



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۷، دوره ۱، شماره ۲

ارزیابی تأثیر اندازه کرنل فیلتر *Majority* در افزایش صحت طبقه‌بندی تصاویر

سنجش‌ازدوری

پرویز ضیائی‌ان فیروزآبادی^{۱*}، حسن حسینی مقدم^۲

۱-دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران.

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه خوارزمی تهران

zeaiean@khu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۰۸/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹

چکیده

طبقه‌بندی تصاویر سنجش‌ازدوری یکی از مهم‌ترین عملیات در پردازش تصاویر است که روش‌های مختلفی به‌منظور افزایش صحت طبقه‌بندی داده‌ها ارائه شده است. هدف از این تحقیق ارزیابی تأثیر اندازه کرنل فیلتر *Majority* در افزایش صحت طبقه‌بندی نهایی تصاویر سنجش‌ازدوری می‌باشد. برای این منظور، پنجره‌ای از تصویر سنجنده *OLI*، ماهواره لندست ۸ شهرستان اردبیل انتخاب گردید. بعد از اعمال پیش‌پردازش‌های موردنیاز، باندهای چند طیفی و پانکروماتیک این سنجنده با استفاده از روش *FFT-IHS* با یکدیگر ادغام گردیدند. تصویر به‌دست‌آمده با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و با ۸ کلاس کاربری طبقه‌بندی گردید. صحت کلی و ضریب کاپا این طبقه‌بندی به ترتیب ۸۸٫۳ و ۰٫۸۷ بود. به‌منظور اعمال عملیات پس‌پردازش جهت افزایش صحت طبقه‌بندی، اندازه کرنل‌های ۳*۳، ۵*۵، ۷*۷، ۹*۹، ۱۱*۱۱ و ۱۳*۱۳ انتخاب گردید. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش اندازه کرنل تا ۵*۵ و ۷*۷، میزان صحت کلی و ضریب کاپا افزایش پیدا می‌کند و به ترتیب به ۹۱٫۶، ۹۱٫۸ و ۰٫۹۱ برای هر دو کرنل می‌باشد. اعمال اندازه کرنل‌های بزرگ‌تر، موجب کاهش این مقدار شده و صحت کلی و ضریب کاپا را به شدت پایین می‌آورد به طوری که در کرنل ۱۳*۱۳، به ترتیب به ۷۷٫۲ و ۰٫۷۴ کاهش پیدا می‌کند. بنابراین اندازه کرنل‌های ۵*۵ و ۷*۷ با توجه به ماهیت تصاویر مورد استفاده، به‌عنوان کرنل بهینه معرفی می‌گردد.

واژگان کلیدی: اندازه کرنل، فیلتر *Majority*، الگوریتم حداکثر احتمال، *FFT-HIS*

۱- مقدمه

طبقه‌بندی تصویر، فرآیند برچسب دهی هر پیکسل از تصویر به کلاسی است که توسط کاربر تعریف شده است (Pohl and Van Genderen, 2017, 133). ارزیابی صحت طبقه‌بندی داده‌های سنجش‌ازدوری یکی از اولویت‌های اساسی به هنگام استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در مدیریت منابع و بهره‌برداری از آن می‌باشد (Csillik and Belgiu, 2017). امروزه روش‌های مختلفی در به‌منظور طبقه‌بندی داده‌های سنجش‌ازدوری به کار گرفته می‌شوند (Watanabe et al, 2017, 1-14). روش‌هایی نظیر ادغام داده‌ها (حسنی مقدم و تراهی، ۱۳۹۷)، استفاده از تبدیلات مختلف بر روی تصاویر (حسنی مقدم، ۱۳۹۶)، شبکه عصبی مصنوعی (امیرانتخابی و همکاران، ۱۳۹۶-۱۱)، استفاده از الگوریتم‌های مختلف در کنار یکدیگر (Hasani Moghaddam et al, 2018)، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (جوان و حسنی مقدم، ۱۳۹۶-۱۱) و درخت تصمیم‌گیری (Kumar Single et al, 2018, 99-106)، از جمله روش‌هایی هستند که به‌منظور طبقه‌بندی و افزایش صحت استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش‌ازدوری در ترکیب با یکدیگر و یا به‌تنهایی به کار گرفته می‌شوند (Alikhah Asl, et al, 2014, 33-37). هرکدام از روش‌های استخراج اطلاعات از داده‌های سنجش‌ازدوری دارای نقاط ضعف و قوتی هستند که خروجی‌های موردنظر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تراهی و همکاران، ۱۳۹۴). به‌منظور افزایش صحت طبقه‌بندی کننده‌های تصاویر، از روش‌هایی نظیر اعمال فیلترینگ بعد از طبقه‌بندی استفاده می‌شود (روزبهنانی و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از این فیلترها، فیلتر Majority می‌باشد (Akçay and Avsar, 2017, 575-578)، که از اطلاعات همسایگی مکانی پیکسل‌ها استفاده می‌کند و پیکسل‌های منفرد را به کلاسی اختصاص می‌دهد که پیکسل موردنظر بیشترین شباهت و سهم را نسبت به آن کلاس داشته باشد (فاطمی و همکاران، ۱۳۹۳-۷۷-۸۹). وانگ و همکاران (۲۰۱۸ و ۱۸-۱)، در تحقیقی به ارزیابی قابلیت روش بعد از طبقه‌بندی زنجیره مارکوف در افزایش صحت طبقه‌بندی تصاویر سنجش‌ازدوری پرداخته‌اند. برای این منظور، چهار منطقه با کلاس‌های کاربری مجزا انتخاب گردید. در این تحقیق، روش پیش‌پردازشی همراه با روش‌های پس‌پردازشی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشانگر افزایش قابل قبول صحت طبقه‌بندی داده‌ها در هر چهار منطقه بعد از اعمال روش بعد از طبقه‌بندی زنجیره مارکوف بوده است. دوآرت و همکاران (۲۰۱۸، ۸۹-۹۶)، به‌منظور طبقه‌بندی ساختمان‌های تخریب‌شده در تصاویر ماهواره‌ای، از داده‌های سنجنده‌های هواپرد و روش‌های یادگیری عمیق استفاده کرده‌اند. در این تحقیق، از روش CNN، به همراه روش یادگیری عمیق جهت طبقه‌بندی داده‌های به‌دست‌آمده از پهباد استفاده شد که نتایج نشانگر افزایش ۴ درصدی صحت طبقه‌بندی ساختمان‌های تخریب‌شده هنگام استفاده از این روش در مقایسه با روش‌های معمول طبقه‌بندی بوده است. شن و همکاران (۲۰۱۸، ۳۷۰۵-۳۷۲۲)، روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر را به همراه ترکیب نتایج الگوریتم‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق آن‌ها از پنج روش طبقه‌بندی استفاده نمودند. نتایج کار آن‌ها بیانگر این نکته بود که هرکدام از الگوریتم‌ها به‌تنهایی دارای عملکرد متفاوتی هستند که ترکیب چند الگوریتم با یکدیگر نتایج قابل قبول‌تر و صحت بالاتری نسبت به تک الگوریتم‌ها ارائه می‌دهد.

سو (۵۵۲-۲۰۱۷,۵۳۱)، یک روش بر پایه فیلترینگ همگن بعد از طبقه‌بندی ارائه داده است که قادر به حذف اثرات فلفل نمکی از تصاویر بوده و مناطق همگن در تصویر را یکی می‌کند. این روش بر اساس شباهت پیکسل‌ها با یکدیگر، پیکسل‌های منفرد موجود در تصویر را به شبیه‌ترین کلاس برچسب دهی می‌کند. نتایج این تحقیق نشانگر افزایش ۱۰ درصدی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با اعمال روش *LCF* می‌باشد.

تراهی و همکاران (۱۳۹۵)، تحقیقی با عنوان ارزیابی عملکرد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تهیه نقشه کاربری اراضی انجام داده‌اند. در این تحقیق آن‌ها از تصاویر لندست ۸ منطقه مشکین شهر استفاده نموده و کرنل‌های مختلف الگوریتم ماشین بردار پشتیبان را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که کرنل چندجمله‌ای، نسبت به سایر کرنل‌های الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بهترین عملکرد را داشته است.

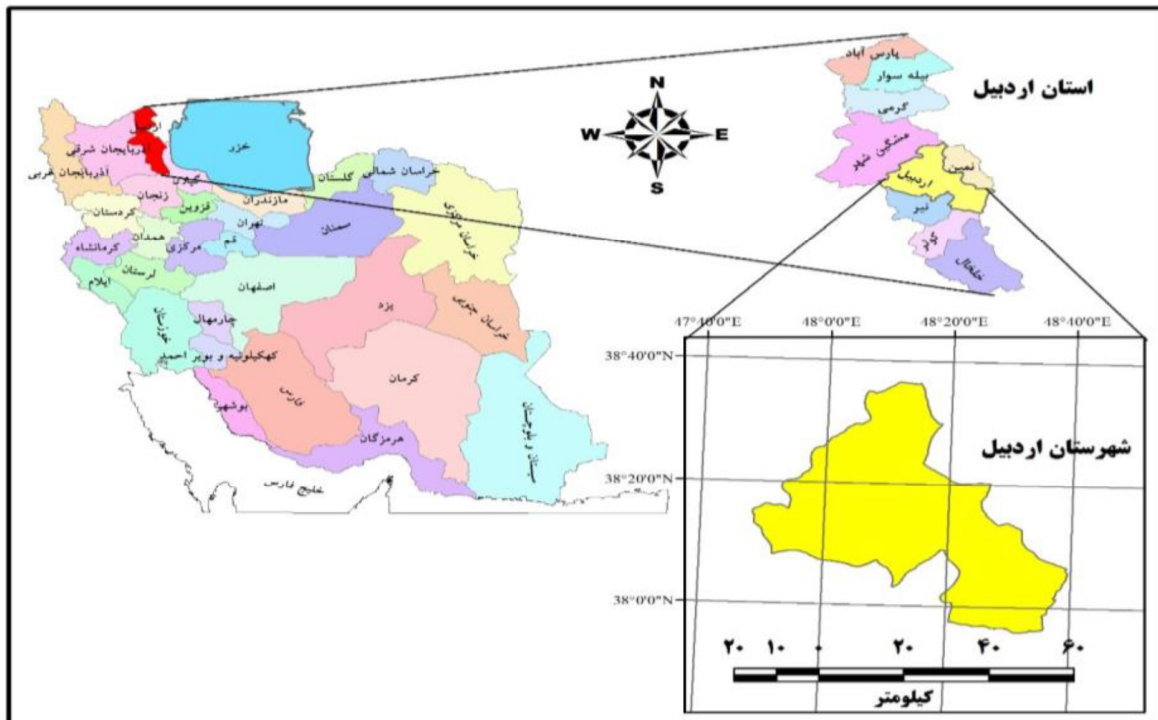
در تحقیق پیش رو، به منظور افزایش صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده *OLI*، ابتدا باندهای پانکروماتیک و چندطیفی این سنجنده با استفاده از روش هیبرید تبدیل فوریه سریع و *IHS*، ادغام و سپس با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی گردید. به منظور افزایش صحت طبقه‌بندی نهایی، فیلتر اکثریت با اندازه کرنل‌های مختلف (۳*۳، ۵*۵، ۷*۷، ۹*۹، ۱۱*۱۱، ۱۳*۱۳) بر روی تصویر طبقه‌بندی شده اعمال و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش به معرفی منطقه مورد مطالعه، داده‌های مورد استفاده و روش پیاده‌سازی تحقیق آورده شده است.

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شهرستان اردبیل واقع در مرکز استان اردبیل می‌باشد. مساحت این شهرستان ۲۵۶۵۸۳/۸ هکتار بوده و پست‌ترین ارتفاع آن ۱۲۹۴ متر و بالاترین ارتفاع ۴۸۱۱ متر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم شهرستان اردبیل بر اساس روش آمبرژه، نیمه‌خشک با پوشش گیاهی استپی بوده و متوسط بارش و دمای سالانه آن به ترتیب ۳۱۸/۴ میلی‌متر و ۱۴/۸۷ سانتی‌گراد می‌باشد (حسنی مقدم و تراهی، ۱۳۹۷).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق پنجره‌ای از تصاویر سنجنده *OLI* مربوط به ماهواره لندست ۸ به تاریخ ۲ تیرماه ۱۳۹۴ از شهرستان اردبیل اخذ گردید. قدرت تفکیک مکانی باندهای چند طیفی سنجنده *OLI* معادل ۳۰ متر بوده و باند پانکروماتیک این سنجنده دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر است. تصاویر سنجنده *OLI* همراه با تصحیحات هندسی ارائه می‌شوند و نیازی به تصحیح ندارند ولی به منظور اعمال تصحیحات اتمسفریک، از روش *Log Resigual* استفاده گردید. سپس به منظور بهبود قدرت تفکیک مکانی، داده مورد استفاده با استفاده از روش *FFT-IHS* با باند پانکروماتیک همان سنجنده ادغام گردید.

۲-۳- روش *FFT_IHS*

ایده اصلی این روش جایگذاری جزئی تصویر پانکروماتیک با مؤلفه شدت می‌باشد. که این جایگذاری جزئی بر اساس فیلترینگ فوریه سریع انجام می‌گیرد. در این روش پس از رجیستر کردن دو تصویر و نمونه برداری مجدد تصور چند طیفی به اندازه پیکسل تصویر پانکروماتیک، تصویر چند طیفی به سیستم *IHS* منتقل می‌شود. سپس مؤلفه شدت و تصویر پانکروماتیک به فضای فوریه منتقل شده و فیلتر بالاگذر روی تصویر پانکروماتیک و فیلتر پایین گذر روی مؤلفه شدت در فضای فوریه اعمال می‌شود و روی هر دو تصویر پس از اعمال فیلتر، تبدیل معکوس فوریه انجام می‌شود. در نهایت پس از جایگذاری اطلاعات فرکانس بالا از تصویر پانکروماتیک با همان قسمت از مؤلفه شدت و تطابق هیستوگرامی مؤلفه شدت جدید با مؤلفه شدت اصلی، تبدیل معکوس *IHS* جهت انتقال به سیستم *RGB* اعمال می‌شود. اعمال فیلتر پایین

گذر روی تصویر شدت باعث حذف بخش فرکانس بالای مؤلفه شدت می‌شود. برای اعمال فیلتر بالاگذر و پایین گذر جهت جدا نمودن اطلاعات فرکانس بالا و پایین، از فیلترهای مختلفی از جمله هنینگ^۱، باترورس^۲، و گوسین^۳ می‌توان استفاده کرد (حسینی مقدم و تراهی، ۱۳۹۷، ۳۲).

۴-۲- طبقه‌بندی داده‌ها

با توجه به بررسی‌های میدانی و تفسیر بصری تصویر، تعداد ۸ کلاس کاربری شامل آب، اراضی برفی، اراضی مرتعی غنی، مراتع فقیر (تخریب یافته)، اراضی بایر، اراضی کشاورزی، اراضی آیش و اراضی مسکونی انتخاب و اقدام به نمونه‌برداری از تصاویر گردید. تعداد ۲۰۰ نمونه آموزشی برای هر کلاس بعد از اعمال روش *FFT-IHS* انتخاب گردید. به منظور طبقه‌بندی تصاویر، از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده و جهت ارزیابی صحت نقشه‌های خروجی، از تصاویر ماهواره *Quick Bird* استفاده گردید.

۱-۴-۲- الگوریتم حداکثر احتمال

الگوریتم حداکثر احتمال یکی از رایج‌ترین الگوریتم‌ها جهت طبقه‌بندی تصاویر است (میدز، ۱۳۷۷، ۱۵۸). در این الگوریتم، کلاسی به پیکسل موردنظر اختصاص داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن وجود دارد. در این روش معمولاً فرض می‌شود که توزیع احتمال برای هر کلاس به صورت توزیع نرمال چندبعدی است که از قانون توزیع گوسین تبعیت می‌کند (Gonzales, 2007, 84).

$$x \in w_i \quad \text{if} \quad P(w_i|x) > P(w_j|x) \quad \text{for all } j \neq i$$

(۱)

که در آن x بردار مقادیر طیفی پیکسل موردنظر، w_i کلاس طیفی i و $P(w_i|x)$ احتمال تعلق پیکسل x به کلاس w_i می‌باشد. برای محاسبه احتمال $P(w_i|x)$ که یک احتمال ثانویه است از قانون بیز کمک گرفته می‌شود. بدین منظور ابتدا احتمال عکس $P(x|w_i)$ با فرض اینکه توزیع احتمال کلاس‌ها به صورت توزیع نرمال چندبعدی است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P(x|w) = (2\pi)^{-f/2} |\Sigma_i|^{-1/2} \exp\left\{-\frac{1}{2}(x - m_i)^t \Sigma_i^{-1} (x - m_i)\right\} \quad (2)$$

m_i بردار میانگین، Σ_i ماتریس کوواریانس داده‌های کلاس w_i و f تعداد باندها است. سپس احتمال اولیه درصد کلی حضور کلاس طیفی w_i در تصویر $P(w_i)$ با توجه به اطلاعات کلی موجود در رابطه با منطقه محاسبه می‌شود اما در

¹ Hanning

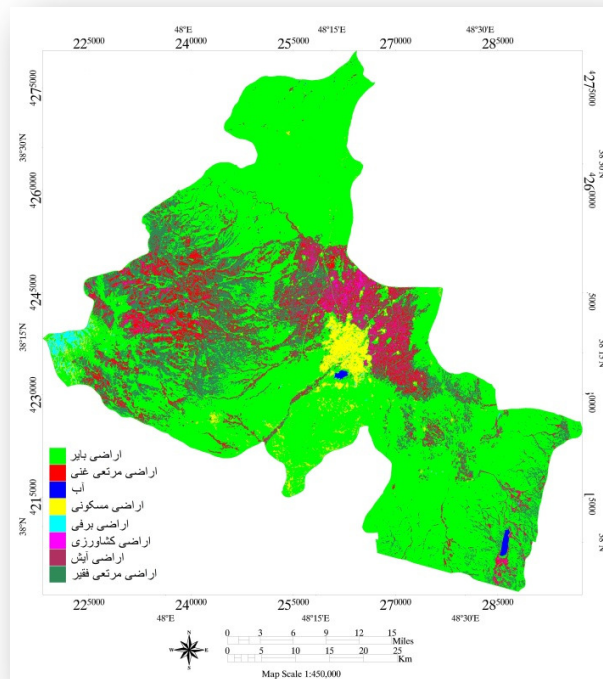
² Butterworth

³ Gaussian

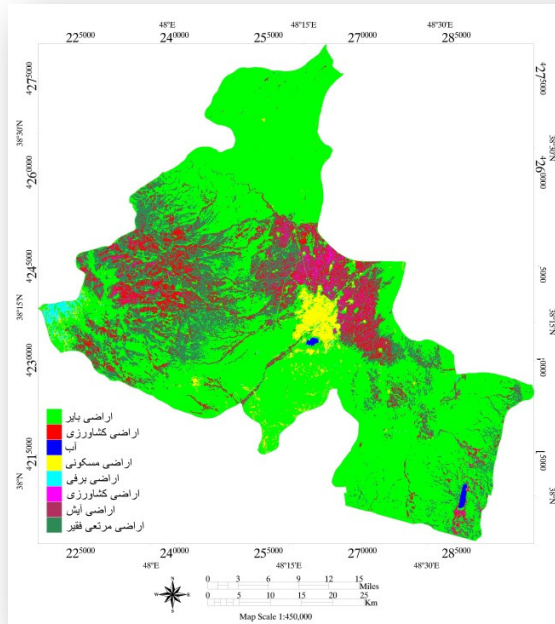
عمل به دلیل محدودیت اطلاعات جانبی، لزوم دقت بالا در تعیین احتمالات اولیه و امکان از بین رفتن کلاس‌های با مساحت کم در خروجی طبقه‌بندی، از محاسبه احتمالات اولیه صرف‌نظر شده و آن‌ها را مساوی فرض می‌کنند. در نهایت با محاسبه اجزا قانون بیز احتمال $P(wilx)$ برای هر پیکسل در تمام کلاس‌ها و مشخص کردن بیشترین مقدار احتمال ثانویه برچسب پیکسل مشخص می‌شود؛ بنابراین اجرای این روش شامل برآورد میانگین کلاس و ماتریس کوواریانس با استفاده از الگوهای آزمایشی انتخاب‌شده از نمونه‌های مشخص هر کلاس خاص می‌باشد.

۳- بحث نتایج

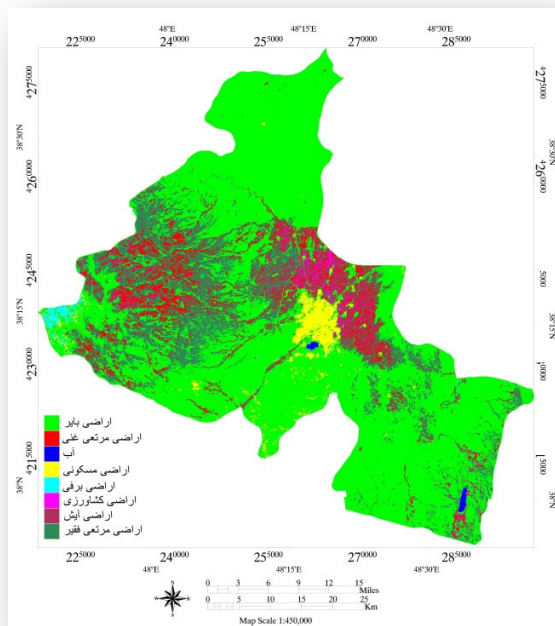
به منظور ارزیابی تأثیر عملیات پس پردازش بر روی صحت طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دوری، از اندازه کرنل‌های مختلف فیلتر *Majority* استفاده گردید. اعمال این فیلتر موجب ادغام پیکسل‌های موجود در یک محدوده معین (اندازه کرنل)، می‌گردد. از آنجایی که بعد از طبقه‌بندی تصاویر، پیکسل‌های منفرد در تصویر طبقه‌بندی شده مشاهده می‌گردد، لذا اعمال این فیلتر به منظور حذف و ادغام پیکسل‌های منفرد با پیکسل‌هایی که وزن بیشتری دارند موجب یکنواختی طبقه‌بندی نهایی می‌شود. شکل‌های (۲-۶)، نتایج اعمال این فیلتر در اندازه کرنل‌های مختلف را بر روی نتایج طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال را نشان می‌دهد.



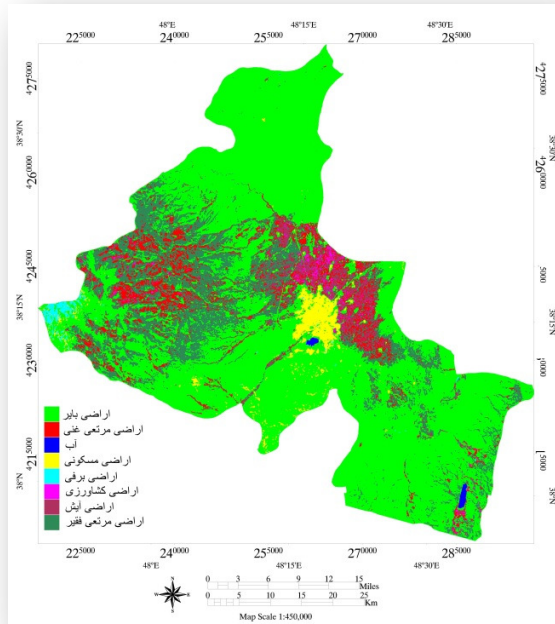
شکل ۲. اعمال فیلتر ۳×۳ بر روی طبقه‌بندی



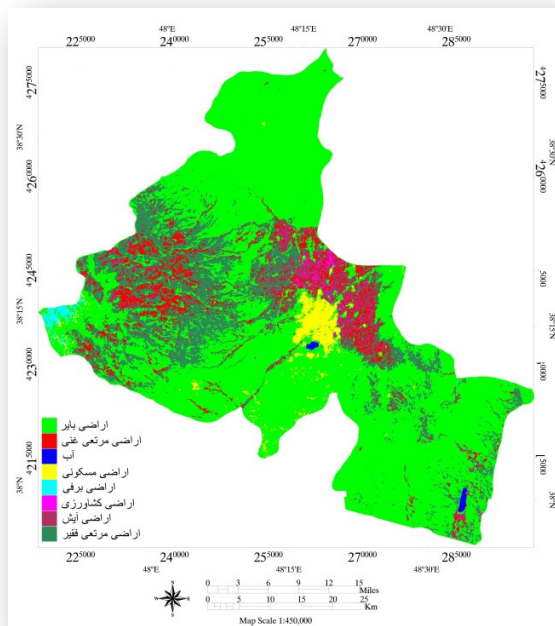
شکل ۳. اعمال فیلتر $5^{\circ}5'$ بر روی طبقه‌بندی



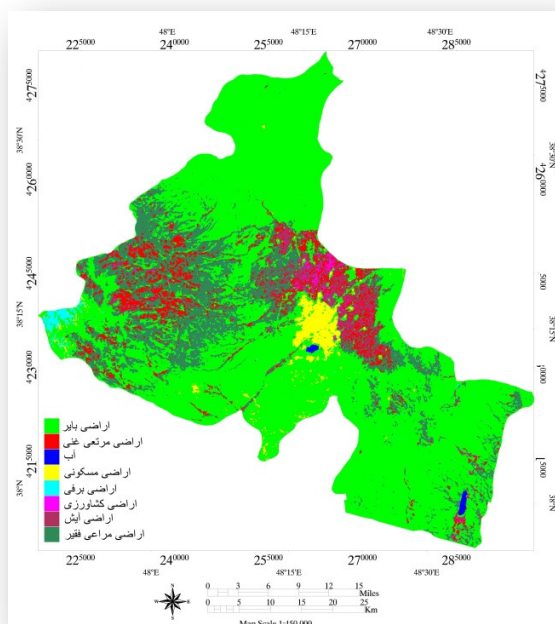
شکل ۴. اعمال فیلتر $7^{\circ}7'$ بر روی طبقه‌بندی



شکل ۵. اعمال فیلتر ۹*۹ بر روی طبقه‌بندی



شکل ۶. اعمال فیلتر ۱۱*۱۱ بر روی طبقه‌بندی



اعمال فیلتر ۱۳*۱۳ بر روی طبقه‌بندی

ارزیابی صحت طبقه‌بندی داده‌ها بعد از اعمال فیلتر *Majority* نشانگر تأثیر بالای انتخاب کرنل مناسب برای اعمال این فیلتر بعد از طبقه‌بندی داده‌ها دارد. تصویر طبقه‌بندی شده بدون اعمال فیلتر *Majority* به ترتیب دارای صحت کلی و ضریب کاپا ۸۸,۳ و ۰,۸۷ بود که بعد از اعمال فیلتر ۳*۳، به ترتیب ۸۹,۲ و ۰,۸۸ افزایش پیدا کرده است. اعمال فیلتر ۵*۵ نیز موجب افزایش صحت کلی و ضریب کاپا شده است که مقدار آن به ترتیب ۹۱,۶ و ۰,۹۱ بوده است. با افزایش اندازه کرنل به ۷*۷، تقریباً میزان صحت تغییری نداشته و ۹۱,۸ بوده ولی ضریب کاپا نسبت به اندازه کرنل ۵*۵ ثابت بوده و ۰,۹۱ را داشته است. از اندازه کرنل ۷*۷ به بالاتر، میزان صحت کلی و ضریب کاپا به شدت پایین آمده و برای کرنل ۹*۹ به ترتیب ۸۴,۳ و ۰,۸۵ صحت کلی و ضریب کاپا به دست داده است. اندازه کرنل‌های ۱۱*۱۱ و ۱۳*۱۳ نیز به ترتیب دارای ۸۰,۵، ۷۷,۲ صحت کلی و ۰,۷۸ و ۰,۷۴ ضریب کاپا داشته‌اند. جدول (۱)، صحت کلی و ضریب کاپا مربوط به هر یک از اندازه کرنل‌های فیلتر *Majority* را نشان می‌دهد.

جدول ۱. صحت کلی و ضریب کاپا در اندازه کرنل‌های مختلف فیلتر *Majority*

	صحت کلی	ضریب کاپا
تصویر اصلی	۸۸,۳	۰,۸۷
۳*۳	۸۹,۲	۰,۸۸
۵*۵	۹۱,۶	۰,۹۱
۷*۷	۹۱,۸	۰,۹۱
۹*۹	۸۴,۳	۰,۸۵

۱۱*۱۱	۸۰,۵	۰,۷۸
۱۳*۱۳	۷۷,۲	۰,۷۴

۴- نتيجہ گيري

طبقه‌بندي تصاویر سنجش‌ازدوري یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای است. صحت این طبقه‌بندي به‌منظور استفاده محیطي و برنامه‌ريزي‌ها جهت مطالعه عوارض سطح زمین از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در این تحقیق به ارزیابی تأثیر عملیات پس پردازش بر روی طبقه‌بندي داده‌ها اقدام گردیده است. فیلتر *Majority* یکی از اعمالی است که بعد از طبقه‌بندي داده‌ها، به‌منظور افزایش صحت نتایج مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بین انتخاب اندازه کرنل این فیلتر اهمیت بسیار بالایی دارد. استفاده از اندازه کرنل‌های کوچک‌تر به‌منظور حذف پیکسل‌های منفرد و ادغام در طبقات مجاور موجب افزایش صحت طبقه‌بندي می‌شود. به دلیل اینکه در هنگام طبقه‌بندي، پیکسل‌هایی در درون طبقات با برچسب طبقه‌ای دیگر قرار می‌گیرند، ادغام این پیکسل‌های منفرد در درون طبقات مجاور، دلیل افزایش صحت نهایی می‌باشد. همان‌گونه که نتایج تحقیق نشان داد، با هر بار افزایش اندازه کرنل تا اندازه 7×7 ، صحت طبقه‌بندي افزایش پیدا می‌کند و استفاده از این فیلتر را به‌به‌عنوان یک عملیات پس پردازش ضروری می‌نماید. از اندازه کرنل 7×7 به بالاتر، به دلیل ادغام پیکسل‌های بیشتر با طبقات مجاور، مرز بین طبقات از بین رفته و پیکسل‌های واقع در مرز، به کلاس‌های مجاور انتقال می‌یابند که این امر موجب کاهش صحت طبقه‌بندي نهایی می‌شود. در اندازه کرنل 13×13 ، میزان صحت کلی به $77,2\%$ کاهش پیدا می‌کند که این عدد در مقایسه با صحت کلی تصویر اصلی، $88,3\%$ نشانگر کاهش $11,1\%$ درصدی صحت طبقه‌بندي است. بنابراین اندازه کرنل‌های 5×5 و 7×7 به‌عنوان کرنل بهینه در عملیات پس پردازش معرفی می‌گردد.

منابع

امیرانتخابی، شهرام. جوان، فرهاد. حسنی مقدم، حسن (۱۳۹۶)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور در برنامه‌ريزي، دوره (۸)، شماره ۳. ۱-۱۱.

پل ام میدز. پردازش کامپیوتری تصاویر ماهواره‌ای، ترجمه محمد نجفی دیسفانی، چاپ اول، ۱۳۷۷، انتشارات سمت: تهران.

تراهی، علی اصغر. عدلی عتیق، رسول. حسنی مقدم، حسن (۱۳۹۴). ارزیابی قابلیت الگوریتم‌های طبقه‌بندي نظارت‌شده در تهیه نقشه کاربری اراضی. اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران. ایران.

تراهی، علی اصغر. حسنی مقدم، حسن. عدلی عتیق، رسول (۱۳۹۵)، ارزیابی عملکرد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تهیه نقشه کاربری اراضی. دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران. ایران.

جوان، فرهاد. حسنی مقدم، حسن (۱۳۹۶). آشکارسازی میزان تخریب جنگل‌های هیرکانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان. مجله استراتژی راهبردی جنگل، دوره (۲)، شماره ۵. ۱-۱۱.

حسنی مقدم، حسن (۱۳۹۶). ارزیابی عملکرد تبدیل موجک با الگوریتم‌های سطح اتخاذ تصمیم در ادغام تصاویر فرا طیفی با تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور، دانشگاه خوارزمی تهران، استاد راهنما، دکتر علی‌اصغر تراهی.

حسنی مقدم، حسن. تراهی، علی‌اصغر (۱۳۹۷). افزایش صحت استخراج اطلاعات از داده‌های سنجنده *OLI* با استفاده از روش *FFT-IHS* مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره (۱)، شماره ۱. ۶۴-۷۹.

روزبهرانی، مهری. فارسی زاده، ندا. فتحیان، ونوس. حاجب، محمد (۱۳۹۴). تهیه خودکار نقشه عوارض شهری با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدوری. اولین همایش علمی پژوهشی افق‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی ایران.

فاطمی، سید باقر. مباحثی، محمدرضا. آبکار، علی‌اکبر (۱۳۹۳). تأثیر استفاده از اطلاعات همسایگی مکانی در دقت خوشه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای. علوم و فنون نقشه‌برداری. دوره (۳)، ۸۹-۷۷.

Akctay, O., & Avsar, E, O. (2017). The effect of image enhancement methods during feature detection and matching of thermal images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. 575- 578.

Alikhah Asl, M., Frootan, E., & Namdar, M. (2014). Evaluation of different enhanvment remote sensing techniques. Agriculture innovation and research, Vol(3), 33-37.

Csillik, O., & Belgiu, M. (2017). Cropland mapping from Sentinel-2 time series data using object based image analysis. AGILE, 9-12 May, Wageningen.

Duarte, D., Nex, F., Kerle, N., & Vosselman, G. (2018). Satellite image classification of building damages using airborne and satellite images samples in deep learning approach. ISPRS, Vol(4). 89- 96.

Gonzales, R, C., & Woods, R, E.(2007). Digital image processing, prentice hall publication.

Hasani Moghaddam, H., Adli Atiq, R., Gholami, J., Abasi Ghadim, M., & Ziaeian Firoozabadi, P. (2018). Performance analysis of support vector machine, Neural network and maximum likelihood in land use cover mapping. 2nd International Conference on New Horizons in the Engineering Science, 9th August 2018 - Istanbul Turkey. Yildiz Technical University.

Kumar Singla, S., Garg, R. D., Dubey, O. P., & Bala, N. (2018). Extraction of crop information from reconstructed Landsat data in Himalayan foothills Procedia computer science, Vol(125), 99-106.

Pohl, Ch., & Van Genderen, J. (2017). Remote sensing image fusion. CRC press, New York, united states. 133.

Shen, H., Lin, Y., Tian, Q., Xu, K., & Jiao, J.(2018). *A comparison of multiple classifier combinations using different weights for remote sensing image classification. International journal of remote sensing, Vol(39), 3705- 3722.*

Su, T, Ch. (2017). *A filter base post processing technique for improving homogeneity pf pixel wise classification data. European journal of remote sensing, Vol(49), 531-552.*

Wang, W., Li, W., Zhang, Ch., & Zhang, W. (2018). *Improving object based land use/cover classification from medium resolution imagery by Markov chain geostatistical post classification. Land magazine, Vol(7), 1-16.*

Watanabe, F., Alcantara, E., Rodrigues, Th., Rotta, L., Bernardo, N., & Imai, N. (2017). *Remote sensing of the chlorophyll-a based on OLI/ Landsat8 and MSI/ Sentinel-2. Annual of the Brazilian Academy of science. ۱-۱۴.*