

بسم الله الرحمن الرحيم

## پیش پردازش های تصاویر تصاویر راداری

تهیه و تدوین: عادل ناصری دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS

## مقدمه

در یک تقسیم بندی از دیدگاه منبع انرژی سنجنده ها، می توان آنها را به دو نوع سنجنده های فعال و غیر فعال تقسیم بندی نمود. سیستم های سنجش از دور غیر فعال یا به طور مستقیم وابسته به انرژی خورشیدی می باشند (سیستمهایی که در محدوده اپتیک داده برداشت می کنند) و یا اینکه به صورت غیر مستقیم از انرژی خورشیدی در عملیات ثبت خود استفاده می نمایند (مانند سنجنده های حرارتی و سنجنده های میکروویو غیر فعال).

سنجنده های فعال نه به صورت مستقیم و نه غیر مستقیم وابسته به انرژی خورشیدی نیستند بلکه خود انرژی مورد نیاز برای عملیات دور سنجی را تأمین می کنند.

گسترده ترین سیستمهای سنجش از دور فعال شامل:

- مایکروویو فعال (RADAR)، که مبنی بر ارسال انرژی طول موج بلند مایکروویواز میان اتمسفر (برای مثال در محدوده ۳-۲۵ سانتیمتر) و ثبت انرژی برگشتی از سطح زمین می باشد.

▪ **LIDAR** که بر پایه ارسال انرژی نور لیزری در محدوده های طول موج نسبتاً کوتاه (برای مثال ۱۰۴۰ نانومتر) و ثبت انرژی برگشتی آنها استوار است.

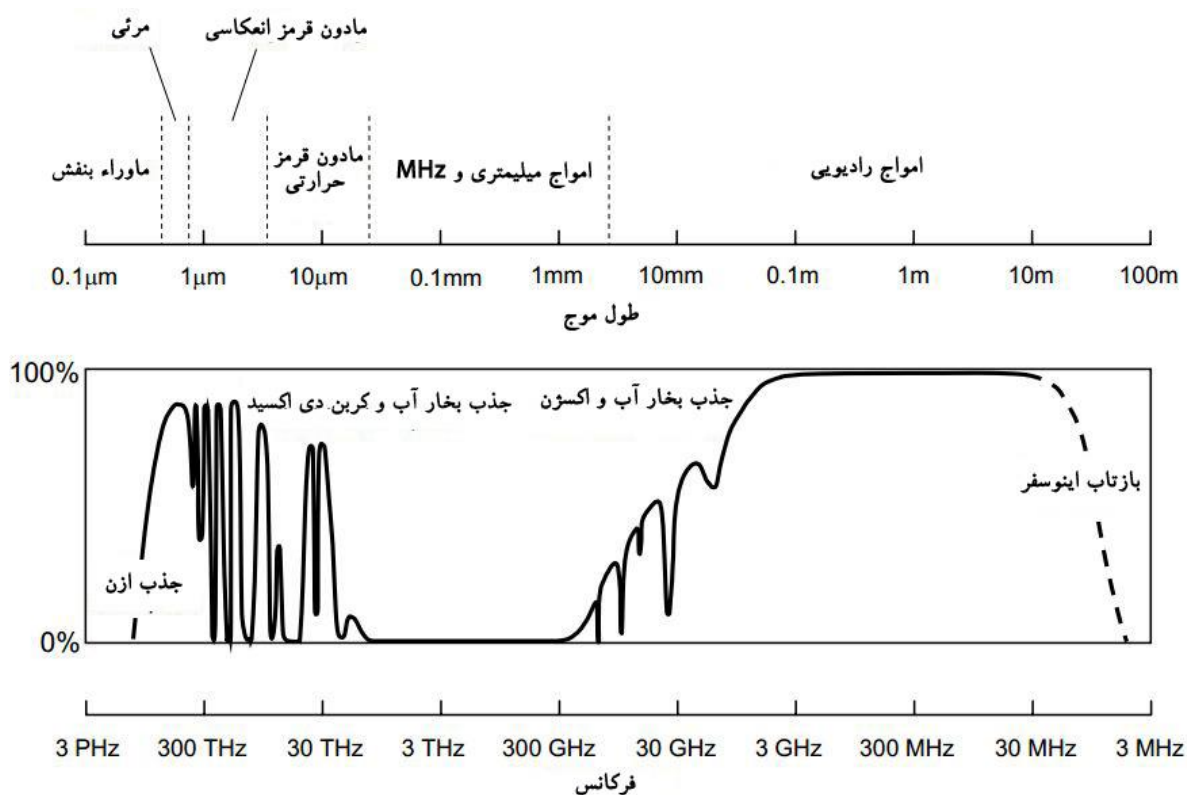
▪ **SONAR** که بر مبنای ارسال امواج صوتی به درون ستون آب و سپس ثبت انرژی برگشتی از بستر زیرین و یا عوارض موجود در ستون آب عمل می کند.

در این گزارش کار سعی بر این داریم تا نوع اول سیستمهای سنجش از دور فعال یعنی رادار را معرفی نماییم و ضمن ارائه کلیاتی از مبانی و نحوه عملکرد رادارهای سنجش از دوری با انواع داده های قابل استفاده راداری آشنا خواهیم شد، ماهواره sentinel-1 معرفی می گردد و از داده آن در این گزارش کار به عنوان موردی استفاده می شود. پس از انجام پیش پردازشهای ضروری بر روی داده sentinel-1 به تحلیل تصویر راداری منطقه پرداخته و آن را در مقایسه با داده های اپتیکی بررسی می نماییم، با استفاده از یکسری عملیات حسابی ساده و ترکیب رنگهای مختلف سعی می کنیم تا استخراج اطلاعات از تصاویر راداری را ارتقا دهیم.

### مفاهیم اولیه رادار

سنجش از دور توسط سنجنده های رادار تا اندازه های شبیه سنجش از دور اپتیکی است که جهت تولید تصویر از عوارض زمینی استفاده می شود، تصویر رادار در اصل ثبت فعل و انفعال بین انرژی الکترومغناطیسی ارسالی و عارضه زمینی است. تصویر تشکیل شده به متغیرهایی از قبیل: شکل هندسی، میزان پستی بلندی سطح، میزان رطوبت هدف و سایر ویژگیها مانند هندسه بین سنجنده و هدف، جهت دید سنجنده نسبت به هدف و ... بستگی خواهد داشت. تفاوت های زیادی بین طرز تشکیل تصویر و نمایش آن در سیستمهای رادار با سیستمهای نوری مکانیکی و الکترواپتیکی وجود دارد، برای درک و

تفسیر یک تصویر رادار می‌بایستی از پیکر بندی یک سیستم رادار و چگونگی تبدیل فعل و انفعالات بین موج و هدف به یک تصویر رادار اطلاع داشته باشیم.



شکل ۱ طیف الکترو مغناطیس و محدوده های مختلف انرژی را نشان می دهد. محدوده فعالیت سیستم های راداری در بخش امواج رادیویی قرار می گیرد.

در سنجش از دور راداری همانند سیستمهای اپتیکی سنجنده بر روی یک سکوی هوایی و یا فضایی قرار می گیرد ولی برخلاف سنجنده های اپتیکال به هنگام حرکت سکو، سنجنده رادار امواج را به طرف زمین ارسال و دریافت می کند. بدین صورت که بخشی از طول موج ارسالی پس از برخورد با سطح زمین دوباره به سمت سنجنده بر می گردد که تصویر رادار از پردازش همین امواج برگشتی بدست می آید.

به دلیل اینکه سیستمهای رادار خود منبع انرژی می باشند بنابراین جزء سیستمهای فعال خواهند بود، و توانایی تصویر برداری در طول روز و شب و..... را خواهند داشت.

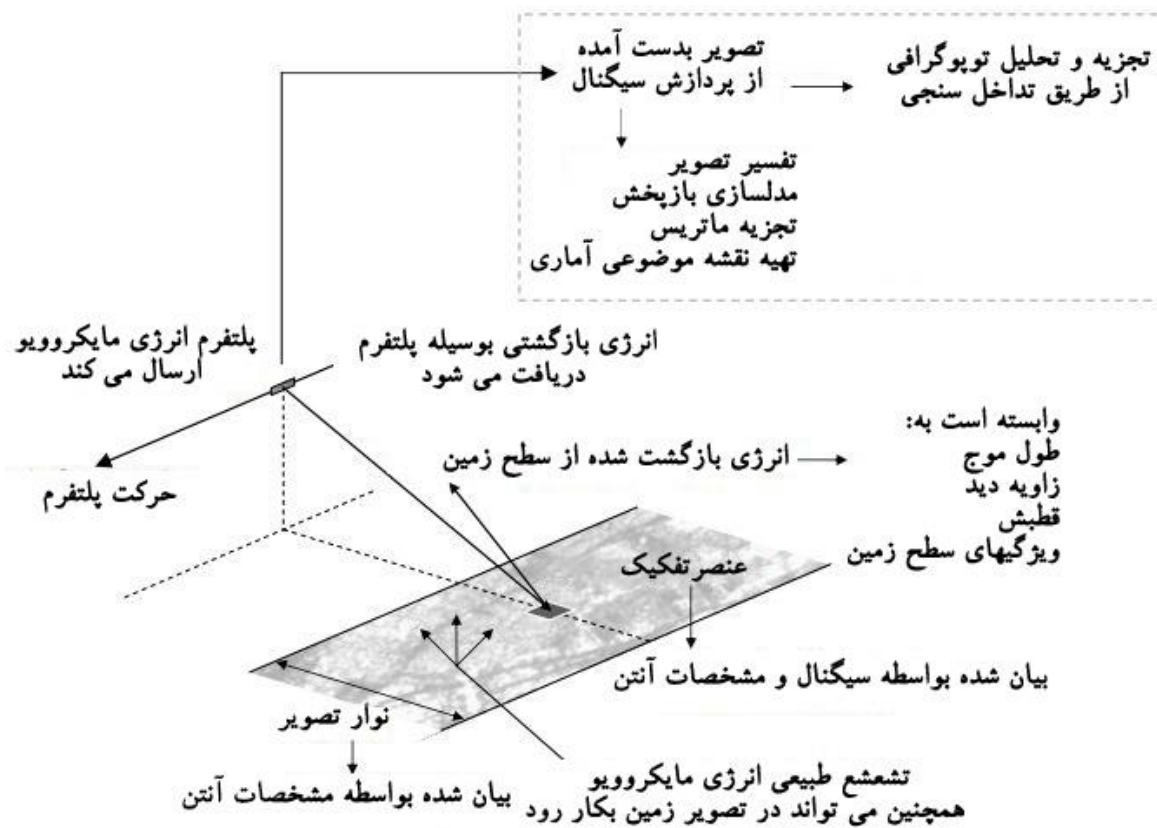
RADAR مخفف کلمات Radio Detection And Ranging می باشد

یک سیستم رادار سه کار عمده را انجام می دهد.

۱. پالسهای مایکروویو را به سمت هدف ارسال می کند

۲. بخش برگشتی سیگنال از طرف هدف را دریافت و ثبت می کند

۳. در این ارسال و دریافتها قدرت سیگنال برگشتی و تاخیر زمانی رفت و برگشت را اندازه گیری و ثبت می کند



شکل ۲ مکانیسم و اجزای مختلف یک سیستم تصویربرداری راداری را نشان می دهد.

سنجنده رادار امواج مایکروویو را در جهت عمود بر مسیر پرواز به سمت هدف زمینی ارسال می کند که این جهت "Range Direction" گفته می شود، سنجنده رادار قادر خواهد بود تا فاصله بین سنجنده با هدف زمینی را در جهت

Range با اندازه گیری تاخیر زمانی بین موج ارسالی و موج برگشتی اندازه گیری کند. حرکت سنجنده به سمت جلو به همراه ارسال و دریافت امواج در جهت Range باعث ثبت اطلاعات در جهت دیگر می شود این جهت که به موازات خط پرواز می باشد "Azimuth direction" نامیده می شود. در اصل ارسال امواج در جهت Range و جاروب و یا اسکن هدف در جهت Azimuth منتج به تشکیل تصویر در دو بعد خواهد شد.

یک تصویر رادار، نمایشی است که میزان درجه خاکستری در آن متناسب با میزان امواج برگشتی به سمت سنجنده خواهد بود. هدفهایی که میزان موج برگشتی زیادی از خود دارند در تصویر با درجه خاکستری روشنتری نسبت به هدفهایی با میزان موج برگشتی کمتر ظاهر می شوند.

### تاریخچه رادار

بیش از هزار سال قبل H.R Hertz کشف کرد که امواج مایکروویو می تواند توسط اجسام مختلف منعکس شود، اگر چه در اواسط قرن گذشته بود که مفاهیم مدرن رادار متولد شد، پیشرفت های مهم در این عرصه در طول جنگ جهانی دوم بود که رادار به عنوان یک ابزار نظامی مهمی جهت تشخیص هواپیما و کشتیها بکار گرفته شد. کاربردهای عمرانی رادار از دهه ۶۰ شروع شد، که به عنوان ابزاری جهت terrain analysis و کاربردهای منابع طبیعی و... بکار گرفته شد. در فاصله زمانی بین دهه ۷۰ تا ۹۰ پیشرفتهای قابل ملاحظه ای انجام شد که منتج به تولید نسل جدیدی از رادارهای تصویر بردار شد که رادار با روزه ترکیبی یا SAR نام گرفت. تصاویر SAR قدرت تفکیک مکانی بهتری نسبت به تصاویر راداری دیگر ارائه می کند که این به دلیل انجام پردازشهای پیچیده تری بر روی داده های رقومی می باشد. تجهیزات لازم و پردازشهای کامپیوتری مورد نیاز باعث می شد تا ایجاد و کار با سیستم های SAR بسیار پرهزینه باشد، با این وجود این سیستم ها ارائه کننده تصاویری

منحصر به فرد با قدرت تفکیک نسبتا بالایی باشند. اولین سیستمهای سنجش از دور راداری سنجنده‌هایی بودند که بر روی یک هواپیما قرار می‌گرفتند، این سیستمها با توجه به نحوه تصویر برداریشان Side Looking Airborne Radar (SLAR) نامیده می‌شدند.

با توجه به روابط ریاضی و فیزیکی موجود، سیگنال عرض پرتو Beamwidth رادار نسبت معکوسی با طول آنتن دارد، این جمله بدین مفهوم است که برای تهیه تصاویر با رزولوشن بالا با Beamwidth کوچک نیاز به یک آنتن با طول بزرگتری خواهد بود، سنجنده‌های راداری که رزولوشن آنها حاصل افزایش فیزیکی و واقعی طول آنتن در آنهاست سنجنده‌های راداری با روزه حقیقی Real Aperture Radar (RAR) نامیده می‌شوند.

کاملا روشن است که برای رسیدن به رزولوشن مکانی بهتر ما به طول آنتن بلندتری نیاز خواهیم داشت، اما آنچه که ما را با مشکل روبرو خواهد کرد افزایش طول آنتن از یک حد بیشتر است که غیر عملی یا ناممکن خواهد بود، این مشکل محققین و مهندسين رادار را بر آن داشت تا با روشهای ترکیبی طول آنتن را بصورت مجازی بالا برند که نتیجه این تحقیقات تولد نسل تازه‌های از سنجنده‌های راداری با رزولوشن بالا و حجم کمتر با نام (SAR) شد که باعث شد تا بتوان از سنجنده‌های Radar با قدرت تفکیک بالا بر روی سکوهای فضایی یا ماهواره‌ها بهره گرفت، با آمدن این سیستمها این امکان بوجود آمد تا با یک سنجنده SAR با طول آنتن ۲ متری بتوان به قدرت تفکیک آزمون‌تی رسید که با یک RAR با طول آنتن ۶۰۰ متری این کار عملی بود.

معرفی ماهواره sentinel-1

ماهواره سنتینل ۱ شامل یک زوج سنجنده‌های مدار قطبی (A و B) است که عملیات تصویربرداری خود را در شب و روز انجام می‌دهد. این سنجنده در محدوده باند C

فعالیت می کند و رادار روزنه ترکیبی می باشد (SAR) synthetic aperture radar می باشد. این ویژگیها این امکان را به دو سنجنده سنتینل ۱ داده است تا بدون توجه به شرایط جوی تصویربردای خود را انجام بدهند.

سنتینل ۱ اولین ماهواره از سری مأموریت های آژانس فضایی اروپا ضمن برنامه وسیع پایش همه جانبه محیط موسوم به Copernicus است. این ماهواره در ادامه دستگاههای راداری کانادا و آژانس فضایی اروپا یعنی ERS1, ERS2, Envisat و Radarsat قرار دارد. سنتینل ۱ به عنوان یک مجموعه دو ماهواره ای که هر یک با فاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر قرار دارند، تمام کره زمین را در هر ۶ روز تصویربرداری میکند، این ماهواره خدمات گوناگونی ارائه خواهد کرد. برای مثال، پایش سطح یخهای قطبی، تهیه نقشه یخهای دریایی در مناطق قطبی برای کمک به کشتیرانی، شناسایی محیطهای دریایی شامل شناسایی لکه های نفتی و کشتیها، پایش سطح زمین برای شناسایی تغییرات افقی و عمودی مانند تغییرات بر اثر زلزله، آتشفشان و نشست زمین بر اثر برداشت آبهای زیرزمینی، مدیریت بحران، کاربرد در منابع آب و هیدرولوژی (رطوبت خاک، برف) و ... از جمله کاربردهای این ماهواره خواهد بود. مدار این ماهواره قطبی، خورشید آهنگ و در ارتفاع ۶۵۶ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. این ماهواره در ۴ حالت مختلف تصویربرداری می کند که هر یک از این حالات برای اهداف مشخصی طراحی شده اند و عرض تصویر و قدرت تفکیک تصویر با توجه به هر حالت متفاوت است. قدرت تفکیک تصاویر آن از ۵ متر تا ۴۰ متر و عرض تصویر آن از ۲۰ کیلومتر تا ۴۰۰ کیلومتر بسته به حالت تصویربرداری آن متفاوت است. نکته قابل توجه در مورد این ماهواره، دسترسی آزاد و رایگان به تصاویر آن از طریق سایت آژانس فضایی اروپا می باشد. همچنین در سایت این ماهواره نرم افزارها و منابع علمی مختلفی برای پردازش تصاویر آن و استفاده بهتر از آن وجود دارد.

سنتینل ۱ در چهار حالت و سه سطح داده خود را به صورت رایگان به اشتراک می گذارد، حالات مختلف سنتینل ۱ همان مدهای مختلف تصویربرداری آن هستند و به شرح زیر می باشند. ویژگی های هر حالت را در شکل ۳ دیده می شود.

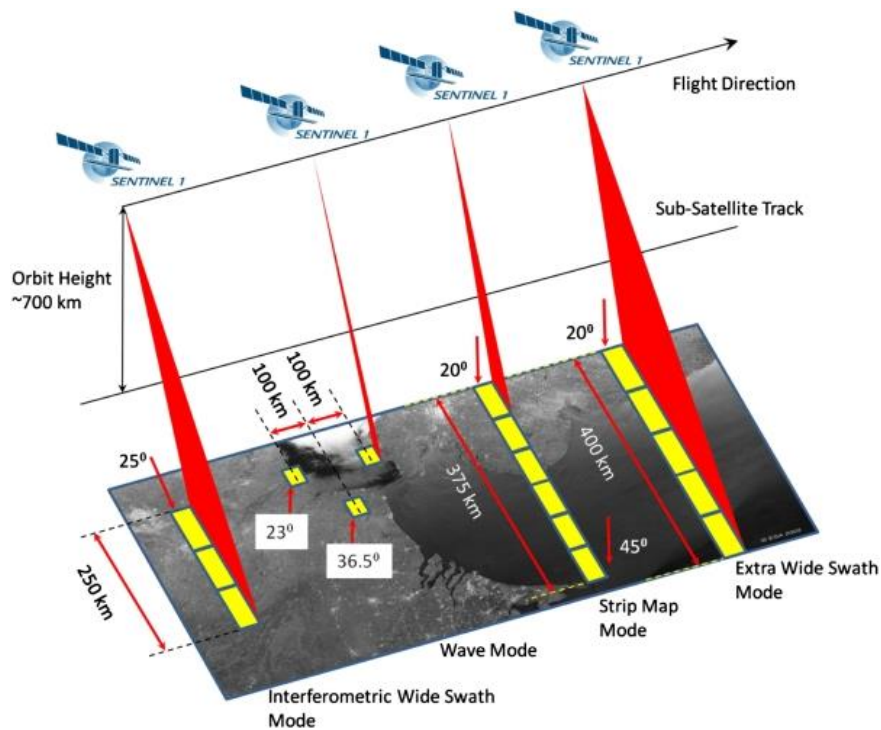
Strip Map Mode: 80 km swath, 5 x 5 m spatial resolution

Interferometric Wide Swath: 250 km swath, 5 x 20 m spatial resolution

Extra-Wide Swath Mode: 400 km swath, 20 x 40 m spatial resolution

Wave-Mode: 20 x 20 km, 5 x 5 m spatial resolution





شکل ۳ مدهای مختلف تصویربرداری ماهواره سنتینل ۱

سطوح یا همان Level های داده سنتینل ۱ نیز به شرح زیر می باشند.

Level-0 Raw

Level-1 Single Look Complex (SLC)

Level-1 Ground Range Detected (GRT)

Level-2 Ocean

هر یک از این حالتها و سطوح کاربرد خاص خود را دارند اما به طور کلی برای پروژه های سطح زمینی حالت IW و سطح ۱ (البته سطح ۱ خود به SLC و GRD تقسیم می شود که در این گزارش SLC بکارفته است) استفاده می شود. در اینجا ما داده S1A\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20160726T145049\_20160726T145116\_012321\_0132CA\_2A1D را استفاده می کنیم تا عملیات بعدی را بر روی آن پیاده نماییم. این داده تنها حاوی دو نوع قطبش VV و VH است. ویژگی های کلی ماهواره سنتینل ۱ در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ مشخصات فنی ماهواره سنتینل ۱

مشخصات فنی ماهواره Sentinel-1A	
TAS-I (Thales Alenia Space-Italy)	اپراتور ماهواره
Airbus Defence & Space Germany for the satellite, Airbus Defence & Space France for the instrument	کمیانی سازنده
2014.04.03	شروع مأموریت
Soyuz (Kourou)	ماهواره‌بر
693 Km	ارتفاع مداری
98.5	زاویه میل
۱۲ روز ، خورشید آهنگ	دوره بازگشت
2021	خاتمه مأموریت
C-SAR (C-band Synthetic Aperture Radar)	باند تصویربرداری
SM (Stripmap mode): 80 km swath	فرمت‌های تصویربرداری
<b>*IW (Interferometric Wide swath) mode: 250 km swath</b>	
EW (Extra Wide Swath) mode: 400 km swath	
WV (Wave mode): low data rate	
SM, 5 m x 5 m	قدرت تفکیک مکانی
<b>IW, 5 m x 20 m</b>	
EW, 25 m x 100 m	
WV, 5 m x 20 m	

فرایند کار

ابتدا تصویر **S1A\_IW\_SLC\_1SDV\_20160726T145049\_20160726T145116\_012321\_0132CA\_2A1D** که مشخصات کامل آن به صورت زیر می باشد:

نشاندهنده نام سنجنده تصویر بردار (سنتینل ۱ یا ۲) که در اینجا سنتینل ۱ می باشد.

بیان کننده نوع مد تصویربرداری (IW,EW,WV) که در اینجا IW می باشد.

نوع محصول (SLC,GRD,OCN) که در اینجا SLC می باشد.

عدد اول این کد نشان دهنده سطح پردازش (۱ یا ۲) است که در اینجا ۱ می باشد. حرف دوم کد بیانگر کلاس محصول (S) که معرف استاندارد و A که یادداشت یا تفسیر را نشان می دهد) که در اینجا S می باشد، و دو حرف آخر نوع قطبش (SH تنها قطبش H، SV فقط قطبش V، DV قطبشهای VV+VH و DH قطبشهای HH+HV) را نشان می دهند که در اینجا DH است.

تاریخ و زمان شروع برداشت داده که تاریخ در اینجا ۲۰۱۶/۰۷/۲۶ و زمان ۱۴:۵۰:۴۹ می باشد.

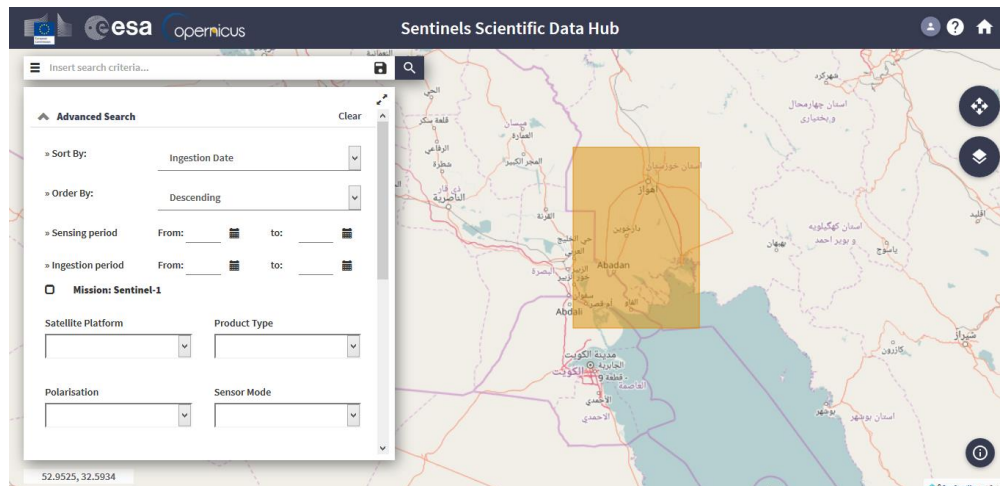
زمان انته‌ای عملیات برداشت تصویر که تاریخ در اینجا ۲۰۱۶/۰۷/۲۶ و زمان ۱۴:۵۱:۱۶ می باشد.

شماره مطلق مدار که در اینجا ۰۱۲۳۲۱ می باشد.

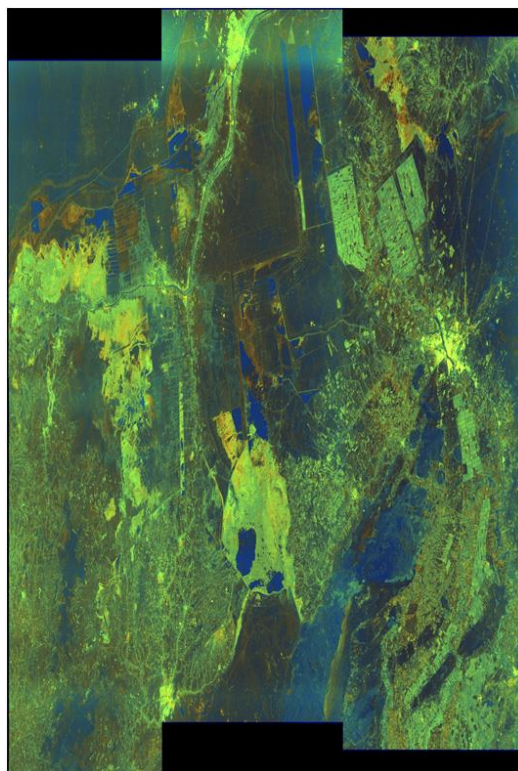
ID تاریخ گرفتن داده.

ID منحصر بفرد محصول.

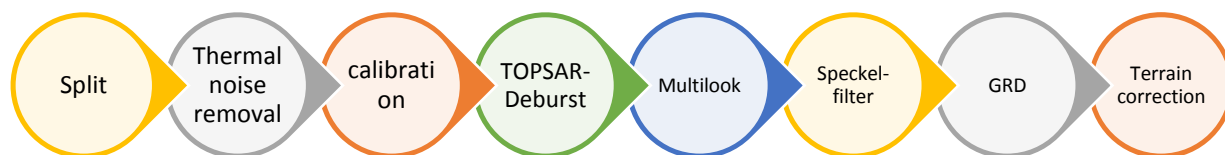
از سایت Sentinel Scientific Data Hub داندود شد. همانگونه که در بالا نیز ذکر شده است این داده در دو قطبش VV و VH تهیه شده است و از آنجایی که داده در سطح (SLC) قرار دارد در نتیجه پیش پردازشهای اولیه ای تقریباً زیادی نیاز دارد تا آن را به حالت مناسب جهت انجام پردازشهای بعدی در بیاوریم.



شکل ۴ نمایی از صفحه داندود محصولات ماهواره های سنتینل. با مشخص کردن محدوده منطقه مورد نظر و وارد نمودن اطلاعات داده درخواستی در این صفحه تصویر مورد نظر را می توانیم تهیه کنیم.



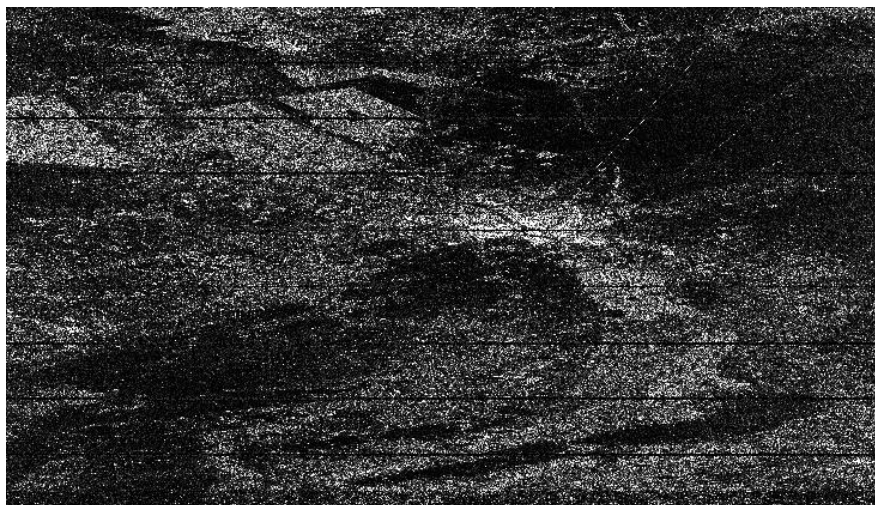
تصویر 1 تصویر سمت چپ نمایی کلی از تصویر دانلود شده را نشان می دهد. هر تصویر سنتینل 1 از سه نوار جدا از هم تشکیل شده که در کنار یکدیگر قرار گرفته اند، کادر قرمز رنگ در تصویر سمت راست بالا محدوده منطقه مورد نظر را نشان می دهد که هر سه نوار را در بر می گیرد. از میان سه نوار موجود در تصویر، منطقه مد نظر ما در نوار سمت راست قرار می گیرد که در تصویر سمت راست پایینی محدوده این نوار به صورت خطوط سفید رنگ نشان داده شده است. این نوار از کل داده جدا (split) شده است و تمام پردازش های بعدی بر همین تک نوار صورت گرفت.



شکل 5 فرایند پردازش تصویر به صورت مرحله به مرحله .

هر تصویر SLC از سه نوار (swath) تشکیل شده است و با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه ما در این گزارش در سومین نوار از این داده قرار دارد در نتیجه لازم بود تا این نوار را از کل داده جدا بسازیم.

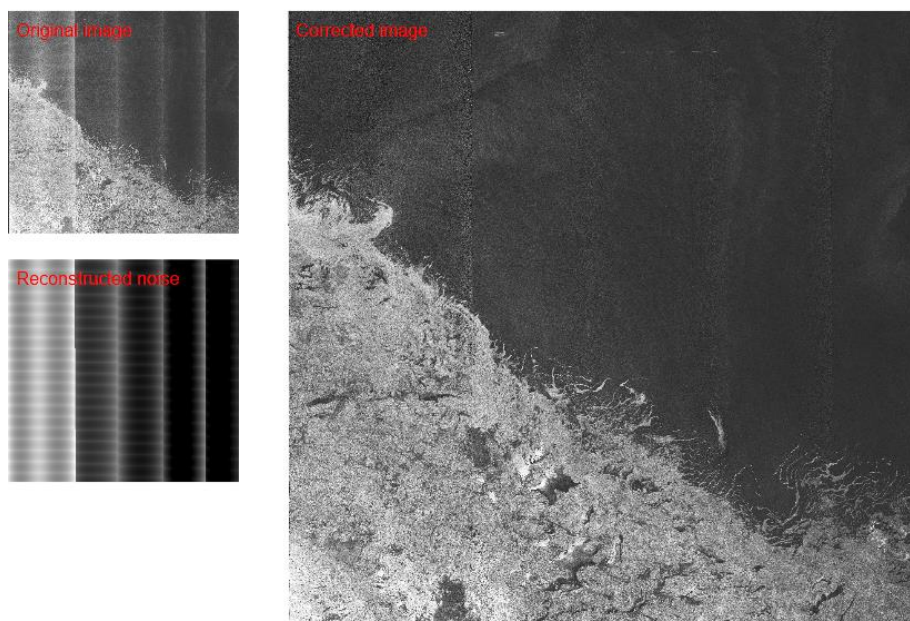




تصویر ۲ تصویر نوار جدا شده برد مایل (SLC) که از مجموعه کل تصویر سه نوار (swath) جدا شده است.

### نویز حرارتی (Thermal Noise)

نویز حرارتی نسبت سیگنال به نویز و همچنین اطلاعات رادیومتری تصاویر SAR را تحت تاثیر قرار می دهد. روش های مختلف برآورد نویز حرارتی با استفاده از پردازنده اندازه گیری نویز و مناطق با نویز برابر در تصویر مانند مخازن آرام، دریاچه ها، و غیره، برای RISAT-1 SAR بحث شده است.



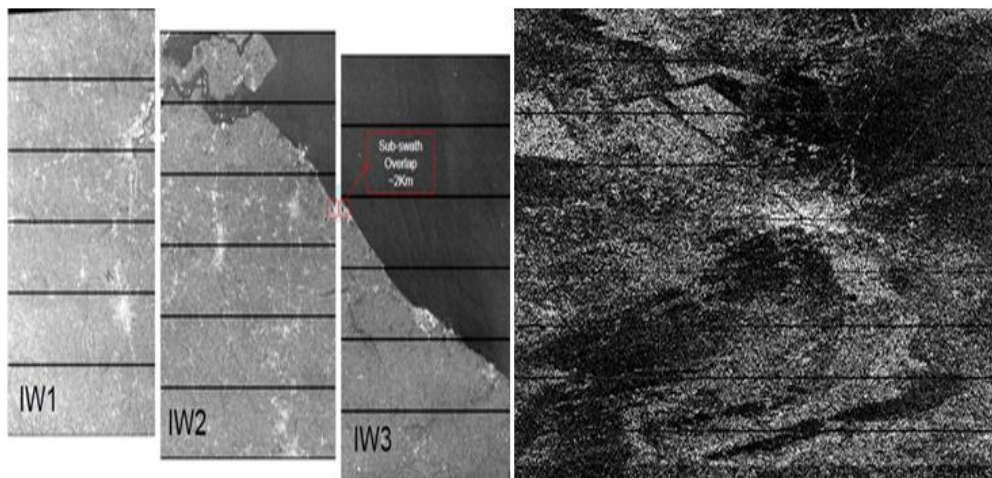
تصویر ۳ تصویر سمت چپ بالا تصویر اصلی است که نویز حرارتی در آن وجود دارد، در تصویر پایین تر از آن نویز حرارتی بازسازی شده است و در تصویر سمت چپ این خطا به کلی حذف شده است.

## کالیبراسیون (Calibration)

به منظور انجام عملیات صحیح بر روی داده های SAR می بایست در وهله اول این داده ها کالیبره شوند، این امر بویژه زمانی اهمیت پیدا می کند که داده ها را به هدف موزاییک کردن چند تصویر با زوایای برخورد متفاوت و سطوح روشنایی مختلف را در کنار هم به صورت یک تصویری واحد قرار دهیم. کالیبره کردن تصویر از لحاظ رادیومتری در واقع تبدیل ارزش پیکسل تصویر خام به مقدار بازپخش زمینی آن پیکسل است. با اینکه تصاویر کالیبره نشده جهت بررسی های کیفی کافی می باشند اما جهت بررسی های کمی کالیبره کردن تصاویر ضروری است.

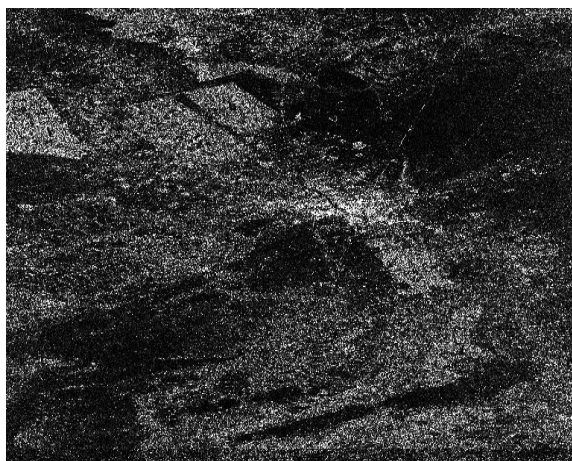
## TOPSAR Deburst

هر محصول سنجنده سنتینل ۱ در سطح SLC و مدهای IW و EW حاوی یک تصویر برای هر نوار (SWATH) و هر قطبش می باشد. محصولات IW دارای سه نوار و EW ۵ نوار می باشند. هر زیر نوار از یک سلسله بیرست (burst) های متوالی تشکیل شده است که هر یک از این بیرست ها به صورت یک تصویر SLC جداگانه پردازش شده است. هر یک از این بیرست ها بواسطه خطوط سیاه رنگ از هم جدا می شوند. برای IW این بیرست دوره تکرار زمانی ۲,۷۵ ثانیه دارد و برای EW ۳,۱۹ ثانیه.



تصویر ۴ در تصویر سمت راست تصویر SLC، IW3 را نشان می دهد که در واقع سومین نوار محصول سنتینل ۱ که برای کار خود دانلود کرده ایم، خطوط سیاه رنگ حد فاصل بین بیرستها در تصویر به وضوح دیده می شوند. و در تصویر سمت چپ نمایی واضح تر از محصول SLC، IW سنجنده سنتینل ۱ را نشان می دهد که از سه نوار مجزا تشکیل شده است و هر زیر نوار حاوی بیرست های مجزایی می باشد که به وسیله خطوط سیاه رنگ از هم جدا شده اند.

TOPSAR Deburst ابزاری برای یکپارچه سازی محصول سنتینل ۱ و از بین بردن گسستگی موجود بین زیر نوار ها و بیرست ها می باشد.



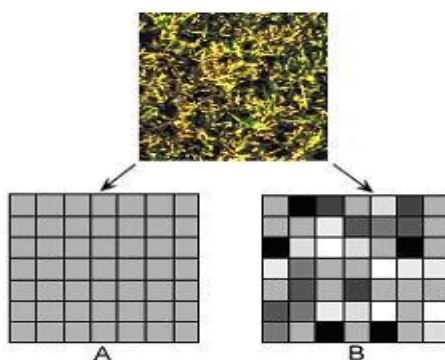
تصویر ۵ تصویر Deburst شده (این تصویر را با تصویر سمت راست ۴ مقایسه کنید)

### دید چندگانه (multi-looking processing)

در این روش هر پرتو رادار به چندین زیرپرتو (اشعه) تقسیم شده و هر اشعه وظیفه پوشش دادن یک ناحیه را بر عهده دارد. با ثبت تصاویر تشکیل شده توسط هر اشعه و معدل گیری از آنها جهت تشکیل تصویر نهایی می توان نویز اسپیکل را کاهش داد.

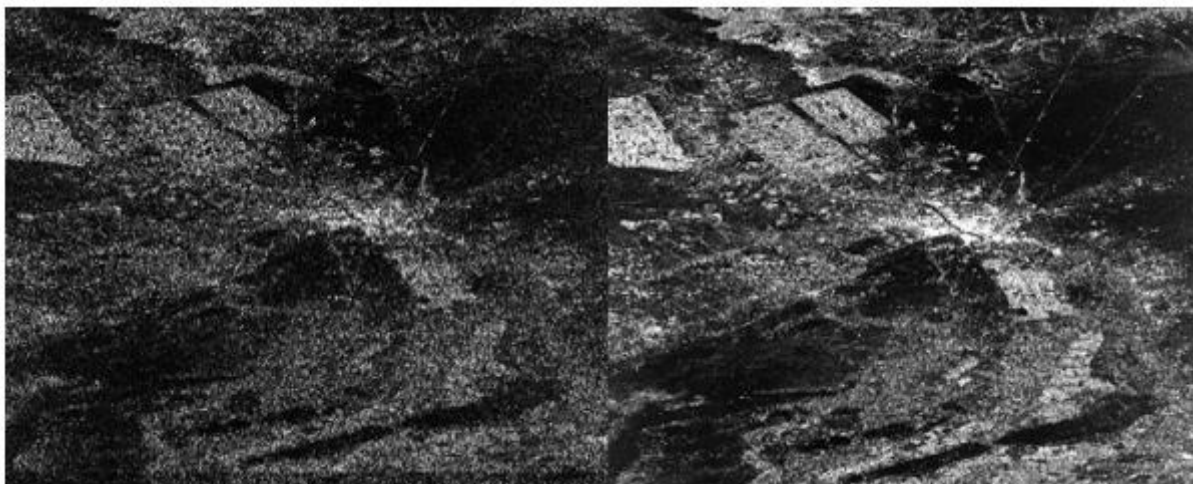
### اسپیکل (speckle)

در تصاویر رادار با نوعی اختلال مواجه هستیم که به نویز اسپیکل (speckle) معروف است. این اختلال که باعث ظاهر شدن دانه های ریز و درشت (بافت فلفل نمکی) در تصویر می شود زاییده ساختار بهم ریخته سطح و همچنین تداخل سیگنال های بازتابیده می باشد. به عنوان نمونه یک سطح هموار مانند علفزار (تصویر شماره ۶) را در نظر می گیریم. بدون در نظر گرفتن اثر این اختلال پیکسل های تصویر با درجه روشنایی یکسان مشاهده می شوند. حال آنکه در تصویر حقیقی به علت تداخل سیگنال های پراکنده شده پیکسل ها دارای درجات روشنایی متفاوت می باشند.



تصویر ۶ اثر اسپیکل



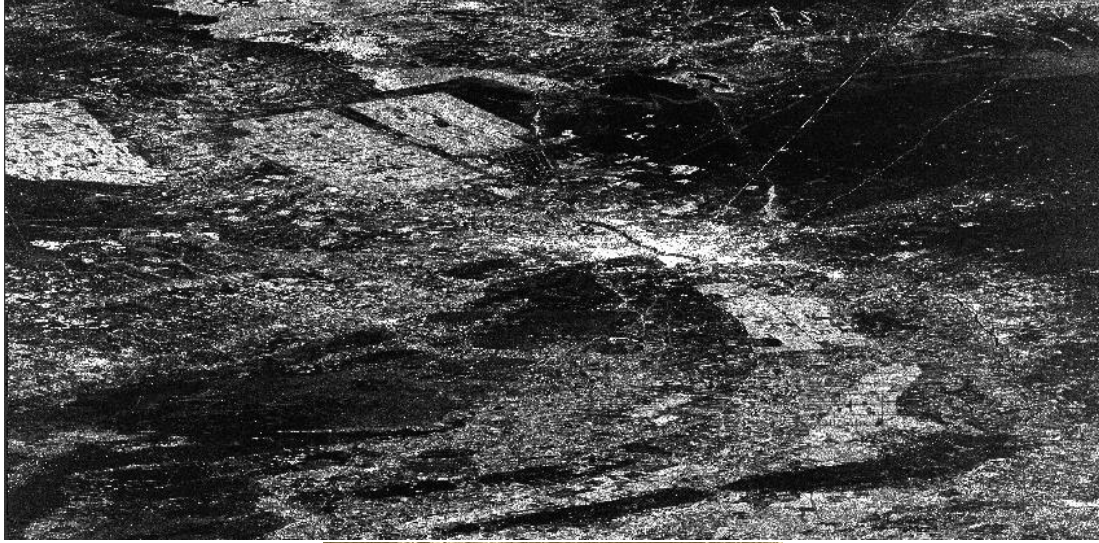


تصویر ۷ تصویر سمت چپ تصویر تحت تأثیر اثر اسپیکل و تصویر سمت راست تصحیح شده آنه می باشد.

### تصویر برد زمینی (Ground Range Detected)

تصویری است مالتی لوک شده و با استفاده از یک بیضوی معادل مانند WGS84 به برد زمین ارجاع داده شده است. و از حالت برد مایل خارج گشته است.

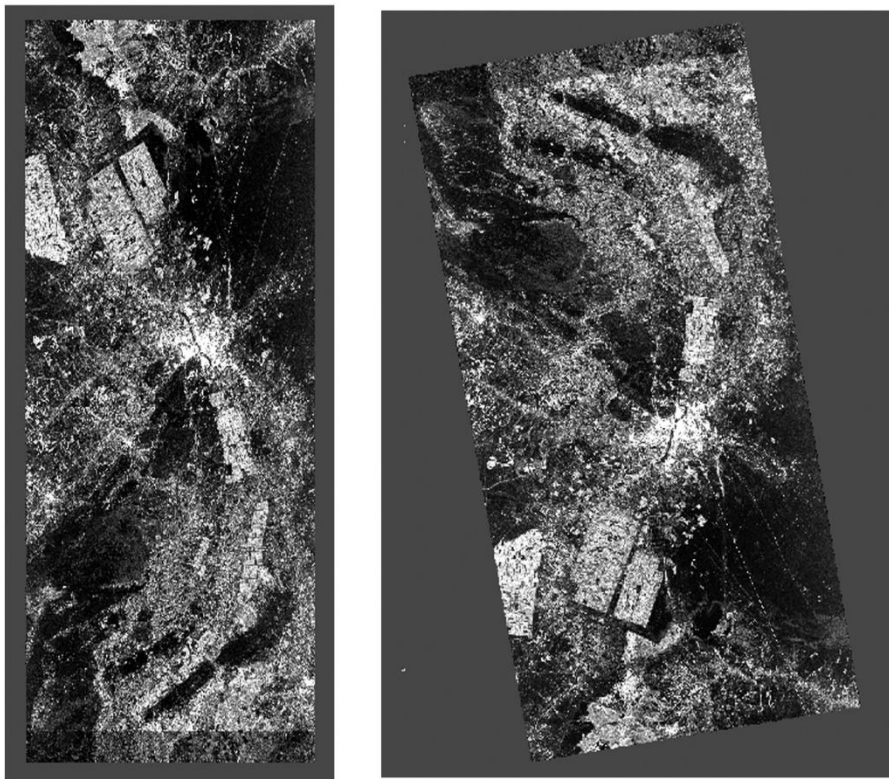




تصویر ۸ در بالا تصویر برد مایل و در پایین برد زمینی نشان داده شده است. به تغییر ابعاد دو تصویر پس از تبدیل به برد زمینی دقت بکنید.

**تصحیح زمینی (terrain correction)**

تا این مرحله تصویر ما از نظر رادیومتری هیچگونه مشکلی ندارد و می توان از آن در پردازشهای بعدی با توجه به هدف مورد نظر استفاده نمود ولی از لحاظ بصری هنوز یک مشکل وجود دارد که هر نفر آشنا به منطقه مورد مطالعه به آسانی قادر به شناسایی آن می باشد، این مشکل چرخش ۱۸۰ درجه ای تصویر می باشد و دلیل آن صعودی بودن جهت پرواز سنجنده در حین برداشت می باشد که باعث می گردد تا تصویربرداری از منطق جنوبی شروع بشود در نرم افزار SNAP برای رفع این مشکل ابزار Terrain Correction تدارک دیده شده است. در این پردازش از دم منطقه جهت اعمال این تصحیح استفاده شده است.



تصویر ۹ سمت چپ قبل از تصحیح زمینی و سمت راست بعد از انجام آن می باشد.

### اثر تصاویر راداری در طبقه بندی

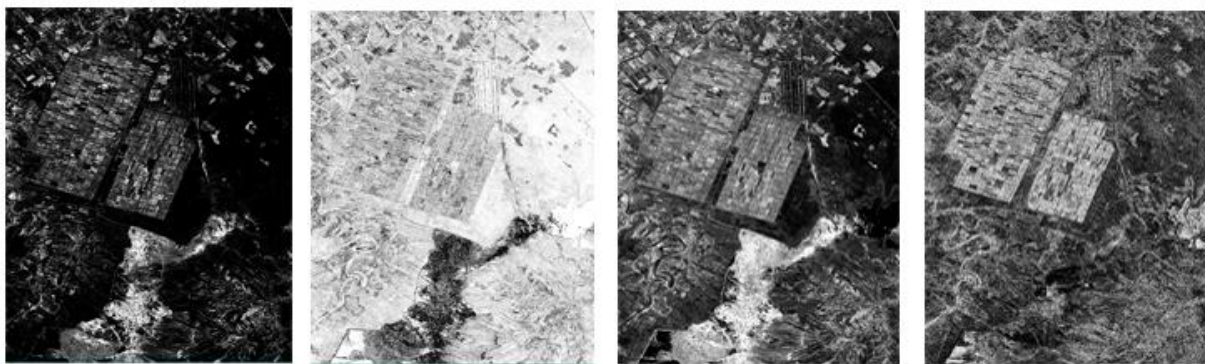
پس از اتمام این مراحل محدوده مد نظر از کل تصویر جدا (subset) شده است تا پردازش های بعدی تنها بر این محدوده اعمال شوند.





تصویر ۱۰ تصویر سمت چپ تصویر تصحیح شده با قطبش VH و تصویر میانی در قطبش VV و تصویر سمت راست تصویر کاذب لندست ۱۱ پهنه های سبز رنگ در این تصویر پوشش گیاهی هستند و پهنه های سیاه رنگ آب می باشند و ما بقی خاک لخت می باشد)

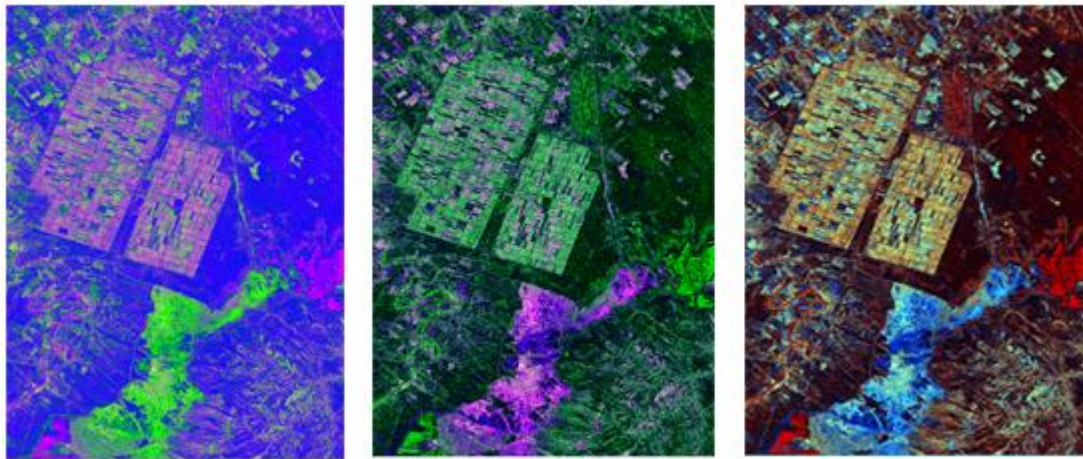
انجام عملیات حسابی ساده یا پیچیده بر روی تصاویر رادار می تواند حاوی اطلاعات جدید و متفاوت تر داشته باشد. همانگونه که در تصویر شماره ۱۱ مشاهده می شود انجام چهار عملیات حسابی ساده (تقسیم، جمع، تفریق و ضرب) با استفاده از دو تصویر VH و VV هریک تصویری با الگوی رنگی متفاوت به ما داده است برای مثال در تصویر ضرب این دو باند در هم پهنه های خاکی کاملاً سیاه رنگ هستند و به شدت قابل تمایز از دیگر عوارض تصویر می باشند در حالیکه در تصویر حاصل از تفریق آنها این پهنه کاملاً سفید رنگ در لخت و به سمت خاکهای شخم زده از روشنایی آنها کاسته می شود. یا اینکه در همین تصویر پهنه های آبی سیاه رنگ نشان داده شده اند با اینحال همین پهنه ها در تصویر حاصل از جمع دو باند خاکستری می باشند و به سمت پوشش گیاهی رنگ روشنتر می گردد.



تصویر ۱۱ انجام عملیات حسابی ساده بر روی قطبش های مختلف می تواند همراه با اطلاعات جدیدی باشد. این تصاویر به ترتیب از سمت راست VV، VV+VH، VH، VV-VH می باشند.

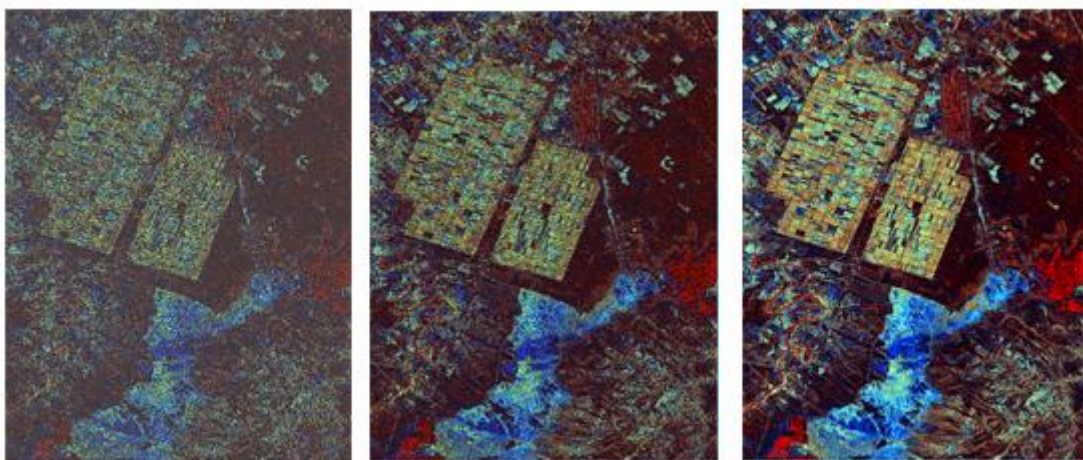
ترکیب رنگی باندهای مختلف می تواند در امر پردازش تصویر و داده کاوی کمک زیادی به ما بکند، بازی با تصاویر مانند ترکیب باند های مختلف و بصری سازی آنها در در کانالهای رنگی متفاوت می

تواند اطلاعات با ارزشی را به همراه خود داشته باشد. در تصویر شماره ۱۲ ترکیب رنگهای مختلف به وضوح افزایش میزان اطلاعات استخراجی را نشان داده است.



تصویر ۱۲ ترکیب رنگی قطبش ها و خروجی های مختلف نیز می تواند مولد اطلاعات جدید باشد.

فیلتر زدن نیز از جمله ترفندهایی می باشد که در خوانا تر شدن برخی پدیده ها بر روی تصاویر به ما کمک می کند، انواع مختلف فیلترها وجود دارد از بین آنها فیلترهای Gaussian، high pass و low pass به طور نمونه اعمال شده اند.



تصویر ۱۳ زدن فیلترهای مختلف نیز می تواند حاوی اطلاعات مفید و جدید تری باشد. از سمت راست به ترتیب فیلترهای Gaussian، high pass و low pass بر روی تصویر ترکیبی از سه باند قطبش های VH و VV و نسبت گیری از این دو باند.

