



ارزیابی کارایی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی شهر ملایر

صادق ناجی دومیرانی^{۱*}، پرویز ضیائیان فیروزآبادی^۲، سمیرا بخشی^۲، فریبا دولت‌یار^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه خوارزمی تهران

۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه خوارزمی تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، موسسه آموزشی عالی ابان هراز

چکیده :

امروزه داده‌های سنجش از دور قادر به ارائه جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش زمین و کاربری‌های اراضی می‌باشند. و بسیاری از الگوریتم‌ها برای تهیه طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری اراضی توسعه یافته‌اند. نقشه کاربری اراضی یکی از فاکتورهای اساسی در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت محیط زیست می‌باشد. در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند بیشترین نقش را در این فرآیند ایفا نماید. امروزه، بر پایه پیشرفت‌های تکنولوژی حاصله در قلمرو سنجش از راه دور، می‌توان تصاویر ماهواره‌ای را به منظور بررسی دقیق تر تغییرات کاربری پردازش و نتایج نهایی را به طور مصور ارائه نمود. هدف از این پژوهش بررسی کارایی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تهیه نقشه کاربری اراضی است. ماشین بردار پشتیبان یکی از الگوریتم‌های طبقه بندی نظارت شده یادگیری ماشینی هستند که در زمینه سنجش از دور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. طبقه‌بندی با استفاده از روش ماشین‌های بردار پشتیبان، بصورت خودکار و با استفاده از چهار نوع کرنل خطی، چندجمله‌ای، شعاعی و حلقوی برای شهر ملایر اجرا شده است. عملیات پیش پردازش (تصحیحات هندسی و اتمسفری) بر روی تصاویر اعمال گردید. به منظور ارزیابی دقت چهار کرنل مذکور، از پارامترهای ضریب کاپا و دقت کلی استفاده گردید. نتایج مقایسه روش‌های مورد استفاده در پژوهش دقت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با چهار کرنل، خطی، شعاعی، چندجمله‌ای و حلقوی به ترتیب ۸۹٪، ۸۸٪، ۸۷٪ محاسبه گردیدند. این مطالعه کارایی و قابلیت مطلوب تر الگوریتم ماشین بردار پشتیبان را با کرنل خطی با دقت کلی ۹۰٪ و با ضریب کاپا ۰/۸۷ در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور در مقایسه با کرنل‌های دیگر را تأیید می‌نماید.

واژه‌های کلیدی : سنجش از دور، ماشین بردار پشتیبان، ضریب کاپا، دقت کلی، کاربری اراضی

۱- مقدمه

کاربری و پوشش اراضی توصیف نوع بهره‌برداری انسان برای یک یا چند هدف بر روی یک قطعه زمین است [۱۱]. آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های مختلف نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه بوده و از این اطلاعات پایه در ارزیابی منابع، قابلیت اراضی، خاکشناسی، پوشش گیاهی، فرسایش و رسوب، شناخت توان و استعداد اراضی، مرتعداری، جنگلداری، محیط زیست، آمایش سرزمین و در کل برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان استفاده می‌شود [۲۱ و ۳]. تهیه یک نقشه کاربری صحیح و دقیق و استفاده از روشی مناسب امروزه تبدیل به موضوعی کلیدی شده و اخیراً نیز با توسعه روشهای جدید طبقه‌بندی تصویر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است [۲۰، ۲۱ و ۲۳]. طبقه‌بندی تصویر رایج ترین روش کاربردی در تهیه نقشه‌های توزیع مکانی کاربری اراضی و پوشش زمین است [۲۴]. تاکنون روشهای طبقه‌بندی بسیاری برای طبقه‌بندی یک تصویر سنجش از دوری توسعه یافته‌اند، که مروری جامع از این روشها در لو و ونگ (۲۰۰۷) ارائه شده است. در چند سال اخیر یک تکنیک جدید بر اساس تئوری یادگیری آماری با نام ماشین‌های بردار پشتیبان^۱ جهت طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور مورد استفاده واقع شده است [۲۸ و ۱۷].

۲- پیشینه تحقیق

کندوبی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی پیرامون تنوع و بیوماس، از تصاویر آیکنوس برای مدل سازی و پیش بینی این پدیده استفاده کردند. آن‌ها ۶ روش مختلف طبقه بندی را با همدیگر مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که روش ماشین بردار پشتیبان بالاترین رتبه را میان سایر الگوریتم های بکار رفته دارا است [۱۹]. مونتراکیس و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی به بررسی روش ماشین بردار پشتیبان پرداختند و تحقیقات انجام گرفته در این حوزه را در قالب هدف استفاده، آشکارسازی اهداف ایستا و پویا، قدرت تفکیک مکانی و طیفی تصاویر، نوع تصاویر و حیطه‌های کاربرد این روش، طبقه‌بندی کردند [۲۵]. نیک نژاد و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای اقدام به مقایسه الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه جنگل در جنگلهای بیوره استان ایلام نمودند که نتایج نشان داد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش های دیگر با ضریب کاپای (۰/۷۰) و صحت کلی (۸۸/۶۵) درصد دارای دقت بالاتری است [۲۶]. آرخی و ادیب نژاد، به ارزیابی کارایی دو روش پارامتریک و غیرپارامتریک جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی حوضه سد ایلام پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان به خصوص سه کرنل خطی، چند جمله‌ای و شعاعی (با دقت ۹۵٪) به عنوان روش ناپارامتریک نسبت به روش پارامتریک به کار رفته در این پژوهش (روش حداکثر احتمال) از نظر دقت کل (حدود ۱۰٪) و ضریب کاپا (۱۵٪) برتری دارد [۱]. گودرزی و همکاران در پژوهشی به مقایسه کارایی سه روش ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی و حداکثر احتمال برای تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد روش ماشین بردار پشتیبان در هر سه کرنل خود توانسته است بیشترین مقدار صحت کلی ۸۳/۴۲٪ را نسبت به دو روش دیگر ارائه کند [۸].

جمع بندی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تصاویر سنجش از دور از قابلیت بالایی برای استخراج نقشه‌های کاربری اراضی برخوردار بوده و در سراسر جهان توسط محققین برای ارزیابی کاربری و پوشش اراضی بکار گرفته می‌شود. هدف از این مطالعه انتخاب بهترین تکنیک طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج نقشه کاربری اراضی می‌باشد. تا به حال مطالعات اندکی با استفاده از روشهای مورد اشاره انجام شده است، لذا در این مطالعه از الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان با استفاده از چهار نوع کرنل خطی، چندجمله‌ای، شعاعی و حلقوی برای طبقه‌بندی پوشش اراضی شهر ملایر و

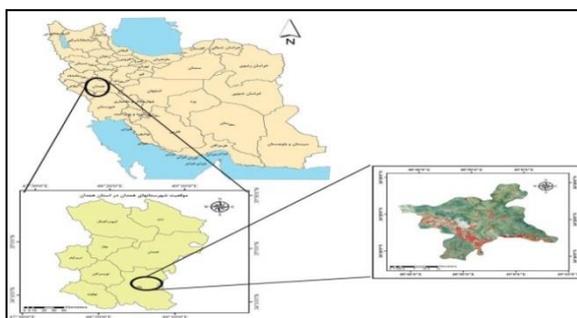
¹ SVM

با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنجنده تصویر بردار عملیاتی زمین موسوم به OLI¹ کسب شده در سال ۱۳۹۵ استفاده شده است.

۳- مواد و روش ها

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر ملایر در جنوب شرقی استان همدان و در غرب ایران قرار دارد. از نظر تقسیمات اداری-سیاسی مرکز شهرستان ملایر محسوب می شود. شهر در دامنه‌ی کوه‌های قصرقصر (۲۲۲۵ متر) و ارتفاعات سرد کوه (۲۷۵۷) متر گسترده شده است و در دره‌ای عمیق، طولانی و مستحکم در میان کوه‌های شمالی و شرقی انتهای دربند ازناو که بر عموم راه‌های منطقه مسلط است، ساخته شده است (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

۳-۲- داده‌های مورد استفاده

روش تحقیق در این پژوهش پیمایشی و تحلیلی است. در بخشی از پژوهش که مربوط به تعیین نمونه‌های تعلیمی و پرسش از وضعیت کاربری‌ها در طول زمان بود، از مشاهدات میدانی استفاده شد و کلیه مراحل مربوط به تصحیح، پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، تهیه‌ی نقشه‌ها توسط نرم افزارها انجام گرفت.

در این تحقیق از داده‌های تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست، مربوط به سال ۲۰۱۵ جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی (جدول ۱) و از گوگل ارث^۲ نیز جهت تعیین نقاط کنترل زمینی تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. با بررسی‌های انجام شده، برای محدوده مورد مطالعه پنج کاربری، اراضی ساخته شده، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مراتع و آب تعیین گردید. جهت بررسی و ارزیابی دقت طبقه‌بندی، از نمونه‌های تعلیمی که در فرآیند طبقه‌بندی دخالت داده نشده بودند، استفاده گردید.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده

فرمت	برداری تصویر تاریخ		ردیف/گذر	سنجنده	شماره لندست	ردیف
	میلادی	شمسی				
TIFF	2015-06-16		166/36	OLI	۸	۱

¹ Operational Land Imager

² Googel earth

۳-۳- پیش پردازش و آماده‌سازی تصویر

مرحله پیش پردازش داده‌ها یکی از مهم‌ترین مراحل در پردازش تصاویر است، چرا که تمامی محاسبات بعدی بر اساس تصویر تولیدی در این مرحله انجام می‌گیرد. نوع و نحوه انجام این عملیات بسته به عوامل مختلفی چون نوع داده‌های مورد استفاده و هدف تحقیق، متغیر خواهد بود. به منظور بررسی وجود و یا عدم وجود خطاهای هندسی و رادیومتری، بررسی کیفیت داده‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت.

به دلیل آنکه تصاویر سنجنده لندست ۸ به صورت زمین مرجع بوده و در مختصات جهانی با دقت مناسب عرضه و منتشر می‌گردند و در این تحقیق هدف ما بررسی تصاویر نسبت به یکدیگر بود از همان اطلاعات زمین مرجع موجود در تصاویر استفاده گردید. در مرحله بعد تصحیحات رادیومتری بر روی تصاویر انجام گرفت.

برای تصحیح رادیومتری در مرحله اول با استفاده از رابطه (۱) تبدیل مقدار عددی (DN) به تابندگی^۲ انجام شد:

$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه $LMAX_{\lambda}$ حد آستانه بالای بازتابندگی طیفی، $LMIN_{\lambda}$ حد آستانه پایین بازتابندگی طیفی، $QCAL$ مقدار عددی هر پیکسل، $QCALMAX$ بزرگترین مقدار ارزش پیکسل‌ها و $QCALMIN$ کوچکترین مقدار ارزش پیکسل‌ها است. در مرحله بعد با استفاده از رابطه (۲) مقادیر تابندگی به بازتابندگی در بالای جو^۳ انجام شده است.

$$P_{\lambda} = \pi \times L_{\lambda} \times \frac{d^2}{ESUN_{\lambda}} \times \cos\theta_s \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن P_{λ} بازتابندگی بالای جو، $ESUN_{\lambda}$ انرژی فرودی خورشید در بالای جو در طول موج معین، θ_s زاویه زینتی خورشید و d^2 مجذور فاصله زمین تا خورشید است. مقادیر $LMAX_{\lambda}$ و $LMIN_{\lambda}$ از فایل هدر استخراج شده، دیده می‌شود [۱۴].

داده‌های رقومی به دلیل فاصله بسیار دور از سطح زمین، تا حدود بسیار زیادی متأثر از اثرات اتمسفری، به ویژه اثرات پراکندگی اتمسفر در باند طیف مرئی هستند که ضرورت استفاده از تصحیح اتمسفری تصاویر سنجنش از دوری را ایجاد می‌کنند. در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم فلش، تصحیح شدند. مدل فلش یکی از اولین ابزارهای تصحیح اتمسفری است که طول موج‌هایی را از گستره مرئی تا ۳ میکرومتر پوشش می‌دهد. این مدل بیشتر روی تصاویر چندطیفی و فراطیفی اعمال می‌شود. این مدل می‌تواند تصویر را هم در هندسه دید قائم و هم در هندسه دید مایل از لحاظ تاثیرات اتمسفری تصحیح کند [۱۵].

۳-۴- پردازش تصویر

برای پردازش تصاویر از روش‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده کردیم. روش‌های طبقه‌بندی به دو دسته طبقه‌بندی نظارت شده (Supervised Classification) و نظارت نشده (Classification Unsupervised) تقسیم می‌شود. جهت طبقه‌بندی نظارت شده، الگوریتم‌های مختلفی وجود دارد که در تحقیق بسته به هدف، وضعیت کلاس طیفی و دقت مورد نظر از الگوریتم‌های گوناگونی استفاده می‌شود [۴]. در این پژوهش به منظور استخراج کلاس‌های پوشش زمین از روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان با چهار کرنل، خطی، شعاعی، چندجمله‌ای و حلقوی استفاده شد.

¹ Digital Number

² Radiance

³ Reflectance TOA

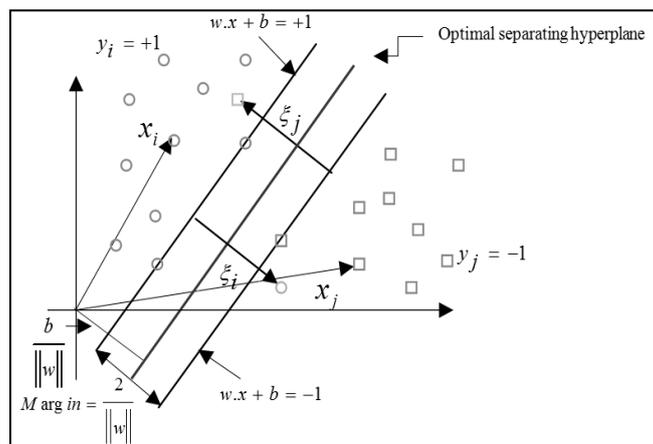
۳-۴-۱- ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان یک روش کلاسه‌بندی الگو است که اولین بار توسط وپنینگ معرفی شد [۱۲]. روش‌های طبقه‌بندی با نظارت به دو گروه پارامتریک و غیر پارامتریک تقسیم می‌شوند. مشکل اصلی روش‌های طبقه‌بندی پارامتریک، وابستگی آنها به توزیع آماری داده‌ها و تأثیر تعداد نمونه‌های آموزشی در برآورد این توزیع است [۱۶]. SVM یک روش طبقه‌بندی با نظارت بر مبنای نظریه یادگیری آماری می‌باشند. ایده اساسی این طبقه‌بندی کننده، یافتن یک ابر صفحه بهینه به عنوان سطح تصمیم‌گیری به گونه‌ای می‌باشد که حاشیه بین دو کلاس را بیشینه کند. در صورتی که داده‌ها به صورت خطی جدا پذیر نباشد، داده‌ها با کرنلی غیر خطی به فضای با ابعاد بالاتر منتقل می‌شود و ابر صفحه بهینه در آن فضا تعیین می‌شود [۶].

فرض کنید I داده‌های آموزشی موجود می‌باشد که هر یک با (x_i, y_i) نشان داده می‌شود، x_i بردار ویژگی n بعدی و $y_i \in \{-1, 1\}$ برچسب آن می‌باشد. هدف یافتن ابر صفحه است که دو کلاس با برچسب 1 و -1 را با بیشترین حاشیه از هم جدا کند. این ابر صفحه را می‌توان با رابطه (۱) بیان کرد.

$$w^T \phi(x) + b = 0 \quad (1)$$

در این رابطه، بردار وزن w ، برداری عمود بر ابر صفحه، b بردار بایاس می‌باشد که به منظور اندازه‌گیری فاصله ابر صفحه تا مبدأ استفاده می‌شود و $\phi(\cdot)$ کرنلی برای انتقال داده به فضای با ابعاد بالاتر می‌باشد (شکل (۲)).



شکل ۲: طبقه‌بندی داده‌هایی که به صورت خطی جدا پذیر نیستند، توسط ماشین‌های بردار پشتیبان [۶].

بیشینه نمودن حاشیه بین دو کلاس معادل کمینه کردن اندازه w می‌باشد که منجر به حل مسئله کمینه‌سازی رابطه (۲) می‌شود.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \left(\frac{1}{\gamma} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^k \xi_i \right) \\ & \text{Subject to : } y_i (w \phi(x_i) + b) > 1 - \xi_i \quad i = 1, \dots, k \end{aligned} \quad (2)$$

که پارامتر C ، پارامتر تنظیم در ماشین‌های بردار پشتیبان می‌باشد. به منظور در نظر گرفتن نوز موجود در داده و تداخل بین داده‌های آموزشی، از متغیر ξ_i استفاده می‌شود. وجود قید ضمانت می‌کند که داده‌ای در حاشیه قرار نمی‌گیرد. هر چند برای جلوگیری از بیش تطابق نمودن به داده‌های نویزی، این قید با متغیرهای ξ_i نرم شده است.

سطح تصمیم‌گیری بهینه با حل مسئله مقید (۲) بر مبنای روش لاگرانژ طبق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$f(x) = \sum_{x_i \in SV} y_i \alpha_i \phi(x_i) \cdot \phi(x) + b \quad (3)$$

α_i در این رابطه ضرایب لاگرانژ می‌باشد که در پروسه بهینه‌سازی محاسبه می‌شود، SV بردارهای پشتیبان هستند که ضریب لاگرانژ متناظر آن‌ها بزرگ‌تر از صفر است. این داده‌های آموزشی، نزدیک‌ترین نمونه‌ها به ابر صفحه هستند. همان‌طور که رابطه (۳) نشان می‌دهد، تنها بردارهای پشتیبان هستند که در مرحله آموزش شرکت می‌کنند. در نتیجه ماشین‌های بردار پشتیبان نیاز به تعداد نمونه آموزشی زیاد ندارند. در رابطه (۳)، ضرب داخلی بین دو کرنل نگاشت شده، می‌تواند با کرنل آن دو نمونه محاسبه گردد. از پرکاربردترین کرنل‌ها، کرنل گوسین و پلی‌نومیال هستند که به ترتیب با روابط (۴) و (۵) تعریف می‌شوند.

$$\phi(x_i, x) = e^{-\frac{\|x_i - x\|^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

$$\phi(x_i, x) = (x_i \cdot x + 1)^d \quad (5)$$

در این روابط، σ پارامتر کرنل گوسین و d متغیر کرنل پلی‌نومیال می‌باشد [۷].

به‌طور کلی SVM یک طبقه‌بندی‌کننده باینری و خطی است که با توسعه آن و استفاده از توابع کرنل، به‌عنوان یک طبقه‌بندی‌کننده چند کلاسی و غیر خطی نیز به کار می‌رود [۱۵]. در تحقیق حاضر، طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان چند کلاسی در محیط پردازش تصویر انوی انجام شد. انتخاب کرنل مهم‌ترین مسئله در اجرا و عملکرد طبقه‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان می‌باشد [۱۸].

۳-۵- ارزیابی دقت و صحت طبقه‌بندی

ارزیابی و بررسی نتایج طبقه‌بندی از مراحل مهم طبقه‌بندی محسوب می‌شود که نشان‌دهنده میزان صحت در طبقه‌بندی انجام گرفته است [۹]. یکی از متداول‌ترین روش‌های بیان دقت طبقه‌بندی، تهیه ماتریس خطای طبقه‌بندی است. ماتریس خطا رابط بین داده‌های مرجع شناخته شده (حقایق زمینی) و نتایج ذریبط یک طبقه‌بندی خودکار را به‌صورت رده به رده مقایسه می‌کند [۲۱]. مبنای ماتریس خطا پارامترهای متعددی است که برای بیان دقت استخراج می‌شود، معمولترین عامل‌های برآورد دقت شامل، دقت کل ۱، دقت تولیدکننده ۲، دقت کاربر ۳ و ضریب کاپا ۴ هستند [۲۲]. چوانگا و همکاران، بیان کرده‌اند که چنانچه صحت کلی و شاخص کاپا در نقشه‌های تولید شده بیش از ۷۰ درصد باشد، صحت نقشه‌های تولیدی قابل اعتماد است. پس از طبقه‌بندی تصاویر، فیلتر ماژوریتی به‌منظور حذف تک پیکسل‌ها و قطعات کوچک و بهبود کیفیت تصاویر طبقه‌بندی شده مورد استفاده قرار گرفت [۱۳].

۴- بحث و نتایج

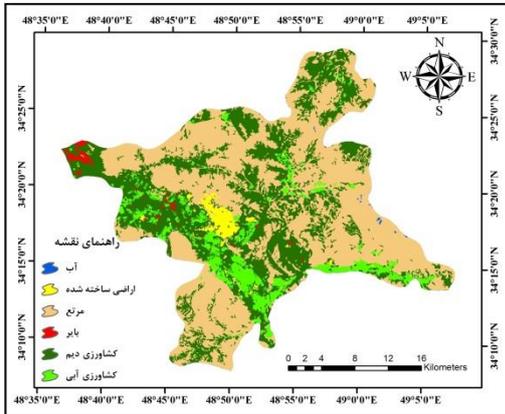
پس از تهیه تصویر ماهواره‌ای با استفاده از نقاط کنترل زمین، تصویر با خطایی حدود ۰/۴۲٪ زمین مرجع گردید. پس از آماده‌سازی تصویر، با استفاده از نمونه‌های تعلیمی جمع‌آوری شده از هر کاربری، تصویر با استفاده از چهار روش اشاره شده در بالا طبقه‌بندی گردید. جهت طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای OLI طبقه‌های پوشش زمینی در شش گروه تحت عنوان طبقه‌های اراضی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، اراضی بایر، آب و اراضی ساخته شده تعیین و سپس نمونه‌های تعلیمی به صورت تصادفی از سطح منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، طبقه‌های پوشش اراضی در محدوده مورد مطالعه وارد شد و تفکیک‌پذیری طبقه‌ها با معیار فاصله واگرایی تبدیل شده و با استفاده از خصوصیات آماری نمونه‌های تعلیمی مورد بررسی قرار گرفت (جدول (۲)). نسبت تفکیک‌پذیری از صفر الی ۲ بیان می‌شود، که صفر معادل

عدم تفکیک پذیری در کلاس‌ها و ۲ نشان دهنده تفکیک کامل کلاس‌ها می‌باشد. برای اجرا طبقه‌بندی مناسب و با دقت، باید میزان تفکیک پذیری از ۱/۸ بالاتر باشد [۲].

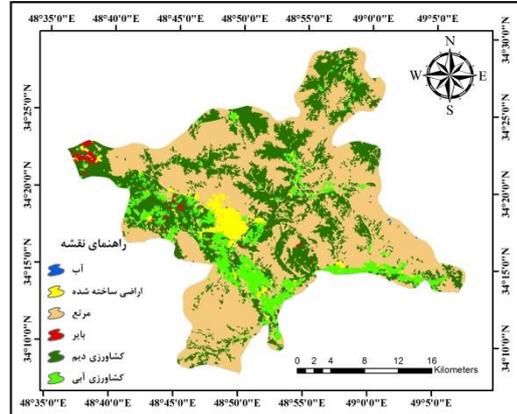
جدول ۲: میزان تفکیک پذیری طبقات کاربری اراضی با استفاده از شاخص واگرایی

کلاس	اراضی شهری	کشاورزی آبی	کشاورزی دیم	مرتع	اراضی بایر	آب
اراضی شهری	۲	-	-	-	-	-
کشاورزی آبی	۱/۹۹	۲	-	-	-	-
کشاورزی دیم	۱/۹۹	۱/۹۹	۲	-	-	-
مرتع	۱/۹۷	۱/۹۹	۱/۹۹	۲	-	-
اراضی بایر	۱/۹۴	۱/۹۹	۱/۹۴	۱/۹۹	۲	-
آب	۱/۹۸	۱/۹۹	۱/۹۹	۱/۹۸	۲	۲

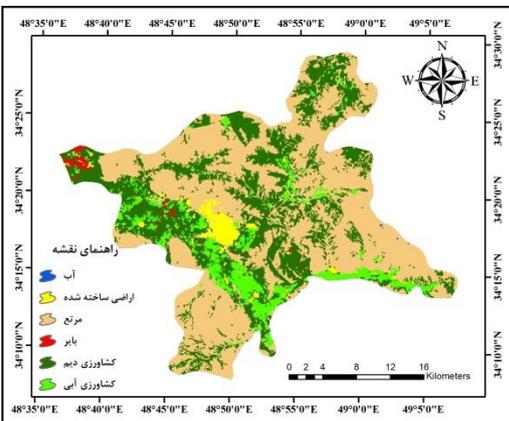
پس از مشخص نمودن میزان تفکیک پذیری طبقه‌ها، نسبت به طبقه‌بندی تصاویر سنجنده OLI با استفاده از روش ماشین‌های بردار پشتیبان، به صورت خودکار و با استفاده از چهار نوع کرنل خطی، چندجمله‌ای، شعاعی و حلقوی اقدام شد، بدین ترتیب نقشه پوشش اراضی بدست آمد (شکل‌های (۴، ۵، ۶)). در مرحله بعدی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و نمونه‌برداری تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه، عاملهای آماری ماتریس خطا، دقت کل و ضریب کاپا به شرح جدول (۳) استخراج گردید.



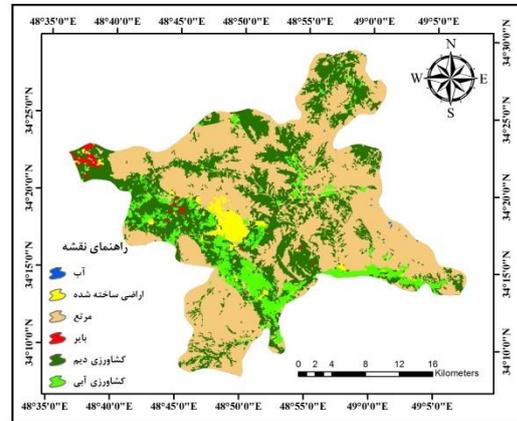
شکل ۴: ماشین بردار پشتیبان حلقوی



شکل ۳: ماشین بردار پشتیبان خطی



شکل ۶: ماشین بردار پشتیبان شعاعی



شکل ۵: ماشین بردار پشتیبان چندجمله‌ای

جدول ۳: نتایج پیاده‌سازی چهار کرنل بر روی تصویر انتخابی

نوع طبقه‌بندی	کرنل حلقوی	کرنل شعاعی	کرنل چند جمله ای	کرنل خطی
دقت کلی	٪۸۷	٪۸۹	٪۸۸	٪۹۰
ضریب کاپا	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۷

به طور کلی، تفاوت‌های مطلق دقت طبقه‌بندی در میان چهار روش طبقه‌بندی خیلی زیاد نیست.

در اینجا الگوریتم ماشین بردار با چهار کرنل نشان دادند که قابلیت تهیه نقشه‌های مطلوب را دارا می‌باشند که از این بین کرنل خطی عملکرد بهتر و دقیقتری در طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی نشان داد. لذا در مطالعات تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی شهر ملایر و مناطق نظیر آن توصیه می‌گردد از کرنل خطی در این ارتباط استفاده گردد. با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات مشابه بهتر است روش‌های مختلف طبقه‌بندی دیگری مورد آزمایش قرار گیرد و در مرحله بعد نتایج آنها مقایسه شده تا بهترین روش از طریق ارزیابی کیفی یا کمی تعیین گردد. با توجه به اینکه در این مطالعه از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست استفاده شده است، پیشنهاد می‌گردد مطالعاتی مشابه با این پژوهش بر روی سنجنده‌های دیگر و حتی ماهواره‌های دیگر صورت پذیرد تا معایب و مزایای هر کدام از این روش‌ها بهتر مشخص شود.

مراجع

- [۱] آرخی، صالح، ادیب نژاد، ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی الگوریتم‌های ماشین بردار جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره ای ETM لندست (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام)، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران.
- [۲] پیرنظر، مجتبی، ۱۳۹۴. راهنما نرم افزار ENVI و پردازش تصاویر ماهواره ای. انتشارات ناقوس. تهران. چاپ اول.
- [۳] رسولی، علی اکبر، ۱۳۸۷. مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌های. انتشارات دانشگاه تبریز، ۵۴۴ صفحه.
- [۴] شجاعیان، علی ۱۳۹۲. سنجش از دور و کاربرد آن در برنامه ریزی شهری، انتشارات نگاره نو.
- [۵] صفری، عبدالرضا، آوریده؛ حمیدرضا، همایونی، سعید، خزایی، صفا. ۱۳۹۳. ب. رآورد عمق آب‌های ساحلی به کمک سنجش از دور فراطیفی، نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره ششم، شماره ۱.
- [۶] صمدزادگان فرهاد، حسنی حدیثه سادات، تعیین ماشین‌های بردار پشتیبان بهینه در طبقه بندی تصاویر فرا طیفی بر مبنای الگوریتم ژنتیک، فصلنامه علمی- پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، سال چهارم، شماره‌های ۱۳ و ۱۴، پاییز و زمستان ۱۳۹۱ صفحه ۹ تا ۲۴.
- [۷] عصارزاده زهرا، منجمی سید امیر حسن، معلم پیمان، هاشمی سید مهدی، بهینه سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان مبتنی بر الگوریتم رقابت استعماری، دوازدهمین کنفرانس سیستم‌های هوشمند ایران، مجتمع آموزش عالی بم، بهمن ماه ۱۳۹۲
- [۸] گودرزی، عباسپور، احدنژاد، خاکباز؛ سعید، رحیم، وحید، باهره. ۱۳۹۱. مقایسه روش بردار پشتیبان با روشهای حداکثر احتمال و شبکه عصبی برای تفکیک واحدهای سن گشناسی، فصلنامه زمی شناسی ایران، سال ششم، شماره بیست و یکم.
- [۹] مالمیران، حمید، ۱۳۸۳. راهنمای تهیه نقشه‌های موضوعی از تصاویر ماهواره‌ای، انتشارات سازمان جغرافیای وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، تهران.

- [11] Baban SM, Wan Yusof K. 2001. Mapping land use/cover distribution on a mountainous tropical island using remote sensing and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10): 1909-1918.
- [12] Burges, C. J. (1998). A tutorial on support vector machines for pattern recognition. *Data mining and knowledge discovery*, 2(2), 121-167.
- [13] Chuanga, W., Lina, C., Chiena, C., & Choub, W. (2011). Application of markov-chain model for vegetation restoration assessment at landslide areas caused by a catastrophic earthquake in central Taiwan. *Ecological modeling*, 222, 835-845.
- [14] Department of the Interior U.S. Geological Survey LSDS. (2015). "Landsat 8 .Data Users Handbook-1574." USGS-Earth Resources Observation and Science: Sioux Falls, South Dakota, USA.
- [15] ENVI User's Guide, 2008, ENVI On-line Software User's Manual, ITT Visual Information Solutions.
- [16] G. F. Hughes, "On the mean accuracy of statistical pattern recognizers", *IEEE Transactions on Information Theory* 14 (1), 1968.
- [17] Hixon R, Ramirez MS, Villoch M. 1980. Aspects of morphometrics and reproduction of the squid *Ommastrephes pteropus* Steenstrup 1885 in the western Gulf of Mexico. *American Malacological Bulletin* Union, 46: 54-60.
- [18] Keuchel, J., Naumann, S., Heiler, M., and Siegmund, A., 2003, Automatic land cover analysis for Tenerife by supervised classification using remotely sensed data, *Remote Sens. Environ.*, 86, pp. 53–541.
- [19] Knudby A, LeDrew E, Brenning A. 2010. Predictive mapping of reef fish species richness, diversity and biomass in Zanzibar using IKONOS imagery and machine-learning techniques. *Remote Sensing of Environment*, 114(6): 1230-1241.
- [20] Lambin E, Jonckheere I, Muys B. 2001. Digital change detection methods in natural ecosystem monitoring: A review. In: *Proceedings of the First International Workshop on the Analysis of Multi temporal Remote Sensing Images: University of Trento, Italy, 13-14 September.*
- [21] Lillesand TM, Kiefer RW, Chipman JW. 2008. *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons Inc Press, New York. 804 pp.
- [22] Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques. *INT. J. REMOTE SENSING*, 20 JUNE, 2004, VOL. 25, NO. 12, 2365–2407.
- [23] Lu D, Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote sensing*, 28(5): 823-870.
- [24] Mathur A, Foody GM. 2008. Crop classification by support vector machine with intelligently selected training data for an operational application. *International Journal of Remote Sensing*, 29(8): 2227-2240.
- [25] Mountrakis, G., Im, J. and Ogole, C., 2011. Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 13, 247–259. - Murai, S., 1996. *Remote Sensing Note*, Japan Association of Remote Sensing.
- [26] Niknejad M, Mirzaei zadeh V, Heydari M. 2014. Comparing different classifications of satellite imagery in forest mapping (Case study: Zagros forests in Iran). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 8(7): 1407-1415.
- [27] Tso B, Mather PM. 2009. *Classification methods for remotely sensed data*, Taylor and Francis Group, LLC, CRC Press, New York. 376 pp.
- [28] Yao, X., Tham, Lg. and Dai, F.C., 2008. Landslide susceptibility mapping based on support vector machine: a case study on natural slopes of Hong Kong, China, *Geomorphology* 101, 572–582.