




Speckle filtering impact on land cover mapping using the combination of Sentinel-1 and Sentinel-2 images (Case study: Bandar Mahshahr)

Hajarian, M. H¹  | Attarchi, S. ^{2✉}  | Alavipanah, S. K³ 

1. M.Sc. Student, Remote sensing and GIS Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. Email:

2. **Corresponding Author**, Assistant Professor, Remote sensing and GIS Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: satarchi@ut.ac.ir

3. Full Professor, Remote sensing and GIS Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: salavipa@ut.ac.ir

(Received: 27 Dec 2022, Revised: 4 Feb 2023, Accepted: 13 Nov 2022, Published Online: 13 Nov 2022)

Abstract

Land use and land cover maps are essentially needed for socio-economic development and environment protection. Accurate and up to date maps play an important role in urban planning. Synthetic Aperture Radar (SAR) sensors provides unique information from the Earth surface due to their imaging capabilities in all-weather condition. However, inherent speckle effect limits their application. In this study, the effect of speckle filtering on the land use/land cover (LULC) classification map in Bander-Mahshahr, Iran has been studied. Dual-polarimetric Sentinel 1-A (VH,VV) and multispectral Sentinel-2B were fused for classification purposes. Different speckle removing methods such as Boxcar, Median, Frost, Refined Lee, Lee Sigma, Intensity-Driven Adaptive-Neighborhood, Gamma Map, and Lee filters were applied on the Sentinel-1A dataset. The Gram-Schmidt (GS) fusion process was chosen to integrate the multispectral Sentinel-2 data and VH, VV bands of Sentinel-1 data. Then, the LULC (land use/land cover) was produced with a random forest classifier. IDAN filter has reached the highest overall accuracy (i.e., 76.64%) and Kappa coefficient (i.e., 0.72) on the combined VH polarization image and sentinel-2 bands. Also, in combining VV polarization with Sentinel 2 bands, the median filter provides the highest performance with overall accuracy of 76.6% and Kappa coefficient of 0.7. As the study area is located in a coastal environment and there is frequent cloud cover, the combination of two polarizations VV and VH without using Sentinel-2 bands was also studied. The highest performance was provided by the boxcar filter with an overall accuracy of 95.56% and a Kappa coefficient of 0.94. The obtained results confirm the high capabilities of SAR images in LULC mapping in a coastal city.

Keywords: Mahshahr port, Sentinel 1, speckle, random forest, land use

Cite this article: Hajarian, M. H., Attarchi, S., Alavipanah, S. K. (2022). Speckle filtering impact on land cover mapping using the combination of Sentinel-1 and Sentinel-2 images (Case study: Bandar Mahshahr). Nivar, Vol. 46, No. 118-119. 95-112.

DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.167435>



Publisher: Iran Meteorological Organization
DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.167435>

Print ISSN: 1735-0565
Online ISSN: 2645-3347

ارزیابی کارایی فیلترهای کاهش اسپکل در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از ترکیب تصاویر سنتینل ۱ و سنتینل ۲ (مطالعه موردی: بندرماهشهر)

محمدحسین حجاریان^۱ | سارا عطارچی^۲ | سید کاظم علوی پناه^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه:
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: satarachi@ut.ac.ir
۳. استاد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: salavipa@ut.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶، بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶، انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶)

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسائل برنامه ریزی شهری، وجود نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین است. در دسترس بودن نقشه‌های کاربری اراضی موجب استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت‌های موجود در مناطق شهری و برنامه‌ریزی هدفمند می‌شود. این مطالعه، تاثیر فیلترهای کاهش اسپکل بر طبقه‌بندی کاربری اراضی با داده‌های ترکیبی سنتینل ۱ و سنتینل ۲ در بندر ماهشهر مورد بررسی قرار داده‌است. فیلترهای پرکاربرد باکسکار، میانه، فراست، گامامپ، لی، لی-بهبودیافته، لی-سیگما و همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت بر روی تصاویر سنتینل ۱ اعمال شد، با روش تلفیق گرم-اشمیت داده‌های سنتینل ۱ در هر دو قطبش VV, VH با باندهای سنتینل ۲ ترکیب شد. سپس با طبقه‌بندی کننده جنگل تصادفی اقدام به تولید نقشه کاربری اراضی شد. بالاترین عملکرد فیلتر را در ترکیب قطبش VH با باندهای سنتینل ۲، فیلتر IDAN با صحت کلی ۷۶.۶۴٪ و ضریب کاپا ۰.۷۲ ارائه می‌کند. همچنین در ترکیب قطبش VV با باندهای سنتینل ۲، فیلتر میانه با صحت کلی ۷۶.۶٪ و ضریب کاپا ۰.۷ بالاترین عملکرد را ارائه می‌کند. با توجه به محیط مورد مطالعه و حضور مناطق دارای رطوبت به این منظور ترکیب دو قطبش VV, VH بدون استفاده از باندهای سنتینل ۲ نیز مورد مطالعه قرار گرفت. بالاترین عملکرد را فیلتر باکسکار با صحت کلی ۹۵.۵۶٪ و ضریب کاپا ۰.۹۴ ارائه کرد. با توجه به نتایج، نقش داده‌های سار با هر دو قطبش در جداسازی بهتر مناطق دارای رطوبت بسیار با اهمیت است.

کلمات کلیدی: بندر ماهشهر، سنتینل ۱، اسپکل، جنگل تصادفی، کاربری اراضی.

۱. مقدمه

تصاویر اپتیک بسیار محدود می‌شود. از این رو در تحقیقات فراوانی که به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی صورت پذیرفته است از داده‌های سار به صورت مستقل و یا ترکیبی استفاده می‌شود (Steinhausen et al, 2018). داده‌های سار عملکرد بسیار بالایی در جداسازی پهنه‌های آبی و مرطوب از خاک و اراضی دارای رطوبت کم دارند. عموماً مناطق آبی در تصاویر سار دارای باز پراکنش پایین هستند همچنین به دلیل اینکه باز پراکنش مناطق با زبری زیاد بالاتر از سایر مناطق است، از این خاصیت در مطالعات مربوط به مناطق آبی استفاده می‌شود (Aldhshan, etal, 2019). همچنین از این خاصیت به عنوان

کاربری اراضی هم با عوامل انسانی و هم با شرایط طبیعی مرتبط است (Rawat & Kumar, 2015). همچنین کاربری اراضی نشان‌دهنده تأثیر مدیریت انسان بر طبیعت و محیط زیست منطقه می‌باشد (Ali et al, 2018)، (Shareef & Hasan, 2020). تولید نقشه کاربری اراضی محدود به منطقه خاصی نیست و هر منطقه با توجه به کاربری‌های موجود نیازمند پایش کاربری می‌باشد (Badreldin & Goossens, 2014). در مطالعات سری زمانی و در مواردی که به تعدادی تصویر بدون ابر در هر فصل یا منطقه نیاز باشد، دسترسی به

استناد: حجاریان، محمدحسین؛ عطارچی، سارا؛ علوی پناه، سید کاظم (۱۴۰۰)، ارزیابی کارایی فیلترهای کاهش اسپکل در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از ترکیب تصاویر سنتینل ۱ و سنتینل ۲ (مطالعه موردی: بندرماهشهر)، مجله نیوار، دوره ۴۶، شماره ۱۱۸-۱۱۹، ۹۵-۱۱۲. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.167435>



داده‌های سنتینل ۱ توانست نقشه کاربری اراضی را با صحت مطلوبی تهیه کند (Barbosa et al, 2021). با وجود تمام مزایا و دسترسی رایگان به داده‌های سار، این داده‌ها دارای الگوی فلفل نمکی نويز ماندی به نام اسپکل هستند؛ وجود این الگوهای نويز مانند ممکن است کاربرد تصاویر سار را کاهش داده و همچنین توانایی شناسایی اهداف زمینی را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو استفاده از فیلترها برای کاهش اثر اسپکل در پردازش تصاویر سار ضروری است (de Leeuw & de Carvalho, 2009). با در دسترس بودن چندین فیلتر، کاربران باید بهترین فیلتر را برای کاربردهای خاص بشناسند در این خصوص مطالعات زیادی برای مقایسه بسیاری از انواع فیلترها با تصاویر ماهواره‌ای متفاوت انجام شده است (Talab, 2011). در ادامه چند مطالعه پیرامون فیلترهای اسپکل بررسی شده است. در مطالعه‌ای با تصاویر سنتینل ۱ سعی شد نقشه سیل در تاریخ وقوع در شهر کراالا هند با دو طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی استخراج شود، از آنجایی که جداسازی پوشش خشکی از آب دشوار است بنابراین فیلترهای گوناگونی بر روی تصویر سنتینل ۱ اعمال شد؛ نتایج ارزیابی فیلتر مشخص کرد فیلتر لی بهترین عملکرد را داشت و همچنین طبقه‌بندی جنگل تصادفی صحت بالاتری نسبت به طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان ارائه داد (Rana & Suryanarayana, 2019). اثر کاهش اسپکل بر روی جنگل‌های حرا در غرب بنگال هند مشخص کرد فیلتر باکسکار مناسب‌ترین فیلتر برای کاهش اسپکل در تصاویر سار در این گونه مناطق رویشگاهی می‌باشد (Ansari et al, 2020). مطالعه‌ای به منظور پایش سریع سیل با تصاویر سنتینل ۱ در یک حوزه آبخیز در شمال شرقی مراکش صورت پذیرفت، در این مطالعه ابتدا دو تصویر در زمان وقوع سیل و بعد از سیل تهیه شد. در مرحله بعد، اثر اسپکل با فیلتر لی کاهش یافت. سپس ترکیبی رنگی از دو تصویر ساخته شد و با آستانه گذاری مناسب سعی شد مناطق آب گرفته مشخص شود (Benzougagh et al, 2021). در مطالعه‌ای در شهر کرکوک عراق به بررسی تأثیر فیلتر کاهش اسپکل در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از ترکیب تصاویر سنتینل ۱ و ۲

ابزاری مناسب برای استخراج مناطق سیل‌زده استفاده می‌شود (Rao et al, 2006)، (Dadhich et al, 2019). در مطالعه‌ای با ترکیب تصاویر سنتینل ۱ و ۲ سعی شد مناطق شهری در سراسر جهان استخراج شود (Ban et al, 2017). همچنین برای بهبود نتایج طبقه‌بندی از داده‌های ادغام شده سنتینل ۱ و ۲ برای نقشه سکونت جهانی انسان استفاده شده است (Pesaresi et al. 2016). در پژوهشی برای بررسی اکوسیستم تالاب از ترکیب داده‌های سنتینل ۱ و ۲ استفاده شد، نتایج توانست نشان دهد فهم پیچیدگی‌های اکوسیستم‌های آبی با تلفیق این دو داده سهل‌تر صورت می‌گیرد (Yesou et al, 2016). در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های سنتینل ۱ و آلوس ۲ در شهر باندونگ اندونزی میزان فرونشست زمین اندازه‌گیری شد، سپس با همپوشانی نقشه کاربری اراضی و نقشه فرونشست مشخص شد در این محدوده کاربری‌های مسکونی، صنعتی و کشاورزی هر یک نقش بارزی در پدیده فرونشست دارند تا پیش از این تصور بر این بود که فرونشست ناشی از کاربری‌های صنعتی می‌باشند (Du et al, 2018). در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های سنتینل ۱ و ۲ سعی شد انواع کاربری اراضی در یک مزرعه در فصل زمستان با دو طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی مشخص شود؛ نتایج نشان داد ترکیب تصاویر سنتینل ۱ و ۲ می‌تواند صحت طبقه‌بندی را بهبود ببخشد (Denize et al, 2019). در پژوهشی با استفاده از داده‌های چند زمانه سنتینل ۱ و ۲ نقشه کاربری اراضی در منطقه ساحلی مکونگ ویتنام با استفاده از یادگیری ماشین تهیه شد. نتایج نشان داد داده‌های سنتینل ۱ توانایی مناسبی در تهیه نقشه کاربری اراضی دارند با این وجود ترکیب تصاویر می‌تواند نتایج را بهبود ببخشد (Pham et al, 2020). کاربرد چند طبقه‌بندی کننده در تهیه نقشه کاربری اراضی در مطالعه‌ای در منطقه ساحل کشور نیجر بر روی داده‌های سنتینل ۱ و ۲ مورد مطالعه قرار گرفت، در این مطالعه از طبقه‌بندی حداکثر شباهت، ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی استفاده شد؛ ترکیب روش‌های طبقه‌بندی توانست الگو منطقه را بهتر شناسایی کند (Schulz et al, 2021). مطالعه‌ای در منطقه‌ای از برزیل با استفاده از دو پارامتر شدت و تداخل سنجی

داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه علاوه بر اینکه می‌تواند در محیط‌های آبی نوسانات سطح آب را در مصب‌ها نشان دهد، اثر جزر و مد را در تهیه نقشه پوشش زمین کاهش می‌دهد (Wang et al, 2019). تاریخ اخذ تصاویر در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. تاریخ تصاویر سنتینل ۱ و ۲

تصویر	تاریخ دریافت تصاویر	
سنتینل ۱	۲۰۲۱-۰۲-۲۱	۲۰۲۰-۱۲-۱۱
سنتینل ۲	-	۲۰۲۰-۱۲-۱۳

مراحل اجرای این تحقیق در شکل (۲) آورده شده است. پس از اخذ تصاویر سنتینل ۱، تصاویر پیش پردازش شد. ابتدا نویز حرارتی سنجنده حذف شد. سپس تصحیح رادیومتریکی تصاویر انجام شد، در مرحله بعد تسطیح اثر زمین صورت پذیرفت، بعد از این مرحله، تصاویر چند منظر شدند، در مرحله بعد بر روی هر تصویر فیلترهای اسپکل اعمال شد، در نهایت با مدل رقومی ارتفاع تصحیح هندسی تصاویر انجام شد. سپس تصاویر ادغام و به طبقه‌بندی کننده جنگل تصادفی معرفی شد. به منظور صحت سنجی نقشه کاربری اراضی از نمونه‌های ارزیابی از سامانه گوگل ارث در تاریخ‌های نزدیک به اخذ تصاویر استفاده شد. اصولاً در تصاویر سار به منظور کاهش اثر اسپکل از فیلتر استفاده می‌شود. چند منظرسازی، اولین فیلتری است که عموماً بر روی بیشتر تصاویر سار اعمال می‌شود، با این وجود هنوز هم به یک فیلتر دیگر نیاز است تا اثر اسپکل به طور قابل قبولی کاهش یابد. در میان فیلترهای توسعه داده شده، فیلترهای موجود در نرم‌افزار متن‌باز آژانس فضایی اروپا که شامل هشت فیلتر می‌باشد جز پرکاربردترین فیلترهای کاهش اثر اسپکل محسوب می‌شوند (Filipponi et al, 2019). بیشتر فیلترهای موجود از یک پنجره با ابعاد ثابت استفاده می‌کنند مانند فیلتر باکسکار، میانه همچنین برخی فیلترها نیز مانند فیلتر همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت از پنجره‌هایی با ابعاد متغیر استفاده می‌کنند. به منظور تصحیح اتمسفری تصویر سنتینل ۲ از عملگر (Sen2cor) استفاده شد، باندهای تصویر باز نمونه برداری شد و در نهایت ۴ باند شامل باندهای قرمز، سبز، آبی و

پرداخته شد. در این مطالعه از بین چهار فیلتر باکسکار، فراست، لی و گاما عملکرد فیلتر فراست با پنجره ۹ در ۹ نسبت به بقیه فیلترها بهتر گزارش شد (Hasan et al, 2021). در مطالعه‌ای برای حفظ لبه در تصاویر سنتینل ۱ و آلوس پالسار با فیلترهای کاهش اسپکل در جزیره قشم به این نتیجه رسیدند که فیلتر فراست بیشترین کارایی را بر روی تصویر سنتینل ۱ و فیلتر لی بهبود یافته بیشترین کارایی را در کاهش اسپکل بر روی تصویر آلوس پالسار داشت (سلحشوری و المدرسی، ۱۳۹۵). در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر فیلترهای کاهش اثر اسپکل بر روی تصاویر چند زمانه سنتینل ۱ به منظور رسیدن به صحت بالاتر در تولید نقشه پوشش اراضی با استفاده از طبقه‌بندی جنگل تصادفی پرداخته شده است. عموماً مطالعات یا بر روی یک تصویر و یا یک زمان تمرکز می‌کنند ولی در این تحقیق سعی شد ۳ تصویر در بازه یک ساله دانلود و طبقه‌بندی جنگل تصادفی اعمال شود، همچنین به علت اینکه منطقه مورد مطالعه بین دو محیط دریایی و خشکی واقع شده است و جز خور موسی محسوب می‌شود، حفظ لبه بین آب و خشکی اهمیت زیادی دارد. تمامی فیلترهای کاهش اسپکل در نرم‌افزار متن‌باز سازمان فضایی اروپا اعمال شده است. در ادامه به منظور بررسی نقش تلفیق تصاویر سنتینل ۱ و ۲ سعی شد تصویری بدون ابر با تاریخ نزدیک به یکی از تصاویر سنتینل ۱ دانلود شود، سپس با روش گرم اشمیت تصاویر ترکیب شدند و طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی اجرا شد.

۲. مواد و روش کار

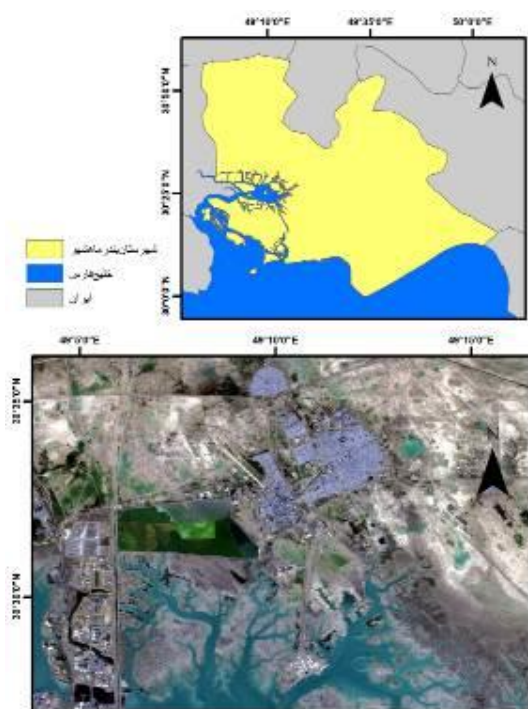
۲-۱. منطقه مورد مطالعه

بندر ماهشهر بین $30^{\circ} 45'$ عرض شمالی و $49^{\circ} 20'$ طول شرقی قرار دارد. بندر ماهشهر دسترسی مستقیم به خور موسی دارد، همچنین پتروشیمی ماهشهر و بندر صادراتی ماهشهر در این شهر بندری واقع شده‌اند (شکل ۱).

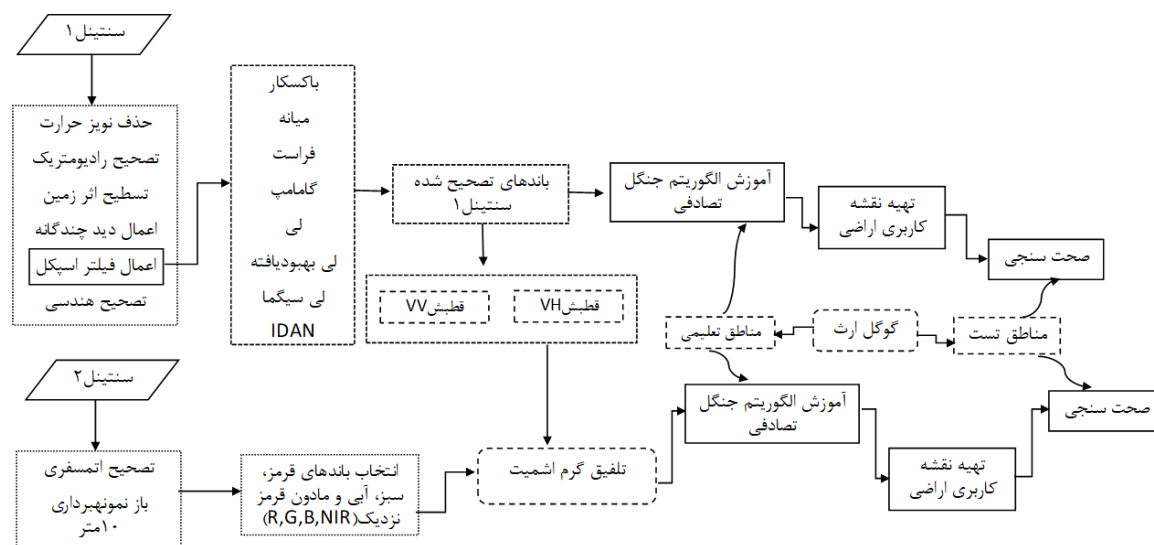
اگرچه در بسیاری از مطالعات ارزیابی اثر فیلترهای کاهش اسپکل با سنجنده‌های سار تمرکز بر روی یک تصویر می‌باشد در این تحقیق سعی شد سه تصویر در طول یک سال از منطقه دانلود و رویکرد چند زمانه پیاده‌سازی شود. استفاده از

جنگل برحسب تعداد درختان تعریف شده توسط کاربر ادامه می‌یابد، در نهایت احتمال انتساب هر کلاس توسط همه درختان تولید شده محاسبه شده و هر درخت به عضویت کلاس منتسب شده رأی می‌دهد؛ در پایان میزان عضویت با حداکثر آرا کلاس‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند (Belgiu & Drăguț 2016). طبقه‌بندی جنگل تصادفی در مطالعات بسیاری در تولید نقشه کاربری اراضی توانست موفقیت مناسبی کسب کند از آن جمله در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های متنوع سار به تولید نقشه کاربری اراضی پرداخته شد، نتایج گویا آن بود که طبقه‌بندی جنگل تصادفی از بین طبقه‌بندی‌های اعمال شده ۱۰ درصد صحت کلی بالاتری ارائه داد. همچنین نتایج نشان داد که جنگل تصادفی حساسیت کمتری نسبت به تعداد نمونه‌های آموزشی دارند و حتی با تعداد کم نمونه آموزشی عملکرد خوبی دارند (Waske & Braun 2009).

مادون قرمز نزدیک انتخاب شد. سپس با استفاده از روش گرم اشمیت تلفیق تصاویر سنتینل ۱ و ۲ صورت پذیرفت. در این روش از باندهای سنتینل ۲ و یک قطبش سنتینل ۱ که قبلاً تصحیحات و فیلتر اسپکل بر روی آن اعمال شده بود ترکیب انجام می‌شد و سپس از قطبش دیگر ترکیب بعدی به دست آمد. از هر خروجی فیلتر اسپکل یک تصویر با دو قطبش VH, VV به دست آمد. حال در مرحله ترکیب یک‌بار باندهای سنتینل ۲ با یک قطبش و یک‌بار با قطبش دیگر ترکیب می‌شوند. در نهایت تصویر ترکیب شده با طبقه‌بندی جنگل تصادفی طبقه‌بندی شده و نقشه کاربری اراضی تولید شد. طبقه‌بندی کننده جنگل تصادفی یک طبقه‌بندی کننده چندگانه محسوب می‌شود، در این طبقه‌بندی با استفاده از زیرمجموعه‌ای از نمونه‌ها و متغیرهای آموزشی به‌طور تصادفی درخت‌های تصمیم‌گیری متعددی تولید می‌شود. درختان تولید شده با حداقل دوسوم نمونه‌ها آموزش داده می‌شوند سپس با رشد



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان و شهر بندر ماهشهر (تصویر لنداست ۱۵۸دسامبر ۲۰۲۰ ترکیب باندی طبیعی، باند قرمز (۴)، سبز(۳)، آبی (۲))



شکل ۲. فلوچارت تحقیق

۳. نتایج و بحث

اسپکل را کاهش می‌دهد (Frost et al, 1982). شکل (۵) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر فراست آورده شده است.

۳-۱-۴. فیلتر گامامپ

فیلتر گامامپ توسط لویز (Lopes et al, 1990) توسعه داده شد. در این فیلتر فرض بر آن است که شدت تصاویر سار از توزیع گاما پیروی می‌کند در این صورت با بهره‌گیری از حد آستانه‌های مناسب می‌توان عملکرد این فیلتر را بهبود بخشید. شکل (۶) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر گامامپ آورده شده است.

۳-۱-۵. فیلتر لی

فیلتر لی بر مبنای خطای میانگین کمترین مربعات و مدل نویز ضرب شونده ابداع شد. فرض بر این است که اسپکل موجود در تصاویر سار به صورت گوسی می‌باشد. یکی از عمده‌ترین مشکلات این فیلتر، این است که اسپکل‌های نزدیک لبه‌های تیز به اندازه کافی فیلتر نمی‌شود (Lopes et al, 1990). شکل (۷) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر لی آورده شده است.

۳-۱-۶. فیلتر لی بهبود یافته

در این فیلتر سعی شده مشکل فیلتر لی برطرف شود. با فرض تقسیم یک تصویر به سه منطقه همگن، ناهمگن و اهداف نقطه‌ای، در مناطق همگن اسپکل با اعمال فیلتر پایین گذر

در ادامه هر کدام از فیلترهای مورد استفاده تشریح و نقشه کاربری اراضی تولید شده بر مبنای فیلتر مورد نظر آورده شده است.

۳-۱. طبقه‌بندی با تصاویر سنیتیل ۱ پس از اعمال

فیلترهای اسپکل

۳-۱-۱. فیلتر باکسکار

فیلتر باکسکار یک فیلتر میانگین‌گیر است که با مقداره‌ی پیکسل مرکزی پنجره انتخابی مقدار میانگین پیکسل‌ها را در اطراف جایگزین می‌کند، این فیلتر عملکرد خوبی در کاهش اسپکل دارد، در عین حال سبب هموار شدن لبه‌ها می‌شود (Shanthi & Valarmathi, 2013). شکل (۳) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر باکسکار آورده شده است.

۳-۱-۲. فیلتر میانه

فیلتر میانه به جای میانگین‌گیری از روش میانه استفاده می‌کند. در این فیلتر با توجه به اندازه پنجره، مقادیر میانه پیکسل‌های اطراف جایگزین پیکسل مرکزی می‌شود. شکل (۴) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر میانه آورده شده است.

۳-۱-۳. فیلتر فراست

فیلتر فراست پراکنش سطح زمین را در یک نقطه با دو ضریب نویز ضرب شونده و پاسخ سیستم سار در یک تابع تبدیل، اثر

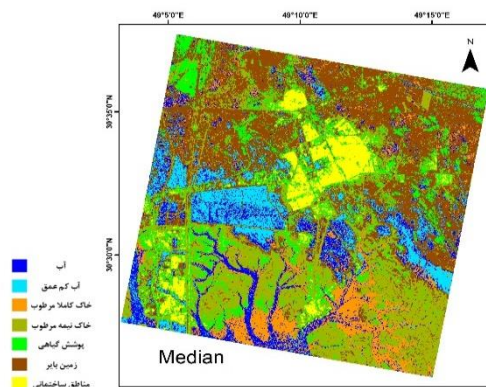
۳-۱-۸. فیلتر همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت

بیشتر فیلترها با پنجره با اندازه ثابت سعی می کنند اثر اسپکل را کاهش دهند، در این فیلتر به جای محدود کردن پنجره در اندازه ثابت، از تکنیک پنجره در حال رشد و معیارهای فیلتر لی سیگما استفاده می شود. ابتدا پیکسل ها در محدوده یک سیگما انتخاب می شوند و در مرحله بعد، پیکسل هایی که در توسعه اولیه در محدوده یک سیگما رد شده اند، دوباره ارزیابی می شود و در نهایت پیکسل هایی که در محدوده دو سیگما هستند در همسایگی تطبیقی نهایی در نظر گرفته می شوند (Vasile et al, 2006). شکل (۱۰) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت آورده شده است.

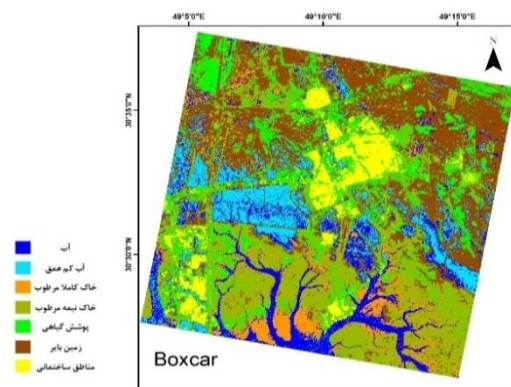
برطرف می شود. در مناطق ناهمگن اسپکل بدون مخدوش کردن بافت کاهش می یابد. در نهایت سعی می شود در عین حفظ مناطق پراکنده و نقطه ای، اسپکل برطرف شود (Lee, 1986). شکل (۸) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر لی بهبود یافته آورده شده است.

۳-۱-۷. فیلتر لی سیگما

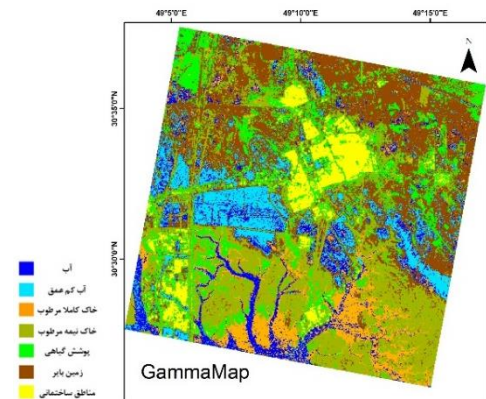
فیلتر لی سیگما بر فرض توزیع گوسی نويز اسپکل استوار است، در این فیلتر یک پنجره در نظر گرفته می شود و در محدوده سیگما سعی می کند میانگین گیری پیکسل ها را انجام دهد (Lee, 1983). شکل (۹) نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر با فیلتر لی سیگما آورده شده است.



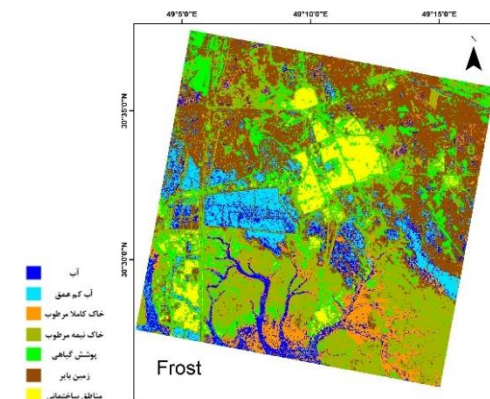
شکل ۴. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: میانه)



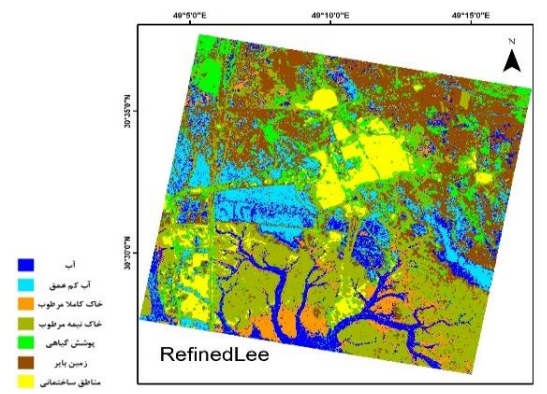
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: باکسکار)



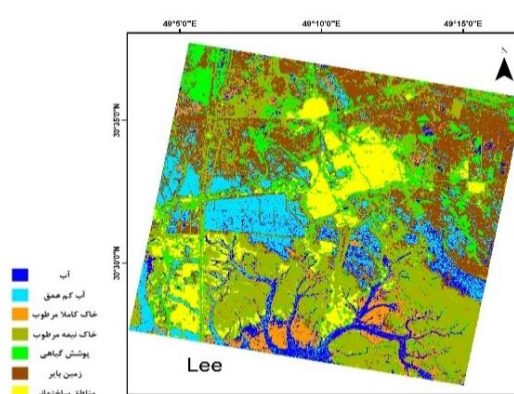
شکل ۶. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: گامامپ)



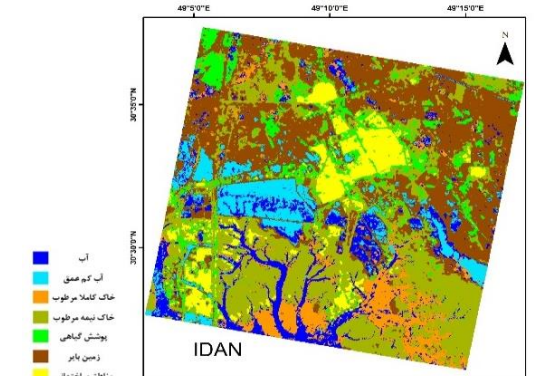
شکل ۵. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: فراست)



شکل ۸. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: لی بهبود یافته)

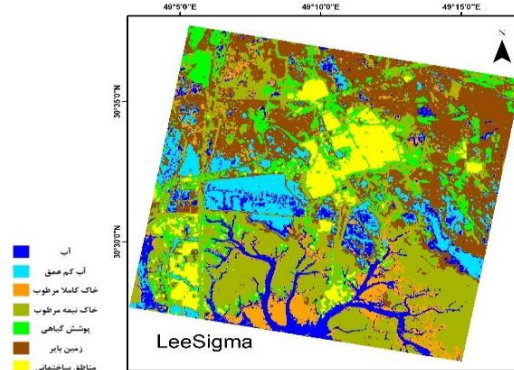


شکل ۷. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: لی)



شکل ۱۰. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: همسایگی

تطبیقی مبتنی بر شدت



شکل ۹. نقشه کاربری اراضی بندر ماهشهر (فیلتر مورد استفاده: لی سیگما)

پوشش‌های مانگرو به همراه مناطق ساخته شده هستند از این فیلترها استفاده نشود.

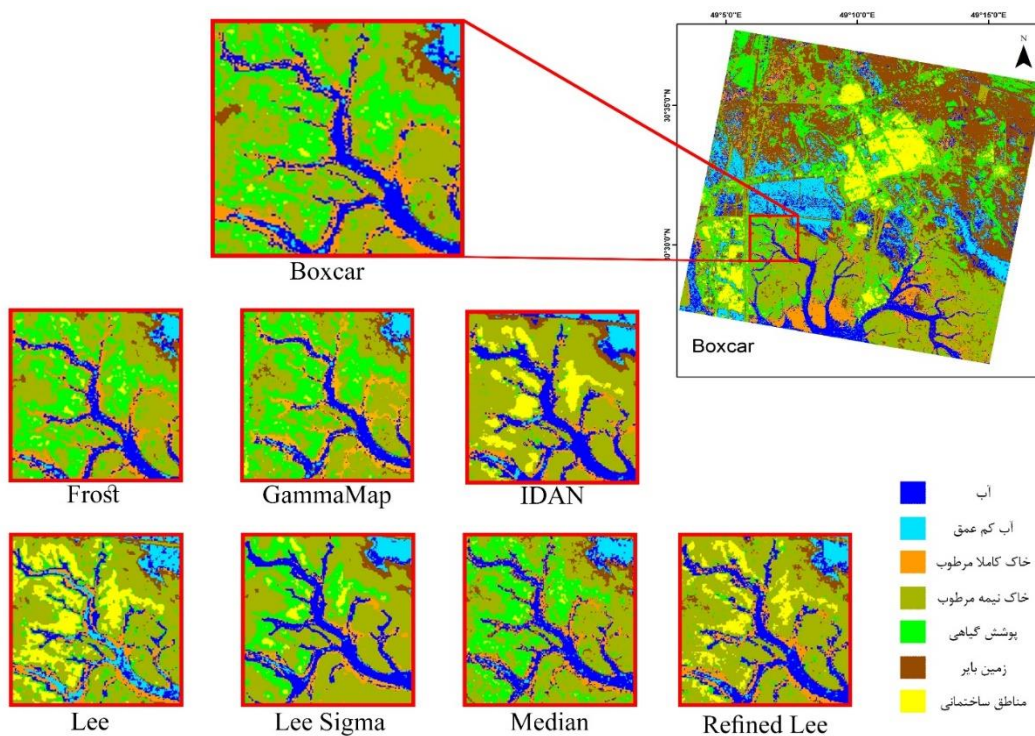
شکل (۱۱) مقایسه عملکرد فیلترهای کاهش اسپکل در جداسازی بهتر مناطق گیاهی از مناطق ساختمانی به خوبی به نمایش گذاشته شده است. همان‌طور که گفته شد برخی فیلترها عملکرد مناسبی در جداسازی مناطق گیاهی نداشتند و در طبقه‌بندی به‌عنوان مناطق ساختمانی طبقه‌بندی شدند. در این میان فیلتر گامامپ در مناطق گیاهی بسیار کارآمد عمل کرد به طوری که صحت کلی کلاس مناطق گیاهی در این فیلتر ۹۸.۳۶ برآورد شد در حالی که در فیلتر باکسکار صحت کلی برای این کلاس ۹۶.۷۲ برآورد شد. با اینکه عملکرد فیلتر گامامپ در کلاس آب متوسط برآورد شد با این حال بعد از فیلتر باکسکار و لی سیگما دارای بیشترین صحت کلی ۸۸.۴۲ و ضریب کاپا ۰.۸۶ می‌باشد. متناسب با هر نقشه کاربری اراضی تولیدی از هر کدام فیلترها صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه و

با توجه به جدول (۲) از ۷ کلاس شناسایی شده که عبارت‌اند از آب، آب کم عمق، خاک کاملاً مرطوب، خاک نیمه مرطوب، پوشش گیاهی، زمین بایر و مناطق ساختمانی، تمام فیلترها توانستند در کلاس‌های آب کم عمق، خاک کاملاً مرطوب، خاک نیمه مرطوب، زمین بایر و مناطق ساختمانی نتیجه قابل قبولی را کسب کنند. در کلاس آب فیلترهای میانه، فراست و گامامپ به ترتیب با مقادیر ۵۰، ۵۴.۶۹ و ۵۴.۶۹ کمترین صحت طبقه‌بندی را کسب کردند، همچنین در کلاس پوشش گیاهی، سه فیلتر لی، لی بهبود یافته و همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت به ترتیب ۲۲.۹۵، ۱۹.۶۷ و ۲۲.۹۵ کمترین صحت طبقه‌بندی را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه اغلب خطاهای مشاهده شده در طبقه‌بندی در کلاس پوشش گیاهی مربوط به نواحی از منطقه است که شامل مناطق مانگرو هست می‌توان نتیجه گرفت بهتر است از سه فیلتر لی، لی بهبود یافته و همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت در مناطقی از کشور که دارای

در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۲. مقادیر استخراج شده از ماتریس خطا در هر کلاس با توجه به فیلتر اعمال شده

کلاس/فیلتر کاهش اسپیکل	باکسکار	میانه	فراست	گامامپ	لی	لی بهبود یافته	لی سیگما	IDAN
آب	98.44	50	54.69	54.69	71.88	93.75	96.88	57.81
آب کم عمق	90	85	87.5	95	90	95	95	87.5
خاک کاملاً مرطوب	97.96	81.63	77.55	97.96	75.51	95.92	89	91.84
خاک نیمه مرطوب	94.92	84.75	93.22	94.92	96.61	96.61	100	96.61
پوشش گیاهی	96.72	88.52	88.52	98.36	22.95	19.67	72.13	22.95
زمین بایر	98.51	92.54	95.52	92.5	79.1	86.57	94.03	91.01
مناطق ساختمانی	90.91	83.33	86.36	90.91	96.97	93.94	93.94	89.39



شکل ۱۱. عملکرد فیلترهای مختلف در کلاس پوشش گیاهی

جدول ۳. صحت کلی و ضریب کاپا نقشه‌های کاربری اراضی

فیلتر/ پارامتر ارزیابی	صحت کلی	ضریب کاپا
باکسکار	95.56	0.94
میانه	80.54	0.77
فراست	83.25	0.8
گامامپ	88.42	0.86
لی	75.61	0.71
لی بهبود یافته	82.26	0.79
لی سیگما	91.62	0.9
IDAN	76.84	0.72

جدول ۴. صحت کلی و ضریب کلی ترکیب سنتینل ۲ و قطبش VH

سنتینل ۲ با باند VH	صحت کلی	فیلتر/ پارامتر ارزیابی
۰.۷۱	۷۵.۶۶	باکسکار
۰.۷	۷۴.۹۳	میانه
۰.۶۸	۷۲.۹۹	فراست
۰.۶۸	۷۳.۴۷	گامامپ
۰.۵۸	۶۴.۹۶	لی
۰.۶۴	۶۹.۸۲	لی بهبود یافته
۰.۶۴	۶۹.۳۴	لی سیگما
۰.۷۲	۷۶.۶۴	IDAN

با توجه به جدول (۲) بیشترین کارایی را فیلتر باکسکار ارائه داده است. با این وجود برخی فیلترها دارای صحت کلی و ضریب کاپا مناسب هستند ولی در دو کلاس پوشش گیاهی و شهر و همچنین آب و خاک مرطوب به درستی نتوانستند عمل کنند و دارای کمترین صحت در این کلاسها هستند ولی در بقیه کلاسها تقریباً تمام فیلترها به خوبی عمل کرده‌اند.

۲-۳. طبقه‌بندی تصاویر طیفی سنتینل ۲ و تصاویر رادار سنتینل ۱

عملکرد کارایی فیلترهای کاهش اسپکل بر روی تصاویر رادار پلاریمتریک سنتینل ۱ یکی از اهداف اصلی این مطالعه است. با این وجود ترکیب تصاویر طیفی سنتینل ۲ و قطبش‌های سنتینل ۱ نیز از اهدافی است که در طبقه‌بندی داده‌های طیفی و رادار در بسیاری از مطالعات حائز اهمیت ذکر شده است. تغییرات در صحت طبقه‌بندی در جدول (۴) نشان داده شده است. فیلترهای اعمال شده و در نهایت ادغام هر قطبش سنتینل ۱ با باندهای طیفی سنتینل ۲ بهبود عملکرد را در مقایسه با تصاویر پلاریمتریک سنتینل ۱ به تنهایی در برخی از کلاسها ارائه می‌دهد. این تغییرات در کلاس پوشش گیاهی بسیار برجسته نمایان است.

۳-۳. طبقه‌بندی تصاویر ترکیب شده با قطبش VH

همان‌طور که اشاره شد باندهای انتخاب شده از تصویر سنتینل ۲ با قطبش VH ادغام شد. نتایج با دو شاخص صحت کلی و ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به جدول (۴) نتایج حاصل از هر فیلتر آورده شده است. نتایج فیلتر IDAN بهترین عملکرد را ثبت کرده است. با این وجود فیلتر باکسکار نیز توانسته نتیجه مطلوبی ارائه دهد.

به منظور ارزیابی دقیق‌تر در جدول (۶) تمام کلاسها مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به جدول (۶) تمامی فیلترها در کلاس آب، پوشش گیاهی و مناطق ساختمانی عملکرد مطلوبی ارائه داده‌اند. با وجود ادغام قطبش VH با باندهای تصویر سنتینل ۲ هنوز تمایز کلاس‌هایی که دارای رطوبت ناچیزند با مشکل مواجه‌اند به طوری که کلاس آب کم‌عمق در برخی فیلترها عملکرد بسیار پایینی داشته‌اند همچنین کلاس خاک نیمه مرطوب فقط در سه فیلتر IDAN، گامامپ و باکسکار توانسته به خوبی عمل کند ولی در بقیه فیلترها نتایج ضعیفی ارائه داده است. بیشتر نمونه‌ها در کلاس زمین بایر و خاک نیمه مرطوب قابل تمایز نبودند و باعث شده‌اند که در این کلاسها عملکرد مطلوبی گزارش نشود. در این ادغام در کلاس آب فیلتر لی بهبود یافته عملکرد مطلوبی با مقدار ۹۲.۱۹ داشته است، در کلاس آب کم‌عمق با مقدار ۷۰ فیلتر لی سیگما عملکرد مطلوبی داشته است. در کلاس خاک کاملاً مرطوب فیلترهای فراست، لی سیگما و IDAN با مقدار ۸۳.۶۷ عملکرد مطلوبی گزارش شد. در کلاس خاک نیمه مرطوب فیلتر IDAN با مقدار ۸۱.۳۶ عملکرد مطلوبی داشته است. در کلاس پوشش گیاهی فیلتر میانه با مقدار ۷۸.۷۹ عملکرد مناسبی داشته است، در کلاس زمین بایر فیلتر باکسکار با مقدار ۷۴.۶۳ عملکرد مناسبی ثبت کرده است. در کلاس مناطق ساختمانی فیلتر لی بهبود یافته و میانه با مقدار ۸۶.۳۶ عملکرد مطلوبی ثبت کرده‌اند. فیلتر IDAN در تمامی کلاسها عملکرد مطلوبی داشته است، این فیلتر در کلاس آب با ۷۶.۵۶، کلاس آب کم‌عمق ۶۷.۵، خاک کاملاً مرطوب با ۸۳.۶۷، خاک نیمه مرطوب با ۸۱.۳۶، پوشش گیاهی با ۷۷.۲۷، زمین بایر با ۷۱.۶۴

بایر با مقادیر ۶۵ و ۵۸.۲۱ عملکرد متوسطی ارائه کرده است. تنها فیلتری که توانسته بعد از فیلتر IDAN در کلاس خاک نیمه مرطوب و زمین بایر عملکرد مطلوبی ارائه دهد فیلتر باکسکار می باشد.

فیلتر باکسکار توانسته کلاس خاک نیمه مرطوب و زمین بایر به ترتیب با مقادیر ۷۲.۸۸ و ۷۴.۶۳ ثبت کند. فیلتر باکسکار در کلاس آب با مقدار ۷۹.۶۹ توانسته بهتر از فیلتر IDAN در این کلاس عمل کند. باین وجود فیلتر باکسکار مشابه فیلتر IDAN در کلاس آب کم عمق عملکرد متوسطی کسب کرده است. همچنین فیلتر باکسکار در کلاس زمین بایر نیز بهتر از فیلتر IDAN عمل کرده است.

۳-۴. طبقه بندی تصاویر ترکیب شده با قطبش VV

همان طور که اشاره شد باندهای انتخاب شده از تصویر سنتینل ۲ با قطبش VV ادغام شد. نتایج با دو شاخص صحت کلی و ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به جدول (۵) نتایج حاصل از هر فیلتر آورده شده است. نتایج فیلتر میانه بهترین عملکرد را ثبت کرده است باین وجود فیلتر باکسکار نیز توانسته نتیجه مطلوبی ارائه دهد. نتایج این ادغام هم مشابه ادغام باندهای سنتینل ۲ و قطبش VH در کلاس های آب، خاک کاملاً مرطوب و مناطق ساختمانی در تمامی فیلترها عملکرد مطلوب ارائه داده اند. با این وجود در این ادغام هم کلاس های آب کم عمق و خاک نیمه مرطوب دارای عملکرد ضعیفی است. عملکرد قطبش VV در مقایسه با قطبش VH ضعیف تر عمل کرده است باین وجود تفاوت بین دو ترکیب چندان باهم تفاوت ندارند. به منظور ارزیابی دقیق تر در جدول (۷) تمام کلاس ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به جدول (۷) تمامی فیلترها عملکرد پایین تری نسبت به قطبش قبلی ارائه داده اند.

فیلتر IDAN در کلاس آب، آب کم عمق، خاک کاملاً مرطوب و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۷۵، ۷۷.۵، ۸۵.۷۱ و ۷۸.۷۹ توانسته به خوبی عمل کند. باین وجود این فیلتر در کلاس خاک نیمه مرطوب، پوشش گیاهی و زمین بایر عملکرد متوسطی ارائه داد. فیلتر IDAN در کلاس آب

و مناطق مسکونی با ۷۷.۲۷ ثبت کرده است. فیلتر لی سیگما در تمام کلاس ها به جز کلاس خاک نیمه مرطوب با ۳۲.۲ عملکرد مناسبی داشته است. فیلتر لی بهبود یافته علاوه بر کلاس آب با مقدار ۹۲.۱۹ در کلاس مناطق ساختمانی نیز با مقدار ۸۶.۳۶ بهترین عملکرد را در میان فیلترهای دیگر ثبت کرده است، باین وجود در کلاس آب کم عمق با مقدار ۴۷.۵ کمترین عملکرد را در کنار فیلترهای لی و فراست ثبت کرده است. عملکرد این فیلتر در کلاس پوشش گیاهی متوسط است، باین وجود در کلاس خاک کاملاً مرطوب توانسته عملکرد مناسبی با مقدار ۷۹.۵۹ ثبت کند. فیلتر لی در کلاس آب مطابق فیلتر لی سیگما بعد از فیلتر لی بهبود یافته با مقدار ۸۹.۰۶ ثبت کرده است، عملکرد این فیلتر در کلاس خاک کاملاً مرطوب و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقدار ۷۹.۵۹ و ۸۱.۸۲ عملکرد مطلوبی داشته است باین وجود این فیلتر در جداسازی خاک نیمه مرطوب و زمین بایر نتوانسته عملکرد مطلوبی داشته باشد به این صورت که در میان فیلترهای دیگر زمین بایر با مقدار ۴۹.۲۵ و خاک نیمه مرطوب با مقدار ۳۷.۲۹ ثبت کرده است. فیلتر گامامپ در کلاس آب، خاک کاملاً مرطوب، خاک نیمه مرطوب، پوشش گیاهی و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۷۹.۶۹، ۸۱.۶۳، ۷۶.۲۷، ۷۲.۷۳ و ۸۱.۸۲ توانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد. در این فیلتر کلاس آب کم عمق با مقدار ۶۲.۵ و زمین بایر با مقدار ۵۸.۲۱ عملکرد متوسطی کسب کرده است. فیلتر فراست توانسته در کلاس خاک کاملاً مرطوب عملکرد مناسبی مانند فیلتر لی سیگما و IDAN با مقدار ۸۳.۶۷ کسب کند همچنین عملکرد این فیلتر در کلاس آب، پوشش گیاهی و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۸۵.۹۴، ۷۵.۷۶ و ۸۱.۸۲ مطلوب گزارش شد. باین وجود این فیلتر در کلاس آب کم عمق با مقدار ۴۷.۵ نتوانسته عملکرد مناسبی داشته باشد. فیلتر فراست در کلاس خاک نیمه مرطوب و زمین بایر به ترتیب با مقادیر ۶۷.۸ و ۶۱.۱۹ توانسته عملکرد متوسطی ارائه دهد. فیلتر میانه در کلاس آب، خاک کاملاً مرطوب، خاک نیمه مرطوب، پوشش گیاهی و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۸۲.۸۱، ۷۹.۷۱، ۷۱.۱۹، ۷۸.۷۹ و ۸۶.۳۶ توانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد. فیلتر میانه در کلاس آب کم عمق و زمین

پایینی داشته است. فیلتر فراست در کلاس‌های خاک نیمه مرطوب، مناطق ساختمانی با مقادیر ۶۹.۴۹ و ۶۸.۱۸ توانسته عملکرد نسبتاً مطلوبی ارائه دهد. فیلتر میانه در کلاس خاک کاملاً مرطوب و زمین بایر با مقادیر ۸۹.۸ و ۷۶.۱۲ توانسته در بین تمامی فیلترها بهتر عمل کند. فیلتر میانه فقط در کلاس آب کم‌عمق با مقدار ۶۷.۵ عملکرد نسبتاً مطلوبی داشته است ولی در بقیه کلاس‌ها اعم از آب، خاک کاملاً مرطوب، خاک نیمه مرطوب، پوشش گیاهی و مناطق ساختمانی توانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد. فیلتر میانه مشابه فیلتر باکسکار در کلاس خاک کاملاً مرطوب، خاک نیمه مرطوب و زمین بایر نسبت به بقیه فیلترها عملکرد مناسب‌تری را ارائه کرده است.

جدول ۵. صحت کلی و ضریب کلی ترکیب سنتیل ۲ و قطبش ۷۷

سنتیل ۲ با باند VV		
فیلتر/ پارامتر ارزیابی	صحت کلی	ضریب کاپا
باکسکار	۷۵.۶۶	۰.۷۱
میانه	۷۶.۶۴	۰.۷۲
فراست	۷۱.۰۴	۰.۶۶
گامامپ	۶۷.۶۳	۰.۶۲
لی	۶۷.۸۸	۰.۶۲
لی بهبود یافته	۶۷.۱۵	۰.۶۱
لی سیگما	۶۶.۶۶	۰.۶
IDAN	۷۳.۴۷	۰.۶۸

۳-۵. ارزیابی تصاویر ترکیب شده با قطبش VH, VV

مطابق شکل (۱۲) در هر دو ترکیب تمامی فیلترها در کلاس‌های آب، خاک کاملاً مرطوب، پوشش گیاهی و مناطق ساختمانی عملکرد مشابهی داشته‌اند. عملکرد ترکیب با قطبش VV در کلاس آب کم‌عمق، خاک نیمه مرطوب و زمین بایر ضعیف‌تر از ترکیب با قطبش VH بوده است به نحوی که در کلاس آب کم‌عمق در ترکیب با قطبش VH فقط دو فیلتر لی و فراست عملکرد پایینی ثبت شده است در صورتی که در ترکیب VV علاوه بر فیلترهای لی و فراست، فیلترهای لی سیگما و لی بهبود یافته نیز عملکرد پایینی داشته‌اند. همچنین در کلاس خاک نیمه مرطوب در ترکیب با قطبش VH فیلترهای لی سیگما و لی عملکرد پایینی ثبت کرده‌اند در صورتی که در ترکیب با قطبش VV علاوه بر فیلتر لی و لی سیگما، فیلترهای لی بهبود یافته و گامامپ نیز عملکرد پایینی ثبت کرده‌اند. به

کم‌عمق در بین تمامی فیلترها با مقدار ۷۷.۵ بهترین عملکرد را داشته است. فیلتر لی سیگما در کلاس آب بهترین عملکرد را با مقدار ۹۰.۶۳ ثبت کرده است، این فیلتر در کلاس آب کم‌عمق نتوانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد همچنین در کلاس خاک نیمه مرطوب با مقدار ۲۷.۱۲ اصلاً نتوانسته عملکرد مطلوبی داشته باشد. این فیلتر در کلاس زمین بایر، خاک کاملاً مرطوب و مناطق ساختمانی توانسته به ترتیب با مقادیر ۷۰.۱۵، ۸۳.۶۷ و ۷۴.۲۴ عملکرد مطلوبی ارائه دهد. فیلتر لی بهبود یافته در کلاس آب، خاک کاملاً مرطوب و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۸۵.۹۴، ۸۳.۶۷ و ۷۷.۲۷ نتوانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد، این فیلتر در کلاس خاک نیمه مرطوب با مقدار ۳۲.۲ عملکرد ضعیفی ارائه کرده است، علاوه بر این در کلاس آب کم‌عمق نیز با مقدار ۵۷.۵ عملکرد متوسطی ارائه داده است. فیلتر لی در کلاس آب، خاک کاملاً مرطوب، مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۸۷.۵، ۸۵.۷۱ و ۸۷.۸۸ عملکرد مطلوبی داشته است به طوری که در میان فیلترهای دیگر بهترین عملکرد را در کلاس مناطق ساختمانی داشته است. این فیلتر نیز در کلاس خاک نیمه مرطوب با مقدار ۳۳.۹ نتوانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد به طوری که بین کلاس خاک نیمه مرطوب و زمین بایر تمایزی مناسبی نداشته است. فیلتر لی در کلاس آب، خاک کاملاً مرطوب و پوشش گیاهی بهتر از فیلتر لی بهبود یافته عمل کرده است. فیلتر لی در کلاس آب کم‌عمق نیز با مقدار ۴۲.۵ نتوانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد. فیلتر گامامپ در کلاس آب، آب کم‌عمق، خاک کاملاً مرطوب و مناطق ساختمانی به ترتیب با مقادیر ۷۰، ۸۷.۵، ۸۵.۷۱ و ۷۱.۲۱ نتوانسته عملکرد مطلوبی ارائه دهد. این فیلتر بعد از فیلتر لی سیگما پایین‌ترین عملکرد را در کلاس خاک نیمه مرطوب با مقدار ۲۸.۸۱ داشته است. این فیلتر مشابه فیلترهای دیگر در کلاس پوشش گیاهی و زمین بایر نتوانسته عملکرد قابل قبولی داشته باشد. فیلتر فراست در کلاس پوشش گیاهی نتوانسته بهترین عملکرد را در بین تمام فیلترهای دیگر با مقدار ۸۰.۳ داشته باشد. فیلتر فراست در کلاس‌های آب، خاک کاملاً مرطوب با مقادیر ۸۱.۲۵ و ۸۷.۷۶ عملکرد مطلوبی ارائه داده است. این فیلتر در کلاس آب کم‌عمق و زمین بایر عملکرد

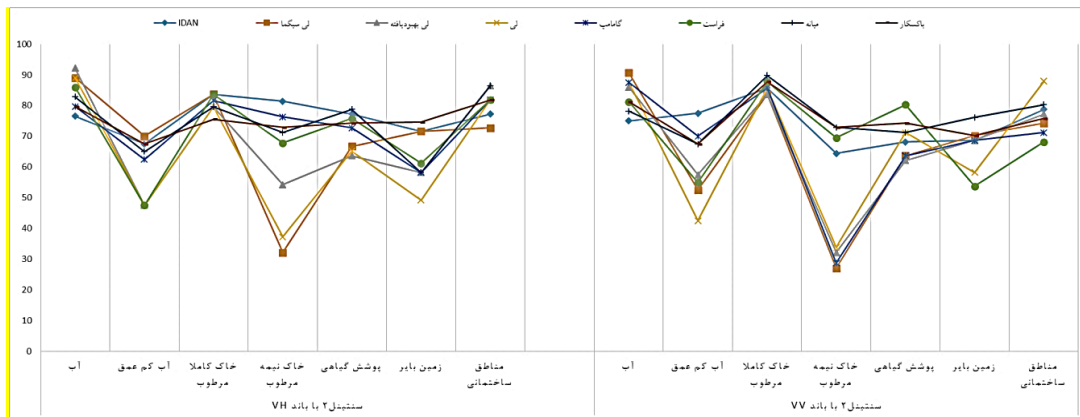
طور کلی می توان گفت عملکرد ترکیب با قطبش VH بهتر از ترکیب با قطبش VV است باین وجود باید ذکر کرد که هر دو ترکیب مشکل کلاس پوشش گیاهی که در کاربرد تصاویر رادار به تنهایی وجود داشت به خوبی برطرف کرده اند البته در کلاس های که رطوبت نقش تعیین کننده ای در جداسازی بین کلاس ها داشته است به خوبی داده های رادار عمل نکرده اند.

جدول ۶. مقادیر استخراج شده از ماتریس خطا در هر کلاس با توجه به فیلتر اعمال شده (ترکیب سنتینل ۲ و باند VH).

فیلتر کاهش اسپیکل کلاس	سنتینل ۲ با باند VH							
	IDAN	لی سیگما	لی بهبود یافته	لی	گامامپ	فراست	میانه	باکسکار
آب	76.56	89.06	92.19	89.06	79.69	85.94	82.81	79.69
آب کم عمق	67.5	70	47.5	47.5	62.5	47.5	65	67.5
خاک کاملاً مرطوب	83.67	83.67	79.59	79.59	81.63	83.67	79.59	75.51
خاک نیمه مرطوب	81.36	32.2	54.24	37.29	76.27	67.8	71.19	72.88
پوشش گیاهی	77.27	66.67	63.64	65.15	72.73	75.76	78.79	74.24
زمین بایر	71.64	71.64	58.21	49.25	58.21	61.19	58.21	74.63
مناطق ساختمانی	77.27	72.73	86.36	81.82	81.82	81.82	86.36	81.82

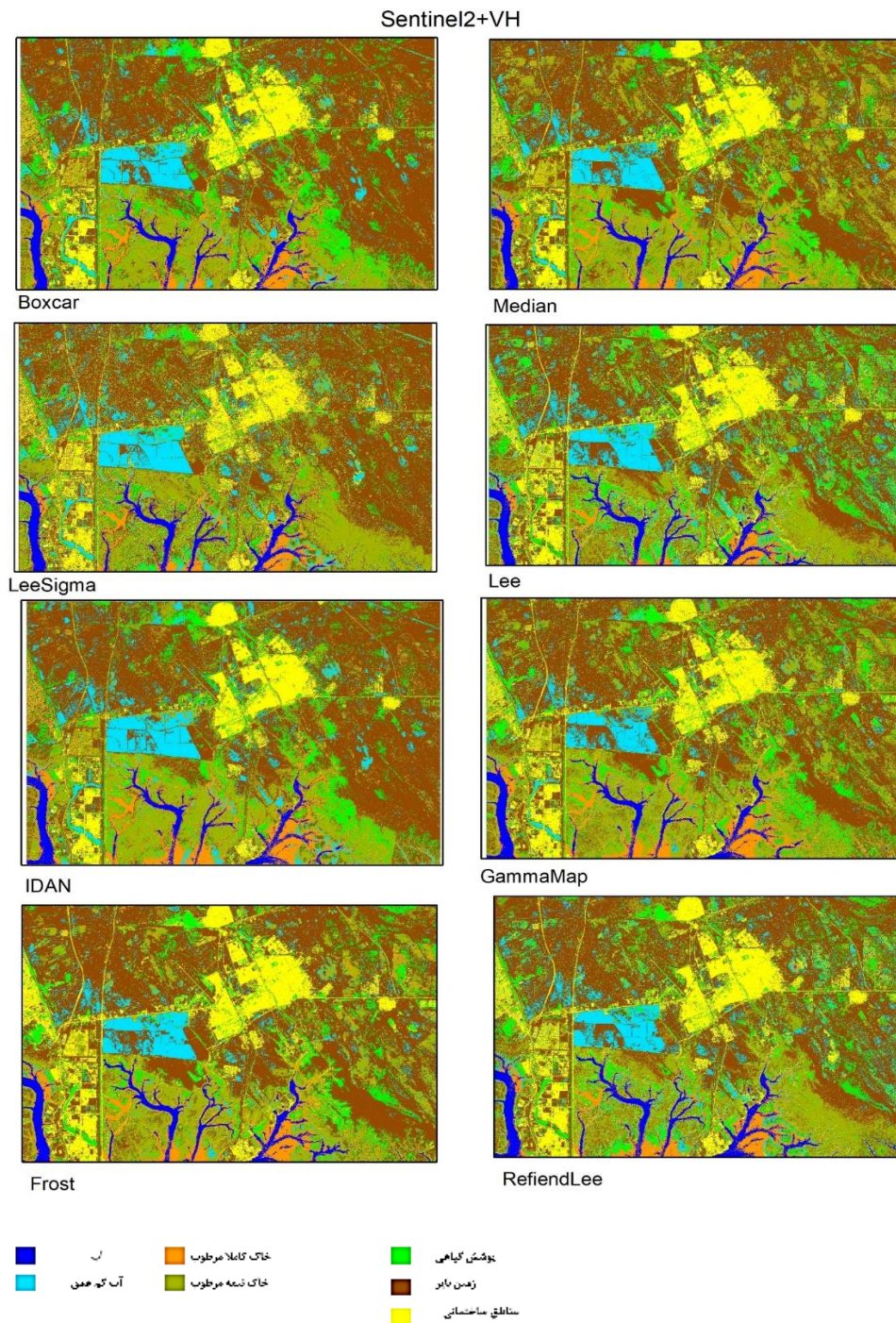
جدول ۷. مقادیر استخراج شده از ماتریس خطا در هر کلاس با توجه به فیلتر اعمال شده (ترکیب سنتینل ۲ و باند VV).

فیلتر کاهش اسپیکل کلاس	سنتینل ۲ با باند VV							
	IDAN	لی سیگما	لی بهبود یافته	لی	گامامپ	فراست	میانه	باکسکار
آب	75	90.63	85.94	87.5	87.5	81.25	78.13	81.25
آب کم عمق	77.5	52.5	57.5	42.5	70	55	67.5	67.5
خاک کاملاً مرطوب	85.71	83.67	83.67	85.71	85.71	87.76	89.8	87.76
خاک نیمه مرطوب	64.41	27.12	32.2	33.9	28.81	69.49	72.88	72.88
پوشش گیاهی	68.18	63.64	62.12	71.21	63.64	80.3	71.21	74.24
زمین بایر	68.66	70.15	68.66	58.21	68.66	53.73	76.12	70.15
مناطق ساختمانی	78.79	74.24	77.27	87.88	71.21	68.18	80.3	75.76



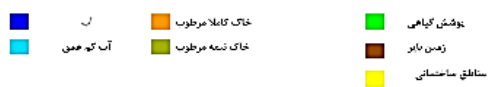
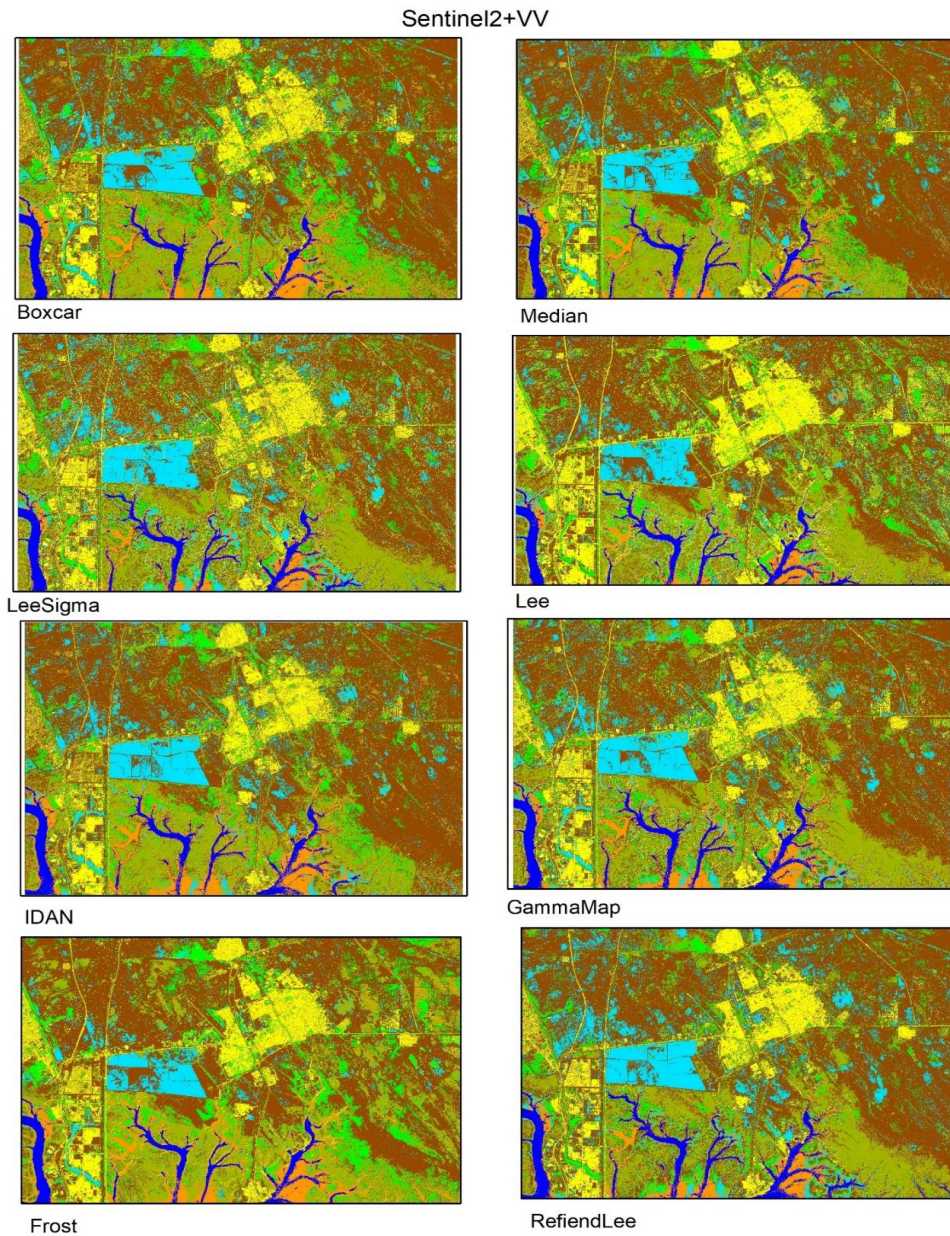
شکل ۱۲. مقایسه ترکیب دو داده با قطبش VH, VV.

به منظور بررسی دقیق‌تر در شکل (۱۳) تمامی خروجی شده است. طبقه‌بندی با ترکیب باندهای سنتینل ۲ و قطبش VH آورده



شکل ۱۳. خروجی طبقه‌بندی با ترکیب باندهای سنتینل ۲ و قطبش VH

به منظور بررسی دقیق تر در شکل (۱۴) تمامی خروجی شده است.
 طبقه بندی با ترکیب باندهای سنتینل ۲ و قطبش VV آورده



شکل ۱۴. خروجی طبقه بندی با ترکیب باندهای سنتینل ۲ و قطبش VV

۴. نتیجه گیری

توانست به خوبی در بسیاری از کلاس‌ها نتیجه مطلوبی ارائه دهد. همچنین فلترهای لی سیگما و گامامپ در طبقه‌بندی با تصاویر سار به خوبی عمل کرده‌اند، حتی فیلتر گامامپ در تشخیص کلاس پوشش گیاهی بهتر از فیلتر باکسکار عمل کرده است. تجزیه و تحلیل فیلترها بر روی ترکیب داده‌ای سنتینل ۱ و سنتینل ۲ نشان داد استفاده از تصاویر سار پلاریمتریک به تنهایی در طبقه‌بندی عملکرد مطلوب‌تری ارائه داد. ترکیب سنتینل ۲ با قطبش VH عملکرد فیلتر IDAN مطلوب‌تر گزارش شد همچنین در ترکیب سنتینل ۲ با قطبش VV عملکرد فیلتر میانه مطلوب‌تر ثبت شد. عملکرد فیلترها در ترکیب سنتینل ۲ با قطبش VH بهتر از ترکیب سنتینل ۲ با قطبش VV عمل کرده است. همچنین در هر دو ترکیب سنتینل ۲ با قطبش VV, VH عملکرد فیلتر باکسکار نیز قابل قبول است. عملکرد پایین داده‌های ترکیب نسبت به داده‌های سار به تنهایی به کلاس‌هایی مرتبط می‌شود که دارای رطوبت است به نحوی که تمامی فیلترها در ترکیب سنتینل ۲ با هر دو قطبش مشکل کلاس پوشش گیاهی برطرف شده است. علاوه بر این با توجه به حساسیت بالای داده‌های سار به میزان رطوبت پیشنهاد می‌شود با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش در مناطقی مشابه منطقه مورد مطالعه از داده‌های سار پلاریمتریک به منظور استخراج هر چه بهتر پهنه‌های دارای رطوبت استفاده شود. با توجه به اینکه دسترسی کمتری به تصاویر اپتیک در این مناطق با توجه به شرایط جوی وجود دارد و همچنین عملکرد بسیار مطلوب تصاویر پلاریمتریک سار نسبت به تصاویر ادغام شده بخصوص در مناطق دارای رطوبت پایین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی نیز نقش داده‌های سار در این مناطق پررنگ‌تر پیگیری شود.

۵. منابع

۱. سلحشوری، فاطمه و المدرسی، سیدعلی، ۱۳۹۵، ارزیابی اثر فیلترهای مختلف بر کاهش نویز اسپکل در تصاویر رادار با طول موج‌های متفاوت (منطقه مورد مطالعه جزیره قشم)، اولین سمینار آینده پژوهی توسعه ملی ایران در بستر جغرافیا.

شناخت کاربری‌های موجود در هر منطقه می‌تواند در مدیریت و سامان‌دهی هرچه بهتر منطقه مؤثر واقع شود. علاوه بر آن می‌تواند از صدمات اقتصادی و محیط‌زیستی به آن منطقه در صورت توزیع نامتناسب امکانات نیز جلوگیری به عمل آورد. در این مطالعه سعی شد رویکرد جدیدی از تصاویر چند زمانه سنتینل ۱ دنبال شود تا بهتر بتوان کلاس‌های موجود در بندر ماهشهر را تشخیص داد به علاوه تا حدودی با رویکرد چند زمانه می‌توان تأثیرات جزر و مد را نیز تقلیل داد. کاهش اثر اسپکل در بسیاری از مطالعات به بهبود نقشه پوشش زمین کمک کرده است. انواع مختلفی از فیلترهای کاهش اثر اسپکل شامل باکسکار، میانه، فراست، گامامپ، لی، لی بهبودیافته، لی سیگما و همسایگی تطبیقی مبتنی بر شدت اعمال شد. برای ارزیابی ابتدا تصاویر با دو قطبش VV, VH وارد طبقه‌بندی شد و در نهایت داده‌های سنتینل ۲ با هر قطبش همجوشی گرم اشمیت شد. از طرفی استفاده از تصاویر سار در مناطقی که دارای پهنه‌های آبی و پهنه‌های خشک و انسان‌ساخت هستند در جداسازی هرچه بهتر این پهنه‌ها کمک شایانی می‌کند. تصاویر سار به علت دسترسی رایگان و همچنین عدم تأثیر از شرایط جوی نیز در مطالعه مناطقی که دارای پوشش ابر مداوم و یا مقدار رطوبت جوی بالایی هستند، بسیار حائز اهمیت‌اند. استفاده از یک طبقه‌بندی کننده مناسب نیز در تهیه نقشه با کیفیت بسیار مهم است از این رو در این مطالعه از طبقه‌بندی جنگل تصادفی استفاده شد. صحت کلاس‌های استخراج شده نشان داد کاهش اثر اسپکل در طبقه‌بندی داده‌های سار به تنهایی در جداسازی برخی کلاس‌ها بسیار مهم است، اغلب کلاس‌ها مانند کلاس خاک کاملاً مرطوب و زمین بایر در بیشتر فیلترها نتایج قابل قبولی کسب کردند. با این وجود در کلاس پوشش گیاهی که کمترین صحت را در میان بقیه کلاس‌ها به خود اختصاص داده است، سه فیلتر لی، لی بهبودیافته و همسایگی تطبیقی بر شدت نتیجه بسیار ضعیفی در جداسازی این کلاس ارائه دادند به گونه‌ای که بیشتر مناطق پوشش گیاهی که در واقع جز مناطق مانگرو محسوب می‌شود به کلاس مناطق ساختمانی منتسب شده‌اند. در داده‌های سار به تنهایی فیلتر باکسکار

- Photogrammetry and Remote Sensing, 178, 97-111.
11. Barbosa, F. L. R. Guimarães, R. F. Carvalho, O. A. D. & Gomes, R. A. T. (2021). Land Use/Land Cover (LULC) classification based on SAR/Sentinel 1 image in Distrito Federal, Brazil. *Sociedade & Natureza*, 33.
 12. de Leeuw, M. R. & de Carvalho, L. M. T. (2009). Performance evaluation of several adaptive speckle filters for SAR imaging. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 7299-7305.
 13. Rana, V. K. & Suryanarayana, T. M. V. (2019). Evaluation of SAR speckle filter technique for inundation mapping. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 16, 100271.
 15. Ansari, J. Ghosh, S. M. Behera, M. D. & Gupta, S. K. (2020, December). A Study on Speckle Removal Techniques for Sentinel-1A SAR Data Over Sundarbans, Mangrove Forest, India. In *2020 IEEE India Geoscience and Remote Sensing Symposium (InGARSS)* (pp. 90-93). IEEE.
 16. Benzougagh, B. Frison, P. L. Meshram, S. G. Boudad, L. Dridri, A. Sadkaoui, D. ... & Khedher, K. M. (2021). Flood Mapping Using Multi-Temporal Sentinel-1 SAR Images: A Case Study—Inaouene Watershed from Northeast of Morocco. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-10.
 17. Shanthi, I. & Valarmathi, M. L. (2013). SAR image despeckling using possibilistic fuzzy C-means clustering and edge detection in bandelet domain. *Neural Computing and Applications*, 23(1), 279-291.
 18. Frost, V. S. Stiles, J. A. Shanmugan, K. S. & Holtzman, J. C. (1982). A model for radar images and its application to adaptive digital filtering of multiplicative noise. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (2), 157-166.
 19. Lopes, A. Nezry, E. Touzi, R. & Laur, H. (1990, May). Maximum a posteriori speckle filtering and first order texture models in SAR images. In *10th annual international symposium on geoscience and remote sensing* (pp. 2409-2412). Ieee.
 20. Lopes, A. Touzi, R. & Nezry, E. (1990). Adaptive speckle filters and scene heterogeneity. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28(6), 992-1000.
 2. Rawat, J. S. & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), 77-84.
 3. Ali, M. Z. Qazi, W. & Aslam, N. (2018). A comparative study of ALOS-2 PALSAR and landsat-8 imagery for land cover classification using maximum likelihood classifier. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21, S29-S35.
 4. Shareef, M. A. & Hasan, S. F. (2020). Characterization and estimation of dates palm trees in an urban area using gis-based least-squares model and minimum noise fraction images. *Journal of Ecological Engineering*, 21(6).
 5. Badreldin, N. & Goossens, R. (2014). Monitoring land use/land cover change using multi-temporal Landsat satellite images in an arid environment: a case study of El-Arish, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(5), 1671-1681.
 6. Steinhausen, M. J. Wagner, P. D. Narasimhan, B. & Waske, B. (2018). Combining Sentinel-1 and Sentinel-2 data for improved land use and land cover mapping of monsoon regions. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 73, 595-604.
 7. Du, Z. Ge, L. Ng, A. H. M. Zhu, Q. Yang, X. & Li, L. (2018). Correlating the subsidence pattern and land use in Bandung, Indonesia with both Sentinel-1/2 and ALOS-2 satellite images. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 54-68.
 8. Denize, J. Hubert-Moy, L. Betbeder, J. Corgne, S. Baudry, J. & Pottier, E. (2019). Evaluation of using sentinel-1 and-2 time-series to identify winter land use in agricultural landscapes. *Remote Sensing*, 11(1), 37.
 9. Pham, L. H. Pham, L. T. Dang, T. D. Tran, D. D. & Dinh, T. Q. (2020). Application of Sentinel-1 data in mapping land-use and land cover in a complex seasonal landscape: a case study in coastal area of Vietnamese Mekong Delta. *Geocarto International*, 1-18.
 10. Schulz, D. Yin, H. Tischbein, B. Verleysdonk, S. Adamou, R. & Kumar, N. (2021). Land use mapping using Sentinel-1 and Sentinel-2 time series in a heterogeneous landscape in Niger, Sahel. *ISPRS Journal of*

- photogrammetry, remote sensing & spatial information sciences.
29. Belgiu, M. & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 114, 24-31.
 30. Waske, B. & Braun, M. (2009). Classifier ensembles for land cover mapping using multitemporal SAR imagery. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 64(5), 450-457.
 31. Hasan, S. F., Shareef, M. A., & Hassan, N. D. (2021). Speckle filtering impact on land use/land cover classification area using the combination of Sentinel-1A and Sentinel-2B (a case study of Kirkuk city, Iraq). *Arabian Journal of Geosciences*, 14(4), 1-12.
 32. Ban, Y., Webber, L., Gamba, P., & Paganini, M. (2017, March). EO4Urban: Sentinel-1A SAR and Sentinel-2A MSI data for global urban services. In 2017 Joint urban remote sensing event (JURSE) (pp. 1-4). IEEE.
 33. Pesaresi, M., Corbane, C., Julea, A., Florczyk, A. J., Syrris, V., & Soille, P. (2016). Assessment of the added-value of Sentinel-2 for detecting built-up areas. *Remote Sensing*, 8(4), 299.
 34. Yesou, H., Pottier, E., Mercier, G., Grizonnet, M., Haouet, S., Giros, A., ... & Michel, J. (2016, July). Synergy of Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery for wetland monitoring information extraction from continuous flow of sentinel images applied to water bodies and vegetation mapping and monitoring. In 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (pp. 162-165). IEEE.
 35. Talab, D. F. (2011). Speckle Noise Reduction in SAR Images Using Non-Adaptive Mode-Filter. *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, 22(2).
 21. Lee, J. S. (1986). Speckle suppression and analysis for synthetic aperture radar images. *Optical engineering*, 25(5), 255636.
 22. Lee, J. S. (1983). Digital image smoothing and the sigma filter. *Computer vision, graphics, and image processing*, 24(2), 255-269.
 23. Vasile, G. Trouvé, E. Lee, J. S. & Buzuloiu, V. (2006). Intensity-driven adaptive-neighborhood technique for polarimetric and interferometric SAR parameters estimation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(6), 1609-1621.
 24. Wang, L. Jia, M. Yin, D. & Tian, J. (2019). A review of remote sensing for mangrove forests: 1956–2018. *Remote Sensing of Environment*, 231, 111223.
 25. Filippini, F. (2019). Sentinel-1 GRD preprocessing workflow. In *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings* (Vol. 18, No. 1, p. 11).
 26. Aldhshan, S. R. Mohammed, O. Z. & Shafri, H. M. (2019, November). Flash flood area mapping using sentinel-1 SAR data: a case study of eight upazilas in Sunamganj district, Bangladesh. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 357, No. 1, p. 012034).
 27. Rao, G. S. Brinda, V. Sree, P. M. & Bhanumurthy, V. (2006, December). Advantage of multipolarized SAR data for flood extent delineation. In *Microwave Remote Sensing of the Atmosphere and Environment V* (Vol. 6410, p. 64100Z). International Society for Optics and Photonics.
 28. Dadhich, g. Miyazaki, h. & Babel, m. (2019). applications of sentinel-1 synthetic aperture radar imagery for floods damage assessment: a case study of Nakhon Si Thammarat, Thailand. *international archives of the*