونه های تعلیمی طبقات پوشش اراضی مورد نظر در پژوهش

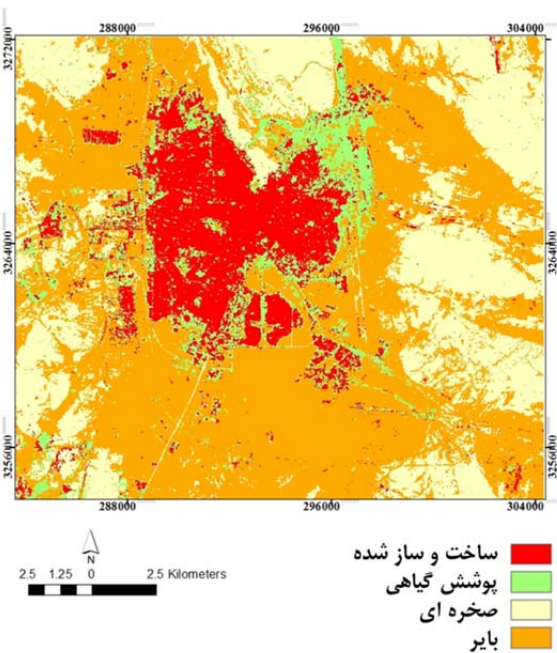
Fig. 3. Training areas of land cover classes in the study



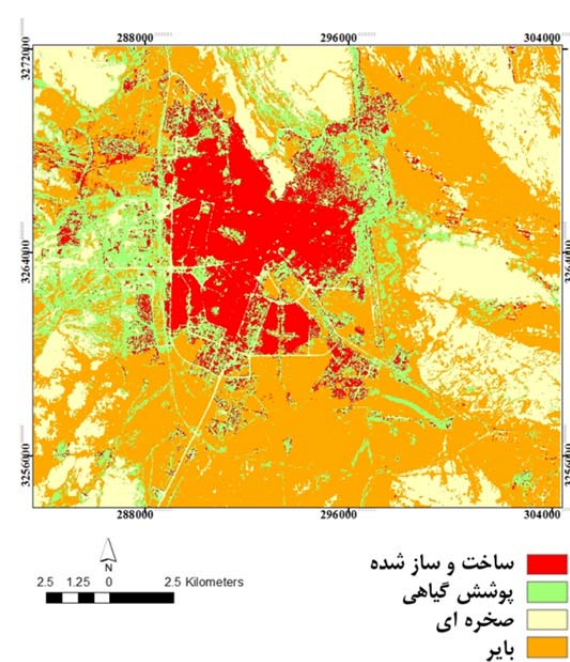
Fuzzy_Artmap



LDR



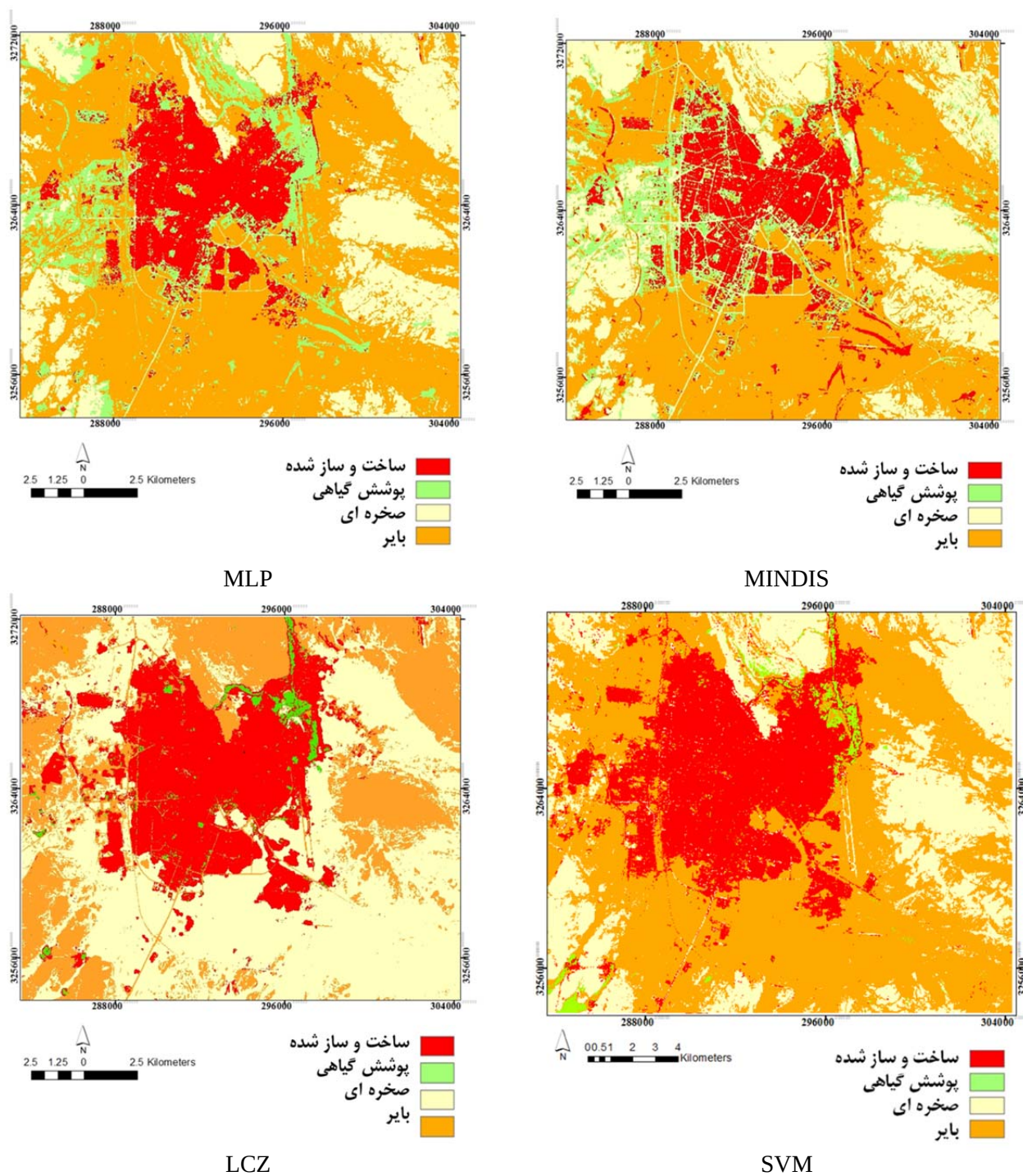
ML



KNN

شکل ۴. نتیجه طبقه‌بندی با الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

Fig. 4. The result of classification with different algorithms for classifying satellite images



ادامه شکل ۴. نتیجه طبقه‌بندی با الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

Fig. 4. The result of classification with different algorithms for classifying satellite images

جدول ۱. نتیجه صحت‌سنجی طبقه‌بندی با الگوریتم‌های مختلف

Table 1. The result of classification accuracy with different algorithms

SVM	MLP	MINDIS	MAXLIKE	KNN	fuzzy_Artmap	FISHER	LCZ	روش‌ها	
								آماره (%)	
۹۸/۱۱	۸۱/۱۳	۷۵/۴۷	۷۷/۳۶	۸۴/۹۱	۹۰/۵۷	۹۲/۴۵	۱۰۰	صحت تولیدکننده	ساخت و ساز شده
۸۵/۲۵	۹۷/۷۳	۹۷/۶	۹۷/۶۲	۹۵/۷۴	۷۸/۶۹	۹۶/۰۸	۸۸/۳۳	صحت مصرف‌کننده	
۵۲/۹۴	۸۸/۲۴	۲۳/۵۳	۱۰۰	۶۴/۷۱	۴۷/۰۶	۵۸/۸۲	۷۶/۴۷	صحت تولیدکننده	پوشش گیاهی
۷۵/۰۰	۴۶/۸۸	۱۷/۳۹	۵۱/۵۲	۲۸/۹۵	۳۸/۱۰	۶۶/۶۷	۱۰۰	صحت مصرف‌کننده	
۷۶/۳۶	۶۳/۶۴	۶۷/۲۷	۷۸/۱۸	۶۷/۲۷	۷۸/۱۸	۶۳/۶۴	۹۶/۳۶	صحت تولیدکننده	سنگ و صخره
۹۷/۶۷	۸۱/۴۰	۶۰/۶۶	۷۶/۷۹	۷۷/۰۸	۷۶/۶۳	۸۹/۷۴	۹۸/۱۵	صحت مصرف‌کننده	
۹۴/۶۲	۸۰/۶۵	۸۱/۷۲	۸۱/۷۲	۷۶/۳۴	۷۵/۲۷	۹۳/۵۵	۷۶/۴۷	صحت تولیدکننده	بایر
۸۶/۲۷	۷۵/۷۶	۸۱/۷۲	۸۷/۳۶	۸۳/۵۳	۸۵/۳۷	۷۶/۹۹	۱۰۰	صحت مصرف‌کننده	
۸۷/۶۱	۷۷/۰۶	۷۲/۰۲	۸۱/۱۹	۷۵/۲۳	۷۷/۵۲	۸۳/۰۳	۹۶/۳۰		صحت کلی
۰/۸۲	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۷۳	۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۹۵		کاپای کلی

بحث و نتیجه‌گیری

کمتری برخوردار است بر اساس تسو و ماتر (۲۳) این است که این تکنیک طبقه‌بندی با حجم نمونه بزرگ‌تر را نسبت به طبقه‌بندی با حجم نمونه کوچک‌تر، یعنی پیکسل‌های آموزشی کمتر، ترجیح می‌دهد. به همین ترتیب، مقدار k ممکن است بر تصمیم اختصاص دادن یک پیکسل به یک طبقه تأثیر بگذارد. همچنین روش ML به خاطر وابستگی به مدل آمارگوسی نمی‌تواند نتایج بهینه‌ای، در صورت نرمال نبودن نمونه‌های تعلیمی فراهم آورند (۷)، اما معمولاً توزیع داده‌های سنجش از دوری از نظر نرمال بودن بررسی نمی‌شود. این روش محدودیت تعداد طبقه و باند ندارد (حداکثر تعداد امضاها (علائم، نشانه‌ها) در این روش ۲۵۵ در محدوده ۱ - ۲۵۵ و حداکثر تعداد باندها ۶۴ می‌تواند باشد) و زمانی که نمونه‌های تعلیمی به خوبی تعریف شده باشند، خوب عمل می‌کند. با این حال، زمانی که آنها به خوبی تعریف نشده باشند، می‌تواند عملکرد بدی داشته باشد در این مواقع بهتر است از طبقه‌بندی MD استفاده شود (۶). با توجه به دقیق‌تر بودن نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی ML نسبت به طبقه‌بندی کننده MD می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های تعلیمی در این مطالعه به خوبی تعریف شده‌اند. بر اساس نتایج فتحی زاده و همکاران (۷)، روش فازی به علت ناپارامتریک بودن، نتایج بهتری را به دست

بر اساس نتایج به دست آمده طبقه‌بندی کننده LCZ با صحت کلی ۹۶ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۵ بالاترین صحت را دارد و پس از آن روش‌های SVM و فیشر با صحت کلی ۸۷/۶۱ و ۸۳/۰۳ و ضریب کاپای ۰/۸۲ و ۰/۷۵ قرار دارند. در بین طبقات مورد بررسی، طبقه مناطق ساخت و ساز شده در بین تمام طبقه‌بندی کننده‌ها با صحت تولیدکننده و کاربر بالاتری از سایر طبقات تفکیک شده است و پوشش گیاهی بیشترین دامنه تغییرات صحت تولیدکننده و مصرف‌کننده را در روش‌های طبقه‌بندی دارد (جدول ۱). چندین مطالعه گزارش کردند که صحت طبقه‌بندی در همه تکنیک‌های طبقه‌بندی یکسان نیستند (۱، ۲، ۵، ۱۷ و ۲۲). در این مطالعه نیز این تنوع در نتایج هشت طبقه‌بندی کننده دیده می‌شود (جدول ۱ و شکل ۴).

روش SVM که به عنوان یکی از روش‌های نسبتاً جدید در مطالعات مختلف به صحت بالای آن اشاره شده است (۱۵، ۱۷ و ۲۲) به دلیل توانایی آن در تعمیم خوب حتی با نمونه‌های آموزشی محدود، که یک محدودیت رایج برای کاربردهای سنجش از دور است مورد توجه قرار گرفته است (۱۶). از دلایلی که روش KNN نسبت به سایر روش‌ها از صحت

می‌دهند که در مطالعه حاضر نیز روش fuzzy_Artmap در همه طبقات به جز طبقه پوشش گیاهی به خوبی عمل کرده است. روش MLP که نسبت به سایر روش‌های استفاده شده در مطالعه حاضر از صحت کمتری برخوردار است در مطالعات دیگر (۲۰) برای طبقات پوشش اراضی جنگلی دارای صحت قابل قبول گزارش شده است، بنابراین نوع پوشش اراضی نیز در کارایی هر کدام از روش‌های طبقه‌بندی موثر است. به بیان دیگر بر اساس روحانی و همکاران (۱۹) تشابه رفتار طیفی پدیده‌ها منجر به مشکل شدن انجام طبقه‌بندی می‌شود که این مساله در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله منطقه مورد مطالعه جهت تفکیک اراضی بایر از مناطق ساخت و ساز شده نمود بیشتری دارد. چرا که بسیاری از مناطق ساخت و ساز شده حاشیه شهر در بستر خاک و با سقف‌هایی با مصالح طبیعی مشابه با زمینه بوده که تفاوت بازتاب واضحی در بسیاری از باندها ندارند، اما روش LCZ با تفکیک خرد اقلیم‌ها قادر به تشخیص مناطق بایر از مناطق ساخت و ساز شده است. بررسی چشمی بین روش‌های مختلف (شکل ۴) نشان می‌دهد که در روش LCZ مناطق ساخت و ساز شده را با یکپارچگی بالاتری نشان می‌دهد که با واقعیت زمینی (مقایسه با گوگل ارث) تطابق بالاتری دارد. یکی از دلایل صحت بالاتر این روش این است که کد محدوده‌های در نظر گرفته شده به عنوان نمونه‌های تعلیمی را تغییر نمی‌دهد، اما روش‌های دیگر اطلاعات استخراج شده از نمونه‌های تعلیمی را با الگوریتم‌های مختلف به کل منطقه و از جمله محل نمونه‌های تعلیمی تعمیم می‌دهند. بررسی نتیجه طبقه‌بندی کننده LCZ با گوگل ارث نشان داد که مرز مناطق ساخت و ساز شده کمی بیشتر از مقدار واقعی است. در این رابطه باید توجه داشت که در مطالعات محیط زیست مرز بین طبقات تا حدی فازی است، برای مثال مرز پوشش گیاهی را می‌توان تا مکانی که تحت تاثیر پوشش گیاهی است، قلمداد کرد. بنابراین برای مناطق ساخت و ساز شده نیز تا جایی که تحت تاثیر این مناطق است، را باید در نظر گرفت که در این رابطه مهم‌ترین مساله اثر مناطق ساخت و ساز شده بر خرد اقلیم است. بنابراین روش‌های مبتنی بر خرد

اقلیم، محدوده‌های تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی را بهتر می‌توانند نشان دهند.

بر اساس استاتاکیس و پراکس (۲۱) کاهش تعداد باندها به منظور کاهش پیچیدگی و بهبود دقت طبقه‌بندی ضروری است که احتمالاً به عنوان یکی از موانع طبقه‌بندی کننده‌ها محسوب می‌شود، از این رو در این مطالعه با در نظر گرفتن این مساله و همین طور جهت قابل مقایسه بودن همه روش‌ها با هم از میانگین باندهای متناظر برای انواع روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد اما روش LCZ این محدودیت را نداشته و برای اجرای این روش طبقه‌بندی از تمام باندها (بدون میانگین گرفتن) استفاده شد که از مزیت‌های دیگر این روش است.

قدر مسلم هر چه تعداد نمونه‌های تعلیمی بیشتر باشد دقت طبقه‌بندی در همه روش‌ها بالاتر می‌رود. اما هدف این مطالعه مقایسه صحت طبقه‌بندی‌ها بر اساس نمونه‌های تعلیمی یکسان بوده و نه الزاماً بالابردن صحت طبقه‌بندی و بنابراین این مقدار نمونه تعلیمی نیز می‌تواند پاسخگوی جواب سوال تحقیق باشد. همچنین معرفی روشی سریع، راحت و در عین حال دقیق جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در بسیاری از مطالعات منابع طبیعی ضروری است، حال آنکه روش‌های تلفیقی و رویکردهای پیچیده بسیاری نیز در این رابطه جهت افزایش صحت طبقه‌بندی وجود دارد که انجام آنها به راحتی ممکن نیست. مهم‌ترین کاستی تحقیق حاضر در روش LCZ به دست آوردن نمونه‌های تعلیمی مناسب برای طبقات مختلف شهری بود که در صورتی که نقشه مناطق ساخت و ساز شده به تفکیک تعداد طبقات و همین طور اماکن صنعتی داخل و حاشیه شهر در دسترس بود، انجام روش مذکور با سرعت بالاتری امکان‌پذیر بود. با توجه به صحت بالا، کاربرد آسان و امکان استفاده از تعداد زیادی باند در روش LCZ نسبت به سایر روش‌های پارمتریک و ناپارمتریک به کار رفته در پژوهش حاضر، این روش برای مطالعات LU/LC خصوصاً در زمینه های منابع طبیعی پیشنهاد می‌شود، چرا که قادر است

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل رشد شهری توسعه یافته با SLEUTH-GA، مطالعه موردی: شهر زاهدان در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۰ است که با حمایت مالی دانشگاه زابل و کد پژوهانه IR-UOZ-GR-4956 به انجام رسیده است.

محدوده‌های تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی را با در نظر گرفتن خرد اقلیم‌های محلی بهتر نشان دهند.

تقدیر و تشکر

منابع مورد استفاده

1. Abedi R. 2021. Comparison of Parametric and Non-Parametric Techniques to Accurate Classification of Forest Attributes on Satellite Image Data. *Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)*. 5(4): 3229-3235. http://www.jess.ir/article_119977.html?lang=en (In Persian).
2. Alshari EA. Gawali B. 2021. Development of classification system for LULC using remote sensing and GIS. *Global Transitions Proceedings*. 2(1): 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.01.002>.
3. Asghari Saraskanrood S. khodabandelo B. Naseri A. Moradi A. 2019. Extracting Land Use Map based on a comparison between Pixel-Based and Object-Oriented Classification Methods Case Study: Zanjan City. *Geographical Data*. 28 (110): 195-208. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=686032>. (In Persian).
4. Bechtel B. Alexander P. Böhner J. Ching J. Conrad O. Feddema J. Mills G. See L. Stewart I. 2015. Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 4 (1): 199-219. doi: <http://doi.org/10.3390/ijgi4010199>
5. Dhingra S. Kumar D. 2019. A review of remotely sensed satellite image classification. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 9(3): 1720-1731. doi: <http://doi.org/10.11591/ijece.v9i3>.
6. Estman JR. 2020. Geospatial Monitoring and Modeling software, version 19: Clark Labs at Clark University. pp 397.
7. Fathi Zad H. Fallah Shamsi R. Mahdavi A. Arekhi S. 2015. Comparison of two classification methods of maximum probability and artificial neural network of fuzzy Art map in making Range land cover maps (case study: Range land area of Doviraj area, Dehloran). *Iranian journal of Range and Desert Research*. 22(1), 59-72. doi:
8. Hastie T, Tibshirani R, Friedman J. 2001. *The Elements of Statistical Learning*. 2nd Edition: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer-Verlag; New York. pp200.
9. Hurskainen P. Adhikari H. Siljander M. Pellikka PKE. Hemp A. 2019. Auxiliary datasets improve accuracy of object-based land use/land cover classification in heterogeneous savanna landscapes. *Remote Sensing of Environment*. 233: 111354. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111354>.
10. Latifovic R. Olthof I. 2004. Accuracy assessment using sub-pixel fractional error matrices of global land cover products derived from satellite data. *Remote Sensing of Environment*. 90: 153-165. doi: <http://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.016>.
11. Li Y. Zhang H. Xue X. Jiang Y. Shen Q. 2018. Deep learning for remote sensing image classification: A survey. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*. 8(6): e1264. doi: <http://doi.org/10.1002/widm.1264>.
12. Liu Y. Zhang HH. Wu Y. 2011. Hard or Soft Classification? Large-margin Unified Machines. *Journal of the American Statistical Association*. 106(493): 166-177. <https://doi.org/10.1198/jasa.2011.tm10319>.
13. Manandhar R. Odeh I.O. Ancev T. 2009. Improving the accuracy of land use and land cover classification of Landsat data using post-classification enhancement. *Remote Sensing*. 1(3): 330-344. doi: <https://doi.org/10.3390/rs1030330>.
14. Maxwell AE. Warner T.A. Fang F. 2018. Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International Journal of Remote Sensing*. 30 (9): 2784-2817. doi: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1433343>.
15. Mohan Rajan SN, Loganathan A. Manoharan P. 2020. Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and Challenges. *Environ Sci Pollut Res*. 27: 29900-29926 (2020). doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09091-7>.

16. Mountrakis G. Im J. Ogole C. 2011. Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(3):247-59. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001>.
17. Mukherjee A. Kumar A. A. Ramachandran P. 2021. Development of New Index-Based Methodology for Extraction of Built-Up Area From Landsat7 Imagery: Comparison of Performance With SVM, ANN, and Existing Indices. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 59(2): 1592-1603. doi: <http://doi.org/10.1109/TGRS.2020.2996777>.
18. Pal S. Talukdar S. 2018. Assessing the role of hydrological modifications on land use/land cover dynamics in Punarbhaba river basin of Indo-Bangladesh. *Environ. Environment, development and sustainability* 22 (1): 363–382. doi: <http://doi.org/10.1007/s10668-018-0205-0>.
19. Rohani N. Moradi Faraj A. Mojaradi B. Rajaei T. Jabbari E. 2021. Investigation of land use change in Qom province along with climatic parameters using satellite remote sensing technology. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 12(4): 28-46. doi: <http://doi.org/> doi: <http://doi.org/> (In Persian).
20. Salmanmahiny A, Erfani M, Daneshkar A, Etemad V. 2021. Image texture indices and trend analysis for forest disturbance assessment under wood harvest regimes. *Journal of Forestry Research* 32(10): 579–587 (2021). doi: <http://doi.org/10.1007/s11676-020-01117-7>
21. Stathakis D. Perakis J. 2007. Feature Evolution for Classification of Remotely Sensed Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 4(3): 354-358. doi: <http://doi.org/10.1109/LGRS.2007.895285>.
22. Talukdar S. Singha P. Mahato S. Shahfahad Pal S. Liou Y.A. Rahman A. 2020. Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations-A Review. *Remote Sensing*. 12: 1135. doi: <http://doi.org/10.3390/rs12071135>.
23. Tso B. Mather P. M. 2001. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*: New York. Taylor and Francis. 114-121. doi: <http://dx.doi.org/10.4324/9780203303566>
24. Wang J. Shen X. Liu Y. 2008. Probability estimation for large-margin classifiers. *Biometrika*. 95:149–167. doi: <https://doi.org/10.1093/biomet/asm077>.
25. Wang W. Tran D. Feiszli M. 2020. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2020, pp. 12695-12705. doi: <http://doi.org/>
26. Wu L. Zhu X. Lawes R. Dunkerley D. Zhang H. 2019. Comparison of machine learning algorithms for classification of LiDAR points for characterization of canola canopy structure. *International Journal of Remote Sensing*. 40 (15): 5973–5991. doi: <http://doi.org/10.1080/01431161.2019.1584929>.
27. Yang C. Wu G. Ding K. Shi T. Li Q. Wang J. 2017. Improving land use/land cover classification by integrating pixel unmixing and decision tree methods. *Remote Sensing*. 9 (12): 1222. doi: <https://doi.org/10.3390/rs9121222>.



Efficiency assessment of micro-climate change in land cover distinguishing compared to some supervised classification techniques for an arid urban environment

Najmeh Satari¹, Malihe Erfani^{2*}, Fatemeh Jahanishakib³

Received: 2022-01-30 / Accepted: 2022-03-29 / Published: 2023-05-22

Abstract

The distinction between barren and build-up areas is one of the most important issues in land use/land cover mapping in arid and semi-arid climates. In this regard, many researchers have tried to increase the accuracy of classification using different methods that, some of which are complex and time-consuming. Therefore, the present study conducted aimed to apply micro-climate change through the implementation of Local Climate Zoning (LCZ) algorithm in land use identification with emphasis on the separation of build-up areas in one of the arid cities of Iran, and the efficiency of the method by investigation the classification accuracy was compared with various supervised methods including maximum likelihood, minimum distance, Fisher, KNN, fuzzy, artificial neural network and support vector machine. The study area is Zahedan city, which has a very significant growth of build-up areas in recent decades. For this purpose, four periods of Landsat satellite images year 2020 were used. Training samples were extracted from Google Earth and the validation of the

classification results was performed using 218 random points. The accuracy results showed that the use of LCZ algorithm with overall accuracy and kappa coefficient of 96.33% and 0.95, respectively is the highest and then the support vector machine and Fisher methods with overall accuracy of 86.61 and 83.03 and kappa coefficient of 0.82 and 0.75, respectively. Therefore, for land use / land cover studies, the LCZ method that considers the micro-climate, is proposed.

Background and Objective

Rapid and uncontrolled population growth combined with economic and industrial development has multiplied land use change / land cover (LU/LC) rates several times, especially in developing countries in the later Twentieth Century and Early Twenty-First Century. Quantitative evaluation of LULC changes is one of the most effective tools for understanding and managing the land change management, and in this regard, the use of satellite imagery and remote sensing techniques has many applications. The history of using different classification methods is as old as satellite images. Land use classification techniques have been developed since 1950 and continue to this day. Land use classification was initially manual until the advent of technology and revolution in artificial intelligence algorithms, classification processes became numerical and digital. Which contains a list of all the traditional and modern methods used in land classification. Due to the multiplicity of methods for classifying satellite images, there is a need to examine the accuracy of different algorithms for LU/LC mapping to identify the best classifier for different applications. The distinction between barren and build-up areas is one of the most important issues in land use/land cover mapping in arid

Najmeh Satari¹, Malihe Erfani^{2*}(✉), Fatemeh Jahanishakib³

1. Masters student, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Iran

2. Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran

3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.

DOI: 10.30495/girs.2023.689922

e-mail: maliheerfani@uoz.ac.ir

and semi-arid climates. In this regard, many researchers have tried to increase the accuracy of classification using different methods that, some of which are complex and time-consuming. Therefore, the present study conducted aimed to apply micro-climate change through the implementation of Local Climate Zoning (LCZ) algorithm in land use identification with emphasis on the separation of build-up areas in one of the arid cities of Iran, and the efficiency of the method by investigation the classification accuracy was compared with various supervised methods including maximum likelihood, minimum distance, Fisher, KNN, fuzzy, artificial neural network and support vector machine.

Materials and Methods

The study area is Zahedan city, which has a very significant growth of build-up areas in recent decades. This city is the capital of Sistan and Baluchestan province and has an area of 31,250 square kilometers. Zahedan city is located at an altitude of 1378 meters above sea level and according to the latest census, the population of Zahedan city was 560725 people until 2016. In order to classify land cover in this study, Landsat 8 satellite images were used that downloaded from the website of the United States Geological Survey related to the dates of June 26, 202, July 8, 2020, August 7, 2020, and August 22, 2020, related to path and row 157 and 40, respectively. All satellite images were applied to eight supervised classification methods after atmospheric correction. These methods are some parametric and some non-parametric. SVM, fuzzy ARTMAP, ANN and LCZ methods are non-parametric methods and maximum likelihood, KNN, minimum distance and Fisher methods are parametric methods. All classifications were performed using satellite bands one to seven and bands 11 and 12 of OLI and TIR sensors of Landsat satellite. Training samples were extracted from Google Earth pro and the accuracy of the classification results was performed using 218 random points and measurement of kappa coefficient, overall accuracy and accuracy of producer and consumer.

Results and Discussion

Several studies have reported that classification accuracy is not the same in all classification techniques. This study also showed this diversity in the results of the eight hard supervised classifiers. The accuracy results showed that the use of LCZ algorithm with overall accuracy and kappa coefficient of 96.33% and 0.95, respectively is the highest and then the support vector machine and Fisher methods with overall accuracy of 86.61 and 83.03 and kappa coefficient of 0.82 and 0.75, respectively. Among the studied classes,

the class of build-up areas is distinguished with higher producer and user accuracy from other classes among all classifiers, and vegetation class has the highest range of changes in producer and consumer accuracy in studied methods. The similarity of the spectral behavior of the features leads to the difficulty of classification, which is more evident in arid and semi-arid regions, including the study area to separate barren lands from built-up areas. Many of the build-up areas are in the soil bed and with roofs with natural materials similar to the background that do not have a clear reflection difference in many bands, but the LCZ method is able to identify barren and build-up areas by subdivision of micro climates. A visual survey of the different methods showed that the LCZ method shows the built-in areas with higher integrity, which is more in line with ground reality (compared to Google Earth). One of the reasons for the higher accuracy of this method is that it does not change the code of the areas considered as training samples, but other methods transfer the information extracted from the training samples with different algorithms to the whole region, including the location of the training samples. A comparison of the result of the LCZ classifier with Google Earth showed that the boundary of the build-up areas is slightly larger than the actual boundary, and the LCZ technique considers the build-up areas as far as it is affected. Therefore, micro-climate-based methods are able to show the areas affected by human activities better than other methods. Some researchers have emphasized reducing the number of bands in order to reduce the complexity and improve the classification accuracy, so the number of bands can be considered as one of the limitation of satellite images classifications. In the present study, considering this issue and also for comparability of all methods, the same bands averages were used for various methods of classifying satellite images, but the LCZ method did not have this limitation and to implement this classification method all mentioned bands were used (without averaging), which is another advantage of this method.

Conclusion

Among the studied eight supervised classification methods in the present study, the LCZ method had the highest accuracy. Due to its high accuracy, easy application, considering the micro-climate of local climates, and the possibility of using many bands in the LCZ method, this method is recommended for LU / LC studies, especially in arid and semi-arid regions.

Keywords: Micro-climate, Hard classification, Remote Sensing, Arid and semi-arid areas, Feature extraction