



بررسی عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر (مطالعه موردی: زیرحوزه بهشت آباد)

آرش فاضلی فارسانی^{۱*}، رضا قضاوی^۲، محمدرضا فرزانه^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه کاشان

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

۳. دانشجوی دکتری منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۶ اردیبهشت ۱۳۹۳

پذیرش: ۳ آذر ۱۳۹۳

دسترسی اینترنتی: ۲۰ خرداد ۱۳۹۴

واژه‌های کلیدی:

طبقه‌بندی کاربری اراضی

تکنیک تلفیق تصاویر

لندست ۸

سنجش از دور

سامانه اطلاعات جغرافیایی

چکیده

طی چند دهه اخیر، تغییر کاربری اراضی تحت اثر عوامل محیطی و انسانی سبب بروز اثرات جدی بر محیط زیست، اقتصاد و اجتماع شده است. بنابراین داشتن اطلاع از نوع استفاده از اراضی و تغییرات آن در طی زمان از موارد مهم در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در کشور است. یکی از کاربردهای تکنیک تلفیق تصاویر ارائه یک طبقه‌بندی دقیق‌تر می‌باشد که به عنوان ابزاری نوین در استخراج اطلاعات مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از ادغام داده‌ها افزایش کیفیت و محتوای اطلاعات موجود در هر یک از داده‌های اولیه است تا به این وسیله بتوان به استنتاج‌های ویژه‌ای دست یافت. در این تحقیق با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ و استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به کمک تکنیک‌های ادغام تصاویر و معیارهای ارزیابی صحت، عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی مورد مطالعه که شامل ماشین بردار پشتیبان، بیشترین شباهت و شبکه عصبی می‌باشد، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت تصاویر ادغام شده نشان می‌دهد که تکنیک Gram-Schmidt بیشترین دقت را در حفظ بیشتر داده‌های اولیه و بارسازی بهتر تصاویر نسبت به سه روش مورد مطالعه دارد. با توجه به طبقه‌بندی صورت گرفته بر روی این تصاویر، روش Maximum Likelihood بیشترین تأثیر را در افزایش دقت طبقه‌بندی بر روی الگوریتم‌های Gram-Schmidt و PC_Sharpned داشته است. به طور کلی افزایش دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی با لحاظ تکنیک‌های ادغام تصاویر نسبت به طبقه‌بندی صورت گرفته بر روی داده‌های چندطیفی اولیه مشاهده می‌شود.

*arash5511@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

در دنیای پیشرفته امروزی، سنجش از دور به عنوان یکی از مهم‌ترین و عمده‌ترین منابع داده‌های مکانی و موضوعی قلمداد می‌شود. وجود انواع زمینه‌های کاربردی و علمی سنجش از دور، آن را به عنوان یک ابزار قوی و کارآمد برای تولید داده‌های مکانی تبدیل نموده است (۹). در سال‌های اخیر با توجه به گسترش روزافزون کاربردهای مختلف داده‌های سنجش از دور، برداشت این نوع از داده‌ها از رشد چشم‌گیری برخوردار بوده است (۸).

کاربری اراضی نمونه‌ای از تأثیرگذاری انسان بر محیط است، لذا به منظور برنامه‌ریزی و کنترل زمین و تحولات آن لازم است عوامل تأثیرگذار بر آن را شناسایی و ارزشیابی نمود (۱۶). در طی چند دهه اخیر، تغییر کاربری اراضی تحت اثر عوامل محیطی و انسانی سبب بروز اثرات جدی بر محیط زیست، اقتصاد و اجتماع شده است. بنابراین داشتن اطلاع از نوع استفاده از اراضی و تغییرات آن در طی زمان از موارد مهم در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در کشور است (۱۰).

در حال حاضر، نقشه‌های پوشش زمینی از مقیاس‌های بومی به مقیاس‌های ملی و جهانی در حال توسعه می‌باشد. از دهه ۱۹۴۰ از عکس‌های هوایی پانکروماتیک با مقیاس متوسط برای تهیه نقشه کاربری استفاده می‌شد، اما در سال‌های اخیر برای نقشه‌برداری از کاربری اراضی و پوشش زمینی، از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی کوچک مقیاس استفاده می‌گردد (۲ و ۱۴). استفاده از روش‌های سنتی جهت بررسی تغییرات و تبدیلات کاربری اراضی مثل نقشه‌برداری زمینی، عموماً وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد و نیاز به مهارت‌های خاص دارد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل اشراف کلی بر پدیده‌ها و منابع زمین و ثبت ویژگی پدیده‌ها و گرفتن اطلاعات لازم از آن‌ها توسط موج‌ها و یا طیف‌های الکترومغناطیسی یا انعکاس پدیده‌ها توسط سنجنده‌ها و در نهایت تجزیه و تحلیل توسط سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای کامپیوتری در سراسر جهان با استقبال زیادی روبرو شده است (۶).

ماهواره‌ها داده‌های ارزشمندی در مورد کره زمین ارائه می‌کنند. به عنوان مثال می‌توان نظارت بر محیط زیست،

پیش‌بینی آب و هوا، نقشه‌برداری و اطلاعات نظامی را نام برد (۱۳ و ۱۹). سنجنده تعدادی از ماهواره‌ها قادر به دریافت اطلاعات از سطح زمین و عوارض موجود روی آن در باندهای مرئی و مادون قرمز هستند که با توجه به توانایی این سیستم‌ها در مشاهده چندین باند طیفی، به تصاویر تولید شده به وسیله آن‌ها تصاویر چندطیفی گفته می‌شود. تعدادی دیگر از ماهواره‌ها دارای سنجنده‌هایی هستند که تنها قادرند داده‌ها را در یک باند طیفی برداشت کنند. در این تصاویر روشنایی مربوط به اشیاء و عوارض تصویری به عنوان کمیت فیزیکی اندازه‌گیری می‌شود. در حالی که اطلاعات طیفی یا رنگ عوارض مورد نظر از دست می‌رود که به این تصاویر پانکروماتیک می‌گویند و در واقع قدرت تفکیک طیفی خوبی ندارند ولی قدرت تفکیک مکانی آن‌ها بسیار زیاد است (۸).

تکنیک‌های تلفیق تصاویر به منظور ارائه یک طبقه‌بندی دقیق‌تر مفید می‌باشد و به عنوان ابزاری کارآمد در استخراج اطلاعات مکانی از دو تصویر با قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی از همان منطقه می‌باشد. تئوری تلفیق تصاویر به دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ بر می‌گردد که در واقع به منظور شناسایی بهتر عوارض طبیعی و مصنوعی در نتیجه ادغام تصاویر سنجنده‌های مختلف صورت پذیرفت (۱۷). بهبود تفکیک مکانی و هندسی، ارتقاء دقت و صحت طبقه‌بندی و ترمیم اطلاعات ناقص تصویر اولیه از جمله اهداف متنوع تلفیق تصاویر می‌باشد (۲۴).

تحقیقات بسیاری در زمینه ادغام داده‌ها صورت گرفته است و نتیجه آن به وجود آمدن طیف گسترده‌ای از روش‌ها و عملگرهای ادغام می‌باشد که انتخاب روش بهینه بستگی به نوع کاربرد و نوع داده‌های اولیه مورد استفاده در فرآیند ادغام دارد. هدف از ادغام داده‌ها این است که کیفیت و محتوای اطلاعات موجود در هر یک از داده‌های اولیه افزایش یابد تا به این وسیله بتوان به استنتاج‌های ویژه‌ای دست یافت که با استفاده از داده‌های اولیه به تنهایی امکان دستیابی به آن میسر نیست. ادغام داده‌های سنجش از دوری که از منابع مختلف به دست آمده‌اند به افزایش قابلیت اطمینان، تفسیر بهتر نتایج، کاهش ابهام و بهبود نتایج طبقه‌بندی عوارض منجر می‌شود. ادغام داده‌ها در

و SFLM در حفظ داده‌های اطلاعات اصلی بهترین هستند، اما روش PCA دقت کمتری داشته است. طبقه‌بندی صورت گرفته بر روی این تصاویر نشان داد که SFLM بهترین روش در حفظ اطلاعات طیفی از تصاویر اولیه بوده است. شتایی و عبدی (۷) با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^+ و به روش طبقه‌بندی نظارت شده و استفاده از الگوریتم‌های حداکثر احتمال، متوازی‌السطوح و حداقل فاصله از میانگین، نقشه کاربری اراضی حوزه سرخاب لرستان را تهیه کردند و به این نتیجه دست یافتند که طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال با صحت کلی ۹۱٪ و ضریب کاپای ۸۷/۵۶٪، نتایج بهتری نسبت به دو روش طبقه‌بندی کننده دیگر دارد. داودپور و همکاران (۴) با هدف معرفی مناسب‌ترین روش تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی در حوزه آبخیز هندودر در قسمت جنوب غربی استان مرکزی، با استفاده از داده‌های ماهواره لندست، اقدام به طبقه‌بندی داده‌ها به روش نظارت شده نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که دقت الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال، ۸۱/۲۵٪ است. همچنین در نتایج تحقیق آن‌ها تأکید شده است که تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند به عنوان منبعی برای تهیه نقشه کاربری اراضی عمده در مناطق مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق سعی گردیده است ایده نوینی از کاربرد سنجنش از دور در برآورد کاربری اراضی ارائه شود. هدف کلی این تحقیق کاربرد تکنیک‌های مختلف بارزسازی تصاویر به منظور ارزیابی دقت الگوریتم‌های مختلف کاربری اراضی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه زیرحوزه بهشت‌آباد بوده که در شمال و شمال شرقی حوزه آبخیز کارون شمالی در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $23^{\circ} 50'$ تا $25^{\circ} 51'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $49^{\circ} 31'$ تا $34^{\circ} 32'$ شمالی قرار گرفته است. مساحت زیرحوزه ۳۸۶۰ کیلومتر مربع است و در حدود ۲۷٪ حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون را در بر می‌گیرد (شکل ۱).

سطح پیکسل که تلفیق تصاویر نیز خوانده می‌شود تنوع بسیار زیادی در روش‌ها و الگوریتم‌های تعریف شده در زمینه سنجنش از دور دارد. به همین دلیل در کاربردهای مختلف محققان سعی کرده‌اند با بررسی و تحلیل روش‌های مورد استفاده در ادغام تصاویر، ضمن دسته‌بندی تصاویر، معایب و مزایای هر یک را مد نظر قرار دهند (۸).

طبقه‌بندی کاربری اراضی بر روی این تصاویر، نتایج بهتری را در مقایسه با داده‌های اصلی ایجاد می‌کند. قدرت تفکیک مکانی بالا در استخراج و توصیف دقیقی از عوارض و اشکال ضروری است در حالی که قدرت طیفی بالا برای یک طبقه‌بندی کاربری اراضی دقیق‌تر استفاده می‌شود. بنابراین ادغام این دو نوع از داده‌ها یعنی به دست آوردن تصاویر چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی بالاتر برای برنامه‌های مختلف کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و مطالعات شهری سودمند است (۲۳). بارزسازی تصاویر فرآیند تلفیق تصاویر چندطیفی با سنجنده‌های پانکروماتیک است که خروجی یک تصویر با قدرت تفکیک طیفی بالاتر از تصویر چندطیفی اولیه و همچنین قدرت تفکیک مکانی بالاتر از تصاویر پانکروماتیک ایجاد می‌کند (۱۹). پژوهشگران زیادی طی سه دهه اخیر استفاده از تکنیک‌های مختلف تلفیق تصاویر را در استخراج اطلاعات بهتر نسبت به تصاویر اولیه پیشنهاد داده‌اند (۹). پالسون و همکاران (۱۸) به بررسی طبقه‌بندی کاربری اراضی بر روی تصاویر تلفیق شده پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم‌های IHS و Brovy دقت بیشتری از لحاظ تفکیک مکانی و طیفی نسبت به تصاویر اولیه داشته است. همچنین دقت طبقه‌بندی انجام شده بر روی این تصاویر نیز عملکرد بهتر این الگوریتم‌ها را مشخص می‌کند. رحمانی و همکاران (۲۱) به ارزیابی دقت روش‌های تلفیق تصاویر پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که روش (Variational Wavelet Pan-sharpening) VWP بیشترین تأثیر را در حفظ داده‌های طیفی و روش IHS بهترین کیفیت مکانی را داشته است. ونبو و همکاران (۲۴) بر روی تصاویر ETM^+ منطقه شن‌یانگ به مقایسه نتایج داده‌های تلفیق شده با داده‌های اصلی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که الگوریتم‌های HPF



شکل ۱. موقعیت زیرحوزه بهشت آباد در استان چهارمحال و بختیاری

داده‌های مورد استفاده

تصاویر چندطیفی و پانکروماتیک سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ (سال ۲۰۱۴) به عنوان مبنای اساس کار در این مطالعه قرار گرفته است. نمونه‌های آموزشی طبق بازدیدهای صحرائی با استفاده از دستگاه GPS و بکارگیری تصاویر Google Earth برداشت شد. در نهایت، تجزیه و تحلیل تکنیک‌های مختلف ادغام تصاویر و همچنین الگوریتم‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزارهای ENVI[®] 5.1 و ERDAS[®] 2013 صورت گرفت.

تکنیک‌های تلفیق تصاویر

ادغام تصاویر با استفاده از تبدیل GS (Gram-Schmidt) از تکنیک‌های ادغام تصاویر که در این مطالعه بررسی شده است روش تبدیل GS است. هدف کلی این تکنیک افزایش وضوح تصاویر چندطیفی است که به طور موفقیت‌آمیزی استفاده شده است. این روش قادر است خصوصیات تصویر چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی کم را در تصویر حاصل از ادغام آن با داده پانکروماتیک با قدرت

تفکیک مکانی زیاد حفظ کند. مراحل روش ادغام تصاویر چندطیفی با تصاویر پانکروماتیک در این صورت زیر دسته‌بندی می‌شود؛ بازسازی تصویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی کم و اعمال تبدیل GS روی تصویر پانکروماتیک بازسازی شده و باندهای طیفی تصویر چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی کمتر و جایگزینی تصویر پانکروماتیک اصلی دارای قدرت تفکیک زیاد با اولین باند از تبدیل GS. در این راستا با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ می‌توان تصویر پانکروماتیک منطبق با باند اول از تبدیل GS را به دست آورد.

$$MP = (P \times Gain) + Bias \quad [1]$$

$$Gain = \frac{\sigma_{CS1}}{\sigma_p} \quad [2]$$

$$Bias = GS1 - (Gain \times p) \quad [3]$$

در این رابطه‌ها؛ P تصویر پانکروماتیک اولیه با رزولیشن بالاست و MP تصویر پانکروماتیک پس از انطباق میانگین (μ_p) می‌باشد.

مجموعه داده‌های چندطیفی به طور همزمان با حفظ حداکثری داده‌های ورودی کاربرد دارد. در این روش ابتدا باندهای تصویر چندطیفی نرمال شده و سپس در تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر ضرب می‌شود و به این ترتیب اطلاعات مکانی بیشتری به تصویر چندطیفی اضافه شده و نتیجه آن تولید تصویری با کیفیت بصری بهتری خواهد بود (۹).

تبدیل موجک (Wavelet) یکی از روش‌های پایه در آنالیز چندتفکیکی تبدیل موجک نام دارد که در آن سعی می‌شود سیگنال ورودی در سطوح مختلفی نمایش داده شود، که هر یک از این سطوح شامل اطلاعات کلی تا جزئی از داده مورد نظر باشند. در این پژوهش از تبدیل موجک گسسته یا (Discrete Wavelet Transform) DWT استفاده شده است. این روش از بانک‌های فیلتر برای بازسازی یک آنالیز چندتفکیکی استفاده می‌کند. یک بانک فیلتر شامل فیلترهایی است که یک سیگنال را به باندهای فرکانس تجزیه می‌کنند. این فیلترها را می‌توان به عنوان توابع موجک مختلف تعبیر کرد (۸). به این ترتیب یک سیگنال گسسته را می‌توان طبق رابطه ۵ تعریف کرد.

[۵]

$$f[n] = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_{j_0, k} W_{\Phi}[j_0, k] \Phi_{j_0, k}[n] + \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_{j, k} W_{\Phi}[j, k] \Phi_{j, k}[n]$$

در این رابطه؛ $f[n] \Phi_{j, k}[n]$ توابع گسسته در بازه $[0,$

$M-1]$ برای M نقطه است. ضرایب موجک با استفاده از رابطه

۶ و با استفاده از ضرب داخلی تعیین گردید.

$$W_{\Phi}[j, k] = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum f[n] \Phi_{j, k}[n] \quad [۶]$$

$$W_{\Phi}[j_0, k] = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum f[n] \Phi_{j_0, k}[n]$$

طبقه‌بندی کاربری اراضی

روش‌های طبقه‌بندی به دو دسته طبقه‌بندی نظارت شده (Supervised Classification) و نظارت نشده (Unsupervised Classification) تقسیم می‌شود. روش‌های نظارت شده به

ادغام تصاویر مبتنی بر فیلتر بالاگذر یا HPF در این روش از فیلتر بالاگذر به منظور استخراج جزئیات اطلاعات مکانی تصویر دارای قدرت تفکیک زیاد و سپس تزریق آن جزئیات به تصویر چندطیفی استفاده شده است. تصویر حاصل از ادغام با این روش همان تصویر چندطیفی اولیه است که جزئیات اطلاعات مکانی تصویر پانکروماتیک به آن افزوده شده است.

$$F_{HPF} = \frac{(MS_{i,j,k} + DP_{i,j})}{2} \quad [۴]$$

در این رابطه؛ DP جزئیات اطلاعات مکانی حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر روی تصویر پانکروماتیک و F_{HPF} نتیجه به دست آمده از ادغام تصاویر ورودی با استفاده از این الگوریتم است (۸).

تبدیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Transformation)

داده‌های چندطیفی و یا چندباندی می‌توان در یک فضای چندبعدی تصویر نمود. ابعاد این فضا به اندازه تعداد باندهای تصویر خواهد بود و در آن هر پیکسل به صورت یک بردار در نظر گرفته می‌شود. در تبدیل مؤلفه‌های اصلی هدف دستیابی به مؤلفه‌های جدیدی است که در آن‌ها میزان واریانس داده‌ها بیشتر و وابستگی بین مؤلفه‌ها کمتر از حالت اولیه تصاویر می‌باشد. ادغام داده‌ها در سطح پیکسل که ادغام تصاویر نیر خوانده می‌شود، تنوع بسیار زیادی در الگوریتم‌ها دارد. به همین دلیل در کاربردهای مختلف محققان سعی کرده‌اند با بررسی و تحلیل روش‌های مورد استفاده در ادغام تصاویر، ضمن دسته‌بندی روش‌ها، مزایا و معایب آن‌ها را مد نظر قرار دهند (۲۰، ۲۲ و ۲۶). در این تحقیق از تکنیک (PC Spectral Sharpening) PC به عنوان یکی از متدهای تبدیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است.

تکنیک (Color Normalized Spectral CN Sharpening)

یکی از تکنیک‌های تلفیق تصاویر در سطح پیکسل می‌باشد. الگوریتم‌های Brovy و HIS در بحث ادغام تصاویر تنها به منظور آنالیز بر روی سه باند استفاده می‌گردد، در صورتی که این روش برخلاف روش‌های فوق بر روی

یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان فرض کرنل می‌باشد. γ معکوس تعداد باندهای طیفی سنجنده می‌باشد (۱).

روش شبکه عصبی (Neural Net) در این ساختار برای

آموزش شبکه، نمونه‌های آموزشی از طریق ورودی وارد شبکه شده و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها، وارد لایه‌های میانی می‌شوند. در هر نرون از لایه‌های میانی یک تابع فعالیت بر روی ورودی‌ها اعمال شده و مقادیر محاسبه شده به لایه‌های خروجی فرستاده می‌شود. در این مرحله، خروج شبکه با مقدار مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و مقدار خطای موجود از روش‌های مختلف با تغییر در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها در شبکه تعدیل می‌شود (۱۱) و (۱۲).

طبقه‌بندی بیشترین شباهت (Maximum Likelihood)

یکی از معروف‌ترین روش‌های طبقه‌بندی بر پایه پیکسل می‌باشد. در این روش کلاسی به پیکسل مورد نظر انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. ماتریس واریانس کواریانس داده‌ها که علاوه بر بردار میانگین در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد باعث می‌شود تا خصوصیات بیشتری از داده‌ها مورد بهره‌برداری قرار گیرد و همین دقت طبقه‌بندی را بالا می‌برد. این روش بر اساس مدل‌سازی آماری داده‌ها عمل می‌کند. در این روش کلاس هر نمونه بر اساس میزان شباهت مدل آن نمونه به مدل واقعی داده‌های آن کلاس تعیین می‌شود. روش منطبق از رابطه ۸ محاسبه شد

$$W_j | x > P(W_j | x) \text{ if } P(x \in W_j | x) \text{ for all } j \neq i \quad [8]$$

در رابطه؛ پیکسل با بردار مقادیر طیفی x به کلاس W_j تعلق خواهد داشت اگر مقدار احتمال تعلق پیکسل به این کلاس یعنی $P(W_j | x)$ بزرگ‌تر از احتمال دیگر کلاس‌ها باشد (۹).

ارزیابی کیفیت تصاویر حاصل از ادغام ضرورت اصلی

تمام روش‌های مطرح در روند ادغام تصاویر، حفظ یا ایجاد کمترین تغییر در الگوهای اطلاعاتی موجود در تصاویر ورودی است. هدف از ارزیابی کیفیت به دست آوردن مقدار تخمین

اطلاعات اولیه‌ای نظیر تعداد کلاس‌ها، خصوصیات آن‌ها و همچنین تعدادی نمونه‌های معلوم از هر کلاس نیاز دارد. در مقابل روش‌های نظارت نشده بیشتر روش‌های اتوماتیک هستند که به نمونه‌های معلوم نیازی نداشته و بر اساس مقادیر خود پیکسل‌ها در مورد طبقه‌بندی آن‌ها تصمیم‌گیری می‌کنند (۹). الگوریتم‌های طبقه‌بندی مورد استفاده در این تحقیق، ماشین بردار پشتیبان، روش شبکه عصبی، طبقه‌بندی بیشترین شباهت و ارزیابی کیفیت تصاویر حاصل از ادغام است.

ماشین بردار پشتیبان SVM (Support Vector

Machine Background)

ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های نظارت شده خطی است و اولین بار توسط بوستر و واپنیک (۱۳) معرفی شد. به طور کلی طبقه‌بندی کننده‌های خطی بر این مبنا استوارند که در آن‌ها هر نمونه ورودی به یکی از دو کلاس +۱ یا -۱ طبقه‌بندی می‌شود. نکته اصلی در طبقه‌بندی کننده خطی، وجود تعداد زیادی صفحات جداکننده است که هر یک را می‌توان به عنوان مرزهای تصمیم‌گیری در نظر گرفت. مسئله اساسی در این بین انتخاب صفحه‌ای از میان صفحات موجود است که به بهترین شکل داده‌های دو کلاس را از هم مجزا کند (۹). این روش به طور مستقیم از طریق یک فرآیند بهینه‌سازی به ابعاد سطح جدا کننده (فراصفحه) بین کلاس‌های طیفی می‌پردازد. این سطح جدا کننده با مرز بین کلاس‌ها با استفاده از داده‌های آموزشی محدودی که نزدیک‌ترین فاصله تا یک فراصفحه را دارند و به بردار پشتیبان معروف هستند، مشخص می‌شود (۳). به طور کلی SVM یک طبقه‌بندی کننده باینری و خطی است که با توسعه آن و استفاده از توابع کرنل، به عنوان یک طبقه‌بندی کننده چند کلاسی و غیرخطی نیز بکار می‌رود. در این پژوهش کرنل (Radial Basis Function) RBF با توجه به استفاده وسیع در مطالعات تغییر کاربری اراضی با داده‌های ماهواره‌های مختلف و همچنین عملکرد بهتر نسبت به کرنل‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفت. کرنل RBF از رابطه ۷ تعیین گردید.

$$k(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \quad \gamma > 0 \quad [7]$$

در رابطه؛ x_i و x_j مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی و γ

استخراج می‌شود، متداول‌ترین آن‌ها دقت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kapa Coefficient) می‌باشد. دقت کلی یک برآورد کلی از دقت طبقه‌بندی و یا به اصطلاح دقیق‌تر، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است. ضریب کاپا، دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. در واقع مقدار کاپا، دقت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود به دست می‌دهد (۹).

$$O.A. = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ij}}{N} \quad [10]$$

که در این رابطه؛ C تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، Eij اعضاء قطری ماتریس خطا و O.A. دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد. یکی از معروف‌ترین برآوردهای کاپا که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته با استفاده از عناصر ماتریس خطا عبارتست از؛

$$Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad [11]$$

که در رابطه؛ P_o درستی مشاهده شده و P_c توافق مورد انتظار.

تهیه نقشه کاربری اراضی با پردازش تصاویر

در این پژوهش از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ (سال ۲۰۱۴) و استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر و الگوریتم‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده شد. باندهای ۲ تا ۷ و ۹ این سنجنده به عنوان باندهای چندطیفی و باند ۸ نیز به عنوان باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر به نرم‌افزار ENVI[®]5.1 و ERDAS[®]2013 معرفی شد و الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر بر روی آن اعمال شد. سپس کیفیت تصاویر حاصل از ادغام با استفاده از معیارهای ارزیابی برآورد گردید. در مرحله بعد نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز برای طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف با استفاده از عملیات میدانی، تعداد ۳۵۰ نمونه پلیگونی با کمک دستگاه GPS از کاربری‌های مختلف با پراکنش مکانی در سراسر حوزه برداشت گردید. سپس با استفاده از تصاویر Google Earth و نقشه‌های

کمی از کیفیت تصویر حاصل از ادغام و همچنین مقایسه کارایی نسبی الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر می‌باشد (۸). در این پژوهش از معیارهای تفاضل میانگین مقادیر پیکسل‌ها برای تصاویر ادغام شده و تصویر چندطیفی اولیه و همچنین انحراف معیار استفاده شده است.

معیار انحراف معیار به منظور ارزیابی کیفیت تصویر ادغام شده، بدون نیاز به استفاده از تصویر مرجع و تنها با به دست آوردن اختلاف بین درجات خاکستری پیکسل‌های این تصویر از مقدار میانگین آن اقدام به اندازه‌گیری کیفیت می‌کند. بر اساس این روش هرچه انحراف معیار بزرگ‌تر باشد مقدار انحراف درجات خاکستری پیکسل‌ها از مقدار میانگین بیشتر بوده و در نتیجه اعوجاج ایجاد شده در تصویر حاصل از اقدام نیز بیشتر است. به عنوان توصیف دیگری از این معیار می‌توان گفت که انحراف معیار، کنتراست اطلاعات موجود در تصویر حاصل از ادغام را منعکس می‌کند. نحوه محاسبه انحراف معیار مطابق رابطه زیر می‌باشد (۸).

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (I_{F(i,j)} - \mu)^2} \quad [9]$$

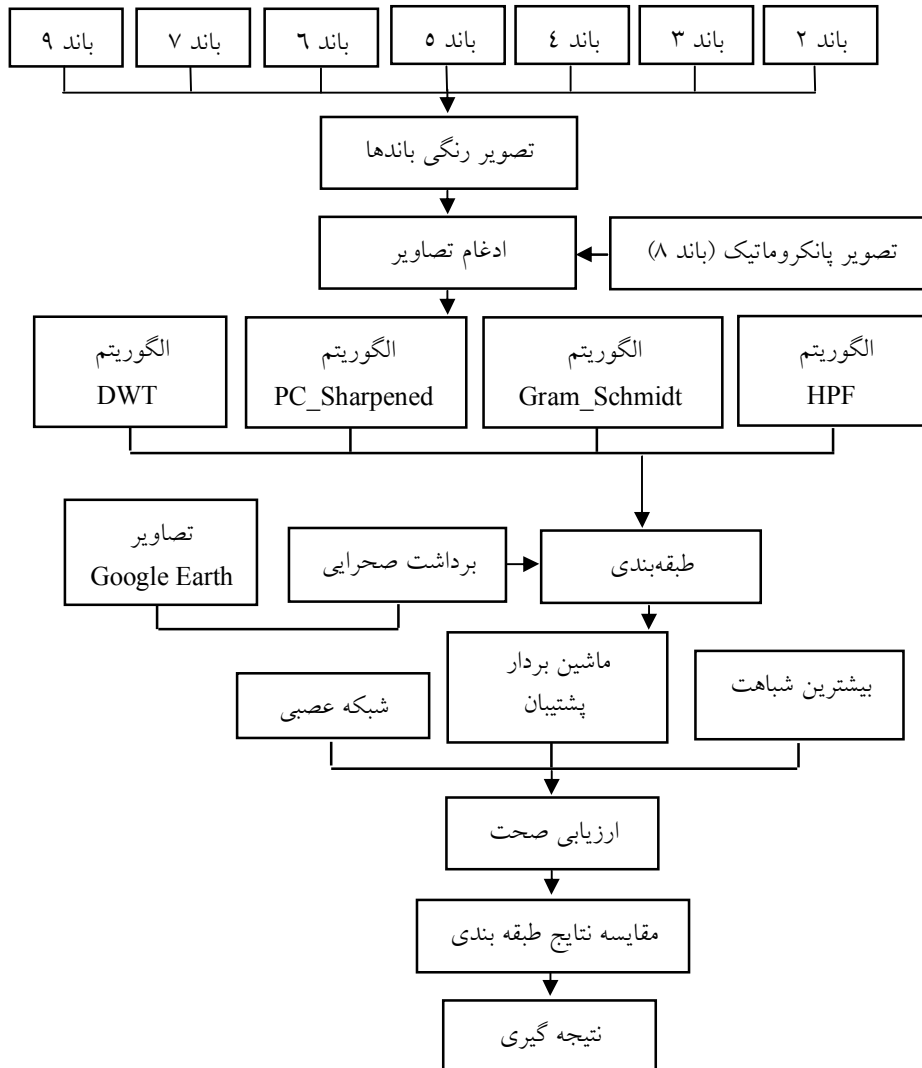
در این رابطه؛ n تعداد باندهای طیفی در تصویر چندطیفی حاصل از ادغام و μ میانگین درجات خاکستری در این تصویر است.

ارزیابی صحت

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی می‌باشد. متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی دقت طبقه‌بندی استفاده از داده‌های معلوم (واقعیت زمینی) می‌باشد. نتایج ارزیابی دقت به صورت ماتریس خطا (Error Matrix) ارائه می‌گردد که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر دقت و یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می‌شوند. ماتریس خطا حاصل مقایسه پیکسل‌های معلوم با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است. مبنای ماتریس خطا پارامترهای متعددی است که برای بیان دقت

شد. به منظور سنجش میزان دقت طبقه‌بندی، معیارهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی محاسبه شد و صحت کاربری اراضی حاصل از روش‌های مختلف طبقه‌بندی مورد مقایسه قرار گرفت. مراحل انجام تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است.

۱:۲۵۰۰۰ تعداد نمونه‌ها به میزان مناسبی در هر کلاس جهت افزایش دقت طبقه‌بندی توسعه داده شود. سپس بر روی هر کدام از تصاویر حاصل از الگوریتم‌های ادغام با استفاده از تکنیک‌های مختلف طبقه‌بندی به روش نظارت شده، کاربری اراضی به دست آمد و سطح منطقه به ۶ کلاس کاربری تقسیم



شکل ۲. فلوجارت روش انجام تحقیق

تلفیق شده و داده‌های اولیه (تصاویر خام) محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین تصویر ادغام شده به روش Gram-Schmidt در همه باندها با باندهای تصاویر اصلی نسبت به سه روش دیگر کمترین اختلاف را دارد. پس می‌توان با استفاده از معیار میانگین مقادیر پیکسل‌ها، روش Gram-

نتایج و بحث

ارزیابی کیفیت تصاویر حاصل از ادغام

نتایج ارزیابی کیفیت چهار روش ادغام تصاویر اعمال شده بر روی باندهای مورد نظر در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱ میانگین مقادیر پیکسل‌ها برای تصاویر

کمترین مقدار را نسبت به سه روش ادغام دارد. به طور کلی نتایج ارزیابی دقت الگوریتم‌های ادغام تصویر مورد بررسی در این مطالعه به صورت زیر می‌باشد؛
 Gram-Schmidt > PC_ Sharpened > HPF > DWT

Schmidt را نسبت به دیگر روش‌های ادغام تصاویر مورد مطالعه ارجح دانست. همچنین با مقایسه انحراف معیار تصاویر ادغام شده با تصویر اولیه، دقیق‌تر بودن این روش نسبت به روش‌های قبلی مشخص می‌شود، زیرا اختلاف انحراف معیار تصویر تلفیق شده به روش Gram-Schmidt با تصاویر اولیه

جدول ۱. نتایج ارزیابی کیفیت الگوریتم‌های ادغام

نوع الگوریتم	میانگین	انحراف معیار
Gram-Schmidt	۲۴۵۲	۲۶۰۸
HPF	۲۳۹۴	۲۵۸۹
PC_ Sharpened	۲۴۶۲	۲۶۱۵
DWT	۳۶۵۵	۲۵۷۶
داده‌های اولیه	۲۴۴۲	۲۶۰۱

مشاهده می‌گردد طبقه‌بندی به روش Maximum Likelihood بر روی تصاویر ادغام شده به روش Gram-Schmidt و روش PC_ Sharpened بیشترین دقت را با ضریب کاپای ۰/۸۶ و دقت کلی ۰/۸۹ دارد.

مطابق جدول ۲ سه روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان به منظور تعیین کاربری اراضی بر روی داده‌های حاصل از الگوریتم‌های ادغام تصاویر صورت گرفته است و ضریب کاپا و دقت کلی جهت برآورد ارزیابی نتایج طبقه‌بندی محاسبه شده است. همان طور که

جدول ۲. نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی بر روی تصاویر ادغام شده

الگوریتم‌های ادغام تصویر	روش‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی					
	SVM		Neural Net		Maximum Likelihood	
	O.A	Kappa	O.A	Kappa	O.A	Kappa
Gram-Schmidt	۸۶	۰/۸۰	۸۷	۰/۸۱	۸۹	۰/۸۶
HPF	۷۳	۰/۶۲	۸۰	۰/۷۲	۷۷	۰/۶۸
PC_ Sharpened	۸۶	۰/۷۹	۸۷	۰/۸۲	۸۹	۰/۸۶
DWT	۷۵	۰/۶۶	۸۴	۰/۷۹	۸۳	۰/۷۹

کاربری اراضی بر روی داده‌های چندطیفی اولیه صورت گرفته است که ضرایب کاپا و دقت کلی، به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی محاسبه شده است. با توجه به جدول ۳، در این حالت نیز روش Maximum Likelihood با ضریب کاپای ۰/۸۱ و دقت کلی

بنابراین این دو الگوریتم نسبت به دو الگوریتم دیگر ادغام تصاویر بالاترین دقت را داشته است. همچنین روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان بر روی داده‌های ادغام شده به روش HPF دارای ضریب کاپای ۰/۶۲ و دقت کلی ۰/۷۳، کمترین دقت را داشته است. در جدول ۳ نتایج طبقه‌بندی

کلی بر اساس ماتریس خطا، الگوریتم‌های طبقه‌بندی صورت می‌گردد؛ Maximum Likelihood > SVM > Neural Net

جدول ۳. نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی بر روی داده

روش‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی					
SVM		Neural Net		Maximum Likelihood	
O.A	Kappa	O.A	Kappa	O.A	Kappa
۸۲	۰/۷۶	۸۰	۰/۷۳	۸۵	۰/۸۱

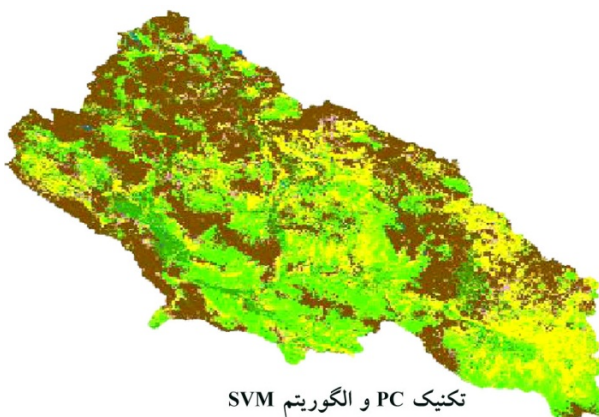
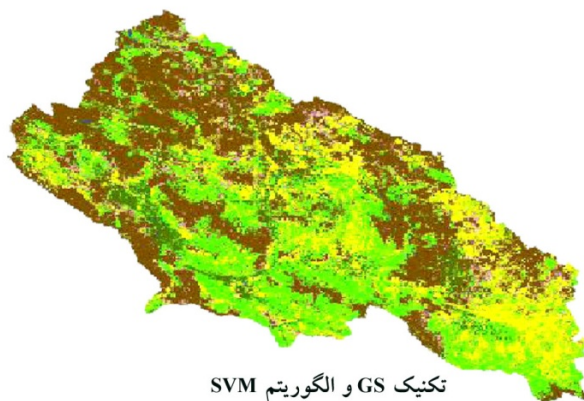
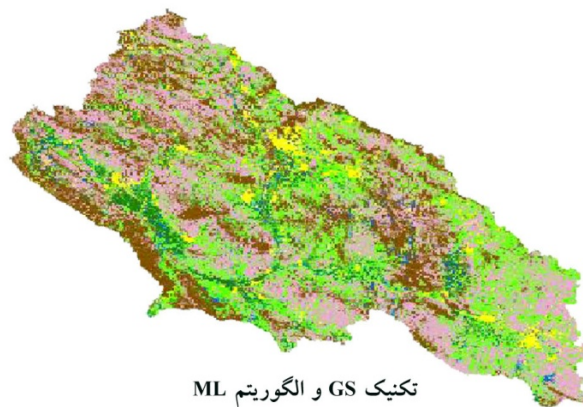
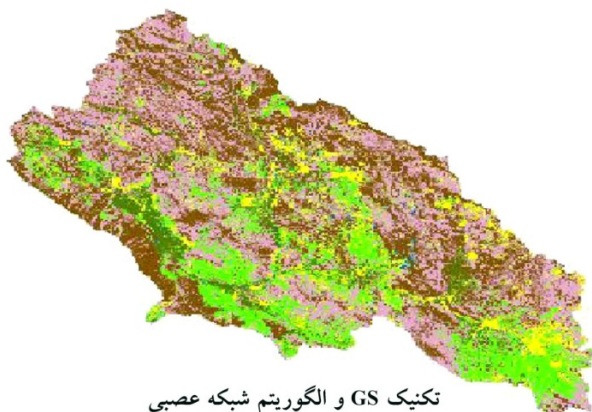
مدیریت منابع طبیعی می‌باشد. استفاده از این تصاویر در کاربردهای مختلف می‌تواند مزیت و محدودیت‌های این داده‌ها را مشخص نماید. آن چه که مهم است بررسی و بکارگیری بهترین استفاده از این داده‌های ارزشمند، می‌باشد چرا که ساخت و راه‌اندازی این ماهواره‌ها گران قیمت می‌باشد. نقشه کاربری اراضی یکی از ملزومات هر گونه برنامه‌ریزی توسعه در سطح منطقه‌ای و ملی می‌باشد که مدیران، برنامه‌ریزان و کارشناسان را قادر می‌سازد که وضع موجود را شناسایی نمایند و با مقایسه قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها در زمینه رفع نیازهای حال و آینده اقدامات لازم را طراحی و اجرا نمایند. در این مطالعه راهکاری نوین به منظور بهبود نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی ارائه شده است. نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از باند پانکروماتیک جهت بهبود تفکیک مکانی مؤثر است و الگوریتم‌های Gram-Schmidt و PC_Sharpended بیشترین تأثیر را در افزایش دقت طبقه‌بندی به روش بیشترین شباهت داشته است. اما الگوریتم‌هایی مانند HPF و DWT موجب کاهش دقت طبقه‌بندی شده است. بنابراین الگوریتم بیشترین شباهت به عنوان دقیق‌ترین طبقه‌بندی کننده برای منطقه مورد مطالعه معرفی می‌شود که تأیید کننده پژوهش‌های مشابه از جمله ویلیامز (۲۵)، هایپکینز و همکاران (۱۵)، سارویی (۵)، شتایی و عبدی (۷) و داودپور و همکاران (۴)، می‌باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات مشابه بهتر است چندین الگوریتم ادغام تصاویر و همچنین روش‌های مختلف طبقه‌بندی مورد آزمایش قرار گیرد و در مرحله بعد نتایج آن‌ها مقایسه شده تا بهترین روش از طریق ارزیابی کیفی یا کمی تعیین گردد. با

با مقایسه جدول ۲ و جدول ۳ می‌توان نشان داد که روش Maximum Likelihood به عنوان بهترین روش طبقه‌بندی و الگوریتم‌های Gram-Schmidt و PC_Sharpended بیشترین تأثیر را در افزایش دقت طبقه‌بندی داشته است. همچنین با مقایسه جدول ۱ و جدول ۲ مشاهده می‌شود که هرچه دقت نتایج ارزیابی کیفیت ادغام تصاویر بالاتر باشد دقت طبقه‌بندی اعمال شده بر روی این تصاویر نیز به صورت محسوسی افزایش می‌یابد. با مقایسه جدول ۲ و جدول ۳ می‌توان دریافت که دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی بر روی تصاویر ادغام شده تأثیر مثبتی داشته است، اما مطابق نتایج به دست آمده، چندین الگوریتم ادغام تصاویر بکار گرفته شد تا بهترین نتایج به دست آید، زیرا با توجه به متفاوت بودن روش هر الگوریتم در فرآیند ادغام، بعضی از الگوریتم‌ها نه تنها تأثیری بر روی دقت طبقه‌بندی نداشته است بلکه الگوریتم‌هایی مانند HPF و DWT موجب کاهش دقت طبقه‌بندی شده است.

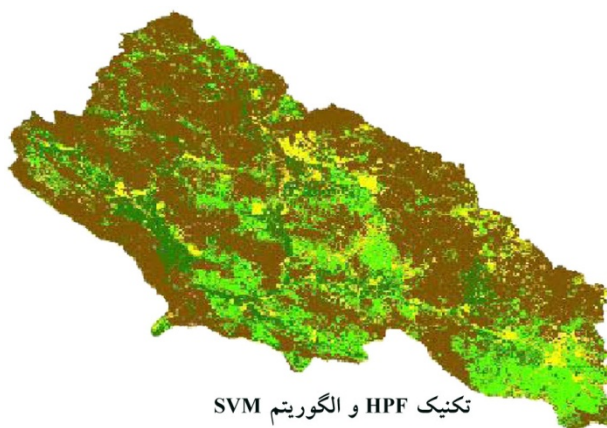
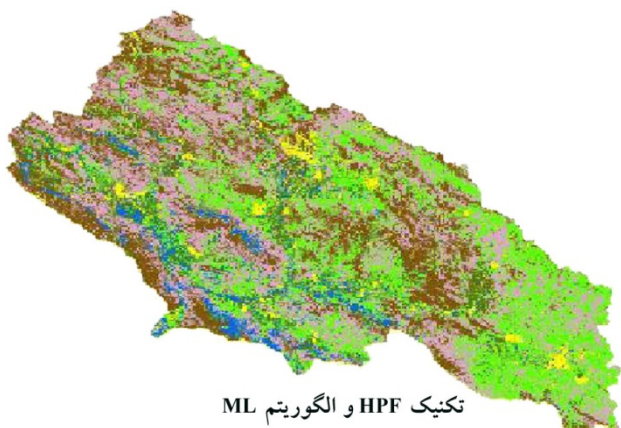
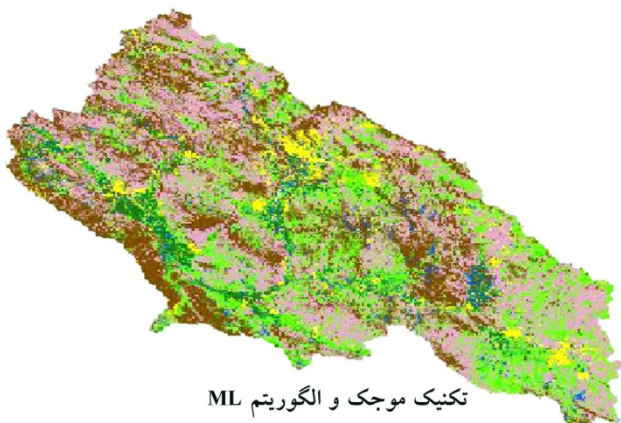
نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی که با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر و الگوریتم‌های طبقه‌بندی ایجاد شده‌اند در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود تفسیر بصری کاربری اراضی هم می‌تواند به عنوان یک معیار ارزیابی استفاده گردد که با توجه به مشاهدات صحرائی در کنار بقیه آنالیزها مورد بررسی قرار گرفت و تأیید کننده روش‌های مورد استفاده می‌باشد. همچنین در شکل ۳ مشاهده می‌شود که نقشه‌های به دست آمده از تکنیک GS و PC با استفاده از الگوریتم ML مشابه هم و بیشترین دقت را در تعیین کلاس‌های کاربری نسبت به بقیه الگوریتم‌ها داشته است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان منبع مهمی جهت

بهبتر مشخص شود. همچنین بکارگیری باندهای پانکروماتیک ماهواره‌های دیگر و ادغام آن با تصاویر چندطیفی ماهواره لندست و ارزیابی کاربری اراضی به دست آمده از این طریق مستلزم بررسی‌های بیشتر می‌باشد.

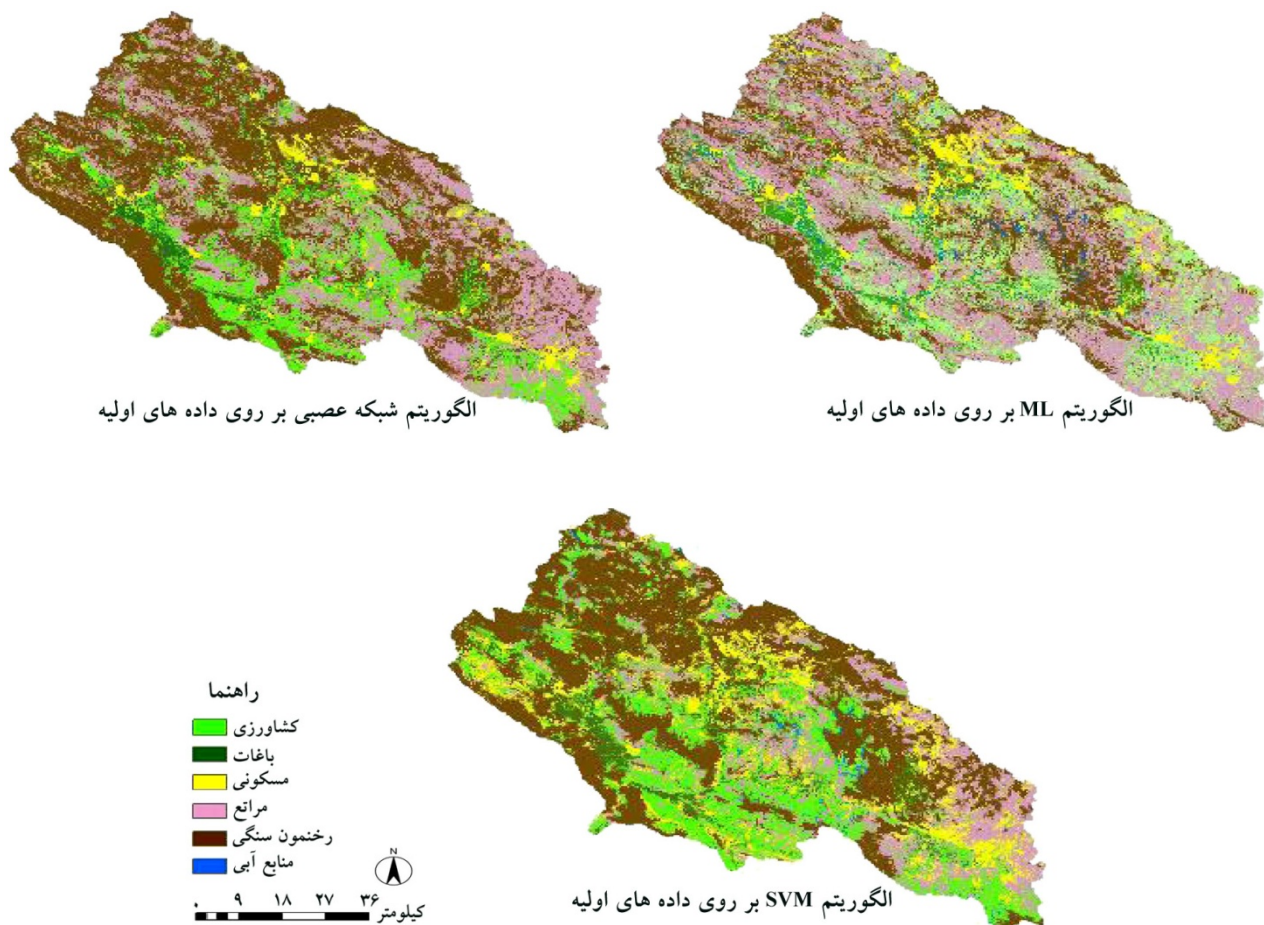
توجه به اینکه در این مطالعه از تصاویر سنجنده جدید ماهواره لندست استفاده شده است، پیشنهاد می‌گردد مطالعاتی مشابه با این پژوهش بر روی سنجنده‌های قدیمی و حتی ماهواره‌های دیگر صورت پذیرد تا معایب و مزایای هر کدام از این روش‌ها



شکل ۳. مقایسه تکنیک‌های ادغام تصاویر با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی



ادامه شکل ۳. مقایسه تکنیک‌های ادغام تصاویر با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی



ادامه شکل ۳. مقایسه تکنیک‌های ادغام تصاویر با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی

منابع مورد استفاده

۱. اکبری، ا.، م. نیرومند جدیدی، م. ر. صاحبی و ه. قادری‌زاده. ۱۳۹۰. ارزیابی دقت طبقه‌بندی کننده‌های بیشترین شباهت و ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: استخراج تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان). همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
۲. اولادی قادیکلایی، ج. ۱۳۸۷. سنجش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای. انتشارات دانشگاه مازندران، ۸۳۵ صفحه.
۳. آرخی، ص. و ی. نیازی. ۱۳۸۹. مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی - پوشش گیاهی با
۴. داودپور، ر.، ح. زاهدی‌پور، ح. ترنج زر و ج. وروانی. ۱۳۹۰. بررسی دقت روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از لندست ETM⁺ مطالعه موردی حوزه آبخیز هندودر. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، ۲۶-۲۵ شهریور ماه.
۵. ساروئی، س. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی جنگل به

- Electromagnetics Research B, 24: 191-221.
15. Hopkins PF, Maclean AL, Lillesand TM. 1988. Assessment of Thematic Mapper imagery for forestry applications under Lake States conditions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(1): 61-68.
 16. Longley PA, Mesev V. 2000. On the measurement and generalization of urban form. *Environment and Planning A*, 32(3): 473-488.
 17. Lucien W. 1999. Some terms of reference in data fusion. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 37(3): 1190-1193.
 18. Pálsson F, Sveinsson JR, Benediktsson JA, Aanæs H. 2010. Image fusion for classification of high resolution images based on mathematical morphology. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, IEEE International, pp. 492-495.
 19. Pálsson F. 2013. Pansharpening and Classification of Pansharpened Images. A Thesis Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Electrical and Computer Engineering at the, University of Iceland. 213 p.
 20. Pohl C, Van Genderen JL. 1998. Review article multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International journal of remote sensing*, 19(5): 823-854.
 21. Rahmani S, Strait M, Merkurjev D, Moeller M, Wittman T. 2010. An adaptive IHS pan-sharpening method. *Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE, 7(4): 746-750.
 22. Rockinger O. 1996. Pixel-level fusion of image sequences using wavelet frames. In *Proceedings of the 16th Leeds applied shape research workshop*, Leeds University Press, pp. 149-154.
 23. Sarup J, Singhai A. 2011. Image fusion techniques for accurate classification of Remote Sensing data. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(2): 602-612.
 24. Wenbo W, Jing Y, Tingjun K. 2008. Study of remote sensing image fusion and its application in image classification. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B7): 1141-1146.
 25. Williams JA. 1992. Vegetation classification using LANDSAT TM and SPOT-HRV imagery in mountainous terrain, Kananaskis Country, southwestern Alberta. *Committee on Resources and the Environment*, University of Calgary, p. 126-135.
 26. Yang S, Wang M, Jiao L. 2012. Fusion of multispectral and panchromatic images based on support value transform and adaptive principal component analysis. *Information Fusion*, 13(3): 177-184.
- لحاظ تراکم در جنگل‌های زاگرس به کمک داده‌های ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۱۰ صفحه.
۶. سردشتی، م.، ع. قنوتی، پ. ضائیان و ج. مرشدی. ۱۳۸۹. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان از سال ۲۰۰۲-۱۹۸۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سنجش از دور. همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، ۱۹ الی ۲۰ اردیبهشت ماه.
 ۷. شتایی، ش. و ا. عبدی. ۱۳۸۶. تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس با استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ (منطقه مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم‌آباد لرستان). فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۱): ۱۲۹-۱۳۹.
 ۸. صمدزادگان، ف.، ف. طیب محمودی و ب. بیگدلی. ۱۳۹۱. ادغام داده‌ها در سنجش از دور و مفاهیم و روش‌ها. موسسه انتشارات، دانشگاه تهران. ۳۱۲ صفحه.
 ۹. فاطمی، س. ب. و ی. رضائی. ۱۳۹۳. مبانی سنجش از دور، چاپ سوم، انتشارات آزاده. ۲۹۶ صفحه.
 ۱۰. نظری سامانی، ع. ا.، م. قربانی و ح. ر. کوهبنانی. ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰. مرتع، ۴(۳): ۴۴۲-۴۵۱.
 ۱۱. نیازی، ی.، م. ر. اختصاصی، ح. ملکی‌نژاد، س. ز. حسینی و ج. مرشدی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). جغرافیا و توسعه، ۸(۲۰): ۱۱۹-۱۳۲.
 12. Atkinson PM, Tatnall A. 1997. Introduction neural networks in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 18(4): 699-709.
 13. Boser BE, Guyon IM, Vapnik VN. 1992. A training algorithm for optimal margin classifiers. In *Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory*, ACM, pp. 144-152.
 14. Harish K, Singh D. 2010. Quality assessment of fused image of modis and palsar. *Progress In*



Investigation of land use classification algorithms using images fusion techniques (Case study: Beheshtabad Sub-basin)

A. Fazeli Farsani ^{1*}, R. Ghazavi ², M. R. Farzaneh ³

1. MSc. Graduated of Watershed Management, Kashan University, Kashan, Iran

2. Assoc. Prof. College of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran

3. PhD. Student of Water Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 April 2014

Accepted 24 November 2014

Available online 10 June 2015

Keywords:

Land use classification

Images fusion techniques

Landsat 8

Remote sensing

Geographic Information System (GIS)

ABSTRACT

In recent decades, land use changes cause an important environmental, economical and social damage in the world. Land use classification images are essential tools for land management and policy decisions. Fusion of remote sensing data could increase quality and intensify of data. The main aim of this study was investigated of land use classification algorithms (Support Vector Machine Background, Neural Net, and Maximum Likelihood) using a fusion of OLI remote sensing data using Geographic Information System (GIS). According to the results, Gram-Schmidt method had the best punctuality for taking of the firstly data and rebuilding of images. The results showed that Maximum likelihood method increased accuracy of PC_Sharpener and Gram-Schmidt algorithms. A significant accuracy in land use classification was observed via combination techniques.

* Corresponding author e-mail address: arash5511@gmail.com

