

بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و بازنگری مجدد SAR منطقه باغستان تهران

فاطمه امجدی پور^۱ حمید دهقانی^۲
مجتبی بهزاد فلاح پور^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۲

چکیده

هندسه دید یکی از مهم ترین پارامترها از عامل رادار محسوب می شود که می تواند باعث دیده شدن و یا نشدن یک هدف واقعی گردد. از این رو بررسی و تحلیل تأثیر این پارامتر به منظور تشخیص اهداف و تفسیر تصاویر راداری بسیار حائز اهمیت است. هندسه دید شامل زاویه برخورد، زاویه کجی و جهت تصویربرداری می شود. در این مقاله هندسه دید در تصاویر بازنگری مجدد و تصاویر صعودی و نزولی مورد بررسی قرار می گیرد. منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، منطقه مسکونی باغستان واقع در غرب استان تهران است. تصاویر اخذ شده از ماهواره سنتینل ۱ در جهات، زوایای فرود و زمان تصویربرداری مختلف می باشند. این تصاویر متعلق به زمان های سپتامبر و اکتبر سال ۲۰۱۸ میلادی بوده و فاصله ی زمانی بین تصاویر ۵ روز است. در این تحقیق با استفاده از تحلیل هیستوگرام و متا داده اخذ شده از تصاویر SAR، هم موقعیت سازی تصاویر بازنگری مجدد و تحلیل زاویه برخورد و جهت تصویربرداری انجام گرفته است. نتایج تحقیق نشان داد که زاویه برخورد به دلیل تغییرات کم در حدود ۴ درجه، تأثیر ناچیزی بر روی تصاویر داشته است. همچنین با توجه به اینکه فاصله زمانی بین تصاویر اخذ شده ۵ روز است این عامل نیز کمترین اثر را بر روی تصاویر SAR داشته است ولی بر خلاف تصاویر اپتیکی، جهت تصویربرداری بیشترین تأثیر را بر روی تصویر SAR داشته به گونه ای که یک سطح شیب دار یکسان در دو جهت متفاوت رفتاری متمایز را نشان می دهد. در این مقاله اثر زاویه برخورد مورد بررسی، در بازه ۳۱ تا ۴۰ درجه بوده است.

واژه های کلیدی: سنتینل ۱، جهت تصویربرداری، زاویه برخورد، متا داده، غرب استان تهران، تحلیل هیستوگرام

۱- کارشناس ارشد پدافند غیرعامل (آفا)، دانشگاه صنعتی مالک اشتر fateme.a33@gmail.com

۲- دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر dehghani@mut.ac.ir

۳- استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر (نویسنده مسئول) m_behzad_fp@yahoo.com

۱- مقدمه

TerraSAR-X بررسی شده است.

بدین منظور ابتدا بین محصولات مختلف TerraSAR-X، محصول بهینه را انتخاب کرده و بعد از آن تعداد کلاس‌ها را برای طبقه‌بندی مشخص کرده است.

در نهایت پارامترهای زاویه برخورد و جهت تصویربرداری را در نتایج طبقه‌بندی مورد بررسی قرار داده است. نتایج حاصل نشان داده که تصاویر در جهت صعودی ۸۰ درصد نتایج بهتری نسبت به تصاویر نزولی داشته‌اند. همچنین تصاویر با زاویه برخورد نزدیک به باند بالا دارای نتایج بهتری نسبت به زوایای دیگر بوده‌اند.

برخی تحقیقات اثر هندسه دید و پلاریزاسیون تصاویر SAR را در تشخیص سیل تحلیل کرده‌اند. در کار Ohki و همکاران (۲۰۱۹) که در سال ۲۰۱۵ ژاپن مورد مطالعه قرار گرفته، دقت طبقه‌بندی داده SAR باند L را در زاویه برخورد، پلاریزه و رزولوشن مختلف مقایسه کرده است. همچنین از طریق دامنه آستانه و تصاویر تداخل سنج سیل در آب‌های آزاد و مناطق شهری را شناسایی کرده است. در این مقاله از آستانه اتوماتیک استفاده شده است و به اهمیت زمان گذر ماهواره از منطقه سیل‌زده تأکید شده است.

در مقاله حاضر تلاش می‌شود پس از اعمال پیش پردازش‌های لازم از جمله حذف نویز اسپکل و تصحیح هندسی، رابطه تغییرات استخراج شده از تصاویر صعودی و نزولی با تغییر هندسه دید که شامل پارامترهای مختلفی از جمله زاویه دید، زاویه برخورد^۱ و جهت تصویربرداری می‌شود، مورد بررسی قرار گیرد.

برای این منظور، با استفاده از تحلیل هیستوگرام و متا داده اخذ شده از تصاویر SAR، هم موقعیت‌سازی تصاویر بازنگری مجدد و تحلیل زاویه برخورد و جهت تصویربرداری انجام گرفته است.

در تصویربرداری راداری برخلاف تصویربرداری اپتیکی، عوامل، پارامترها و زیرپارامترهای زیادی در تشکیل تصویر SAR دخیل هستند. به طوری که طبق مطالعات انجام شده پنج عامل مؤثر و بیش از ۳۵ پارامتر مختلف در تشکیل یک تصویر SAR مؤثرند.

یکی از مهم‌ترین این پارامترها هندسه تصویربرداری می‌باشد که می‌تواند باعث تغییرات بسیار زیاد در تصاویر SAR شود و حتی منجر به دیده شدن و یا نشدن یک هدف واقعی گردد (فلاح‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).

در این مقاله به بررسی اثر هندسه دید در تصاویر راداری SAR پرداخته می‌شود. پرداختن به تأثیر هندسه دید در تصاویر راداری در پژوهش‌های مشابه، کمتر دیده شده است و این مقاله گامی نو در جهت پیشرفت این حوزه برداشته است. هندسه دید شامل زاویه برخورد، زاویه کجی و جهت تصویربرداری می‌باشد. لذا یک عامل چندمتغیره محسوب می‌شود. از این رو کار کردن با این عامل مشکلات خاص خود را دارد.

در تحقیقات مشابه معمولاً به یک پارامتر پرداخته شده و سایر پارامترها ثابت فرض شده‌اند. فلاح‌پور و همکاران (۱۳۹۵)، اثر زاویه برخورد و شکل اهداف در تصاویر SAR از منطقه گیاه‌شهر گیلان را شبیه‌سازی کرده‌اند. اشکال به‌کار گرفته شده در این شبیه‌سازی استوانه، مخروط و مکعب هستند که الگوی رفتاری آن‌ها در تصاویر SAR در زوایای فرود مختلف ۳۰، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۶۰ استخراج شده است. نتایج حاصل از این تحقیق امکان تشخیص هوشمند اهداف را در تصاویر SAR فراهم می‌سازد.

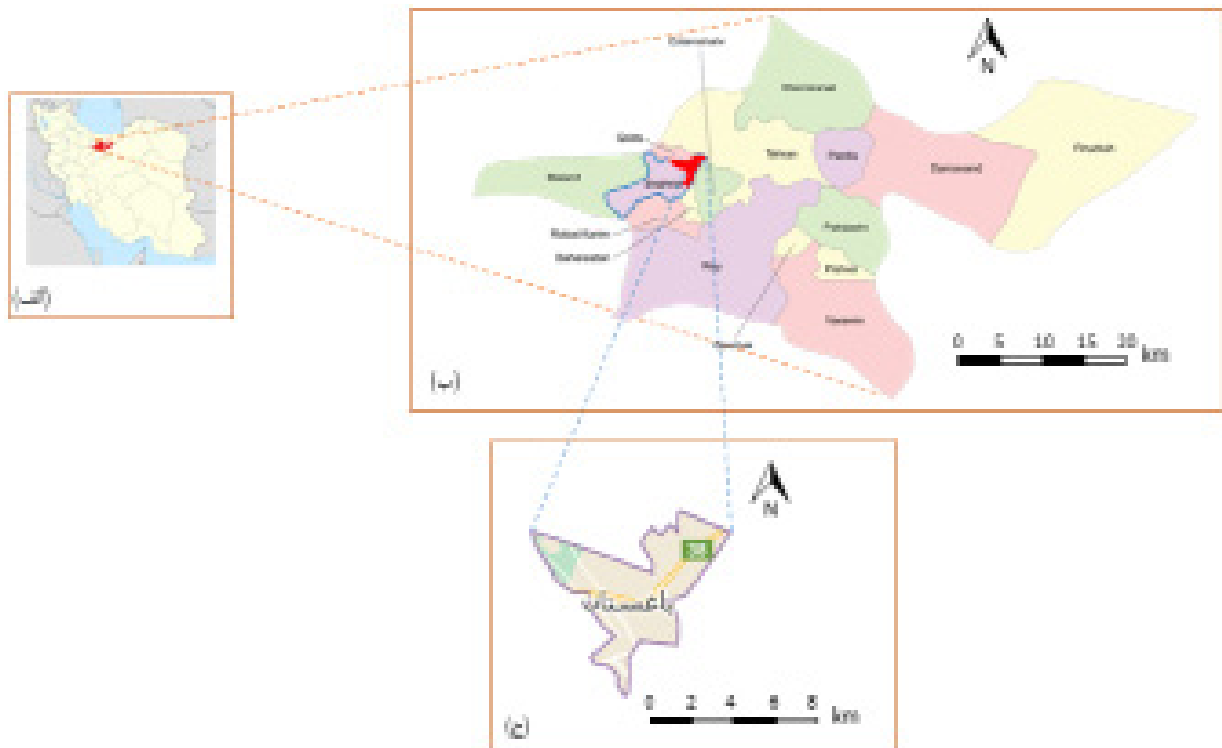
در پژوهش Dumitru و همکاران (۲۰۱۳) که منطقه مورد بررسی آن شهر ونیز ایتالیا و برلین آلمان بوده، پارامترهای قدرت تفکیک، فاصله پیکسل‌ها، سایز patch، جهت تصویربرداری و زاویه برخورد در طبقه‌بندی تصاویر

1- Look angle

2- Incidence angle

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۴۵



نگاره ۱: نقشه مربوط به منطقه مورد بررسی (منطقه باغستان تهران)، (الف) کشور ایران، (ب) موقعیت استان تهران، (ج) موقعیت منطقه باغستان در شهرستان شهریار

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، منطقه مسکونی باغستان واقع در غرب استان تهران در عرض جغرافیایی ۳۵/۶ و طول جغرافیایی ۵۱/۱ می‌باشد. به طوری که تصاویر راداری اخذ شده از این منطقه توسط ماهواره سنتینل ۱ در زمان‌های سپتامبر و اکتبر ۲۰۱۸ مورد مطالعه قرار گرفته است. نقشه منطقه باغستان تهران در نگاره ۱ ارائه شده است. در مقاله حاضر تأثیر تغییر هندسه دید در دو تصویر بازنگری مجدد و تصاویر صعودی و نزولی در این منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا تغییر موقعیت در تصاویر بازنگری مجدد مورد بررسی قرار گرفته و سپس تغییر هندسه دید در این تصاویر بررسی می‌گردد. در مرحله بعد تغییر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی

مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فلوچارت مراحل کار مقاله در نگاره ۲ ارائه شده است. از نظر نحوه اخذ تصویر، سامانه‌های SAR به سامانه‌های جانب‌نگر^۱ معروف هستند که از کنار به ناحیه تصویربرداری نگاه می‌کنند.

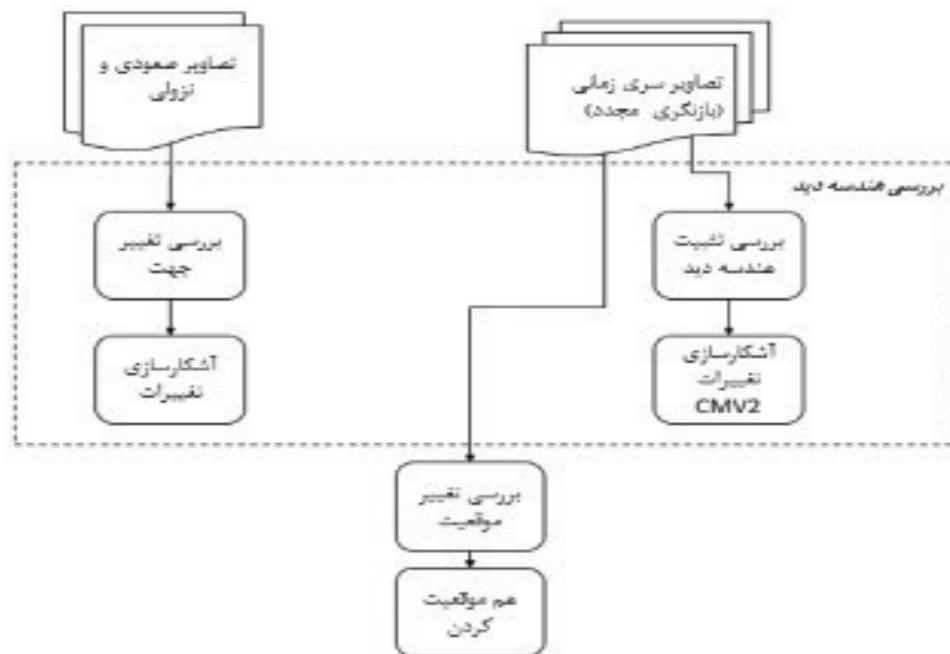
لذا زاویه دید^۲ (زاویه میان‌بردار عمود بر سطح زمین و راستای موج در محل سنجنده) در آن‌ها بین ۰ تا ۹۰ درجه می‌باشد. زیرا در نگاه عمودی^۳ و نگاه مستقیم^۴ به ناحیه موردنظر، همواره دو نقطه در ناحیه تصویربرداری وجود دارند که اکوی هردوی این نقاط در یک لحظه درگیرنده دریافت شده و این موضوع سبب ایجاد ابهام در تصاویر

1- Side Looking

2- Look Angle

3- Downward Looking

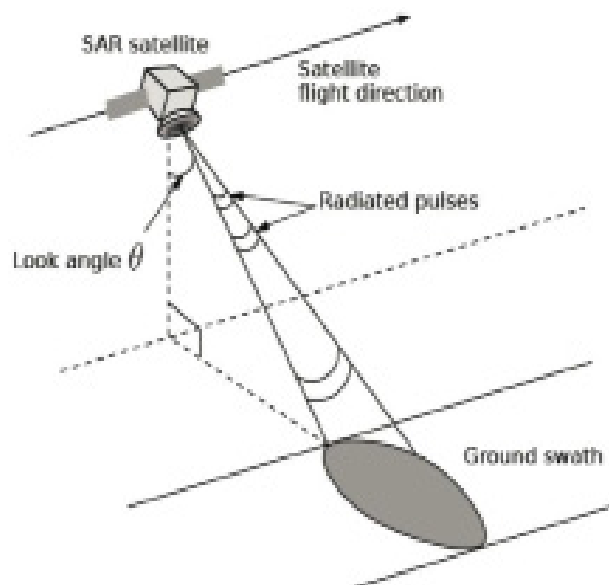
4- Forward Looking



نگاره ۲: فلوجارت مراحل کار مقاله

سامانه‌های راداری فضاپایه مستقر در مدار لئو^۳ دارای دو جهت تصویربرداری صعودی^۴ و نزولی^۵ نسبت به شمال هستند. در نتیجه یک منطقه ممکن است در دو جهت تصویربرداری شود. زمانی که ماهواره در جهت صعودی تصویربرداری می‌کند در واقع از جنوب به شمال و به سمت غرب می‌رود و در جهت نزولی، از شمال به جنوب و به سمت شرق حرکت می‌کند (نگاره ۴). در این مقاله از داده‌های اخذ شده از ماهواره سنتینل ۱^۶ استفاده شده است. نگاره ۵ سنتینل ۱ را در حالی که از یک منطقه در دو جهت نزولی و صعودی تصویربرداری می‌کند نشان می‌دهد. در این نگاره زاویه برخورد θ که زاویه بین موج ارسالی (مسیر دید^۷) و خط عمود بر زمین است و زاویه سرمسیر^۸ δ که زاویه بین جهت حرکت ماهواره و شمال را نشان می‌دهد در هر دو جهت نزولی و صعودی مشخص شده است (Mora, et al, 2016).

SAR می‌شود. از این‌رو هندسه جانب‌نگر یک هندسه استاندارد برای SARهای فضاپایه^۱ و هوایه^۲ می‌باشد (نگاره ۳).



نگاره ۳: هندسه SAR، یک سامانه جانب‌نگر (Lauknes, 2010)

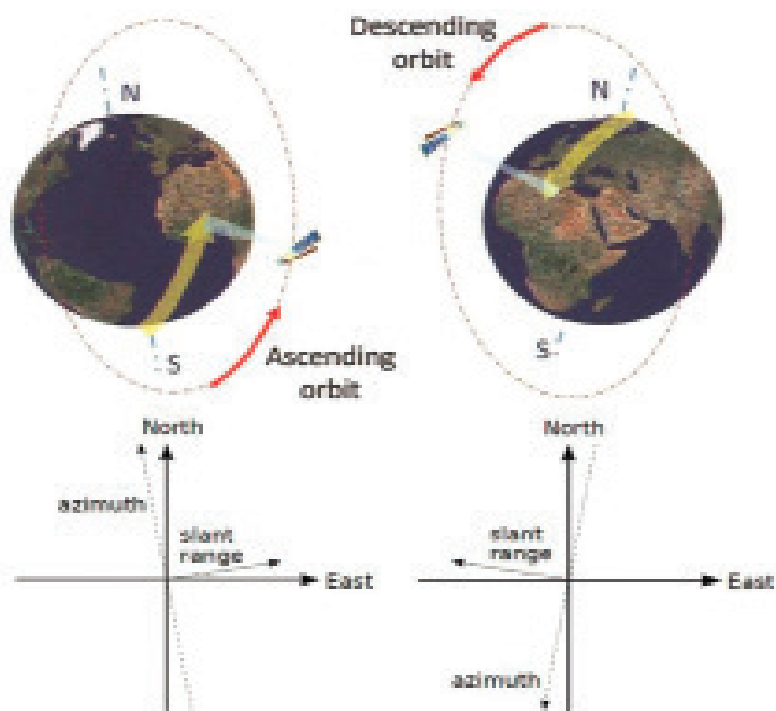
3- LEO
 4- Ascending
 5- Descending
 6- Sentinel
 7- Line Of Sight
 8- Track heading

1- Space Borne
 2- Air Borne

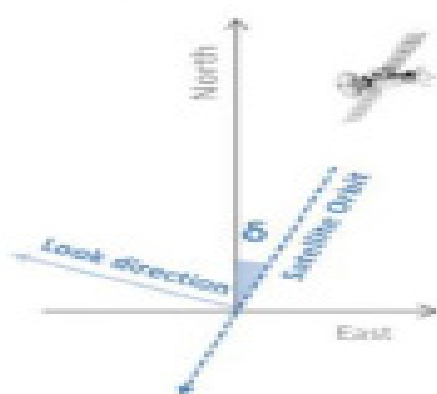
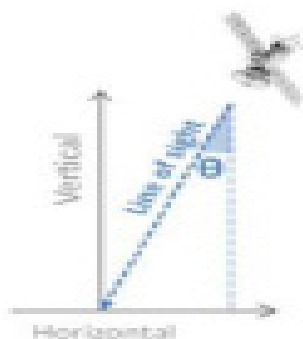
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۴۷

نگاره ۴: دو حالت مختلف تصویربرداری
سامانه‌های فضاپایه SAR (Ferretti, 2014)

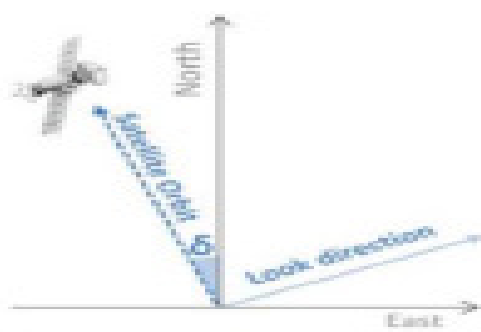
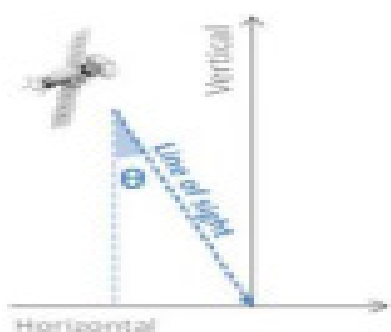


Descending orbit



(الف)

Ascending orbit



(ب)

نگاره ۵: هندسه سنتینل ۱ در

جهت تصویربرداری

الف) صعودی و ب) نزولی

(Mora و همکاران، ۲۰۱۶)

جدول ۱: ویژگی کلی تصاویر اخذ شده

IW	حالت تصویربرداری
سطح ۱- GRD	سطح تولید محصول
VV	پلاریزه

۳-۱- بررسی تصاویر بازنگری مجدد

استفاده از تصاویر بازنگری مجدد در آشکارسازی تغییرات تصاویر سری زمانی بسیار پرکاربرد است. از جمله آن‌ها می‌توان به نظارت بر نشست زمین، زمین‌های زراعی و آب شدن یخ‌های قطب شمال اشاره کرد. از طرفی باتوجه به خطاهایی که در هنگام اندازه‌گیری و تبدیل سیگنال به تصویر به وجود می‌آید، لازم است پیش‌پردازش‌هایی قبل از تحلیل تصاویر اعمال گردد. پس از اعمال پیش‌پردازش‌ها نیز تغییراتی در برخی نواحی که در واقعیت تغییر نکرده‌اند دیده می‌شود. در این مقاله پس از تحلیل نرم‌افزاری تصاویر، مشخص شد تغییر موقعیت تصاویر روی سطح زمین یکی از عوامل تغییرات است. پس از آن تغییر هندسه دید در هر بازنگری و تأثیر آن بر تصاویر مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت نتایج نشان داد در ماهواره سنتینل ۱ با دوره زمانی ۱۲ روز، پارامتر هندسه دید تغییرات محسوسی ندارد.

موقعیت تصویر

اندازه‌گیری موقعیت و مسیر حرکت ماهواره هنگام تصویربرداری در مدار خود، دارای عدم قطعیت و خطاهایی می‌باشد. این خطا سبب ایجاد اختلاف در طول و عرض جغرافیایی ثبت شده در پیکسل‌های تصویر می‌شود. همچنین در تصاویر بازنگری مجدد تصاویر دارای اختلافی در موقعیت خود نسبت به سطح زمین می‌باشند. در اینجا پس از اعمال روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات و انتخاب روش مناسب (CMV2) برای این تحقیق، به منظور اخذ نتایج قابل استناد، تصاویر بیشتری در این منطقه بارگیری شد. در بررسی ماهواره سنتینل که مورد مطالعه این تحقیق است مشاهده شد ۷ تصویر بازنگری مجدد باتوجه به فاصله زمانی ۱۲ روز از یک موقعیت، در میان آن‌ها تصاویر

قبل از آن‌که یک تصویر سنتینل ۱ بارگیری شود، با استفاده از اطلاعاتی که به‌عنوان پیش‌نمایش در سایت آن نشان داده می‌شود می‌توان صعودی یا نزولی بودن تصویر را تشخیص داد. بعد از بارگیری تصویر نیز با استفاده از اطلاعات موجود در متادیتای تصویر می‌توان جهت حرکت ماهواره و همچنین زاویه θ و δ را برای آن به دست آورد.

۳-۲- داده‌های مورد بررسی

مأموریت سنتینل ۱ شامل تصویربرداری در باند C است که در ۴ حالت تصویربرداری منحصربه‌فرد با وضوح مختلف (تا ۵ متر) و پوشش (تا ۴۰۰ کیلومتر) عمل می‌کند. همچنین دارای قابلیت‌هایی از جمله قطبش دوگانه، بازنگری بسیار کوتاه و تحویل سریع محصول است و برای هر مشاهده، اندازه دقیق موقعیت و وضعیت^۱ فضاپیما را در دسترس قرار می‌دهد. این مأموریت از یک گروه از دو ماهواره Sentinel-1A و Sentinel-1B تشکیل شده است که یک مدار مشترک دارند. سنتینل ۱ برای تصویربرداری از منطقه وسیعی از زمین، مناطق ساحلی و مسیر حرکت کشتی‌ها با وضوح بالا و پوشش اقیانوس در سطح جهانی، طراحی شده است (Sentinel Online, 2020). پارامترهای مختلفی از ماهواره سنتینل ۱ تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است. در این مقاله ابتدا تثبیت هندسه دید و تغییر موقعیت را در یک دوره زمانی ماهواره بررسی می‌کنیم. سپس به تحلیل تصاویر صعودی و نزولی و نتایج حاصل پرداخته می‌شود. موقعیت تصویر انتخاب شده مربوط به غرب استان تهران، منطقه‌ای به نام باغستان است که ویژگی‌های آن در جدول ۱ ارائه شده است. تغییر موقعیت و تثبیت هندسه دید در تصاویر بازنگری مجدد با بررسی ۷ تصویر اخذ شده با فاصله زمانی ۱۲ روز از این منطقه صورت گرفته که شروع آن از تاریخ ۲۰۱۸/۰۹/۲۸ و پایان تا تاریخ ۲۰۱۸/۱۲/۰۹ می‌باشد. برای بررسی جهت تصویربرداری از تصویر همین منطقه در تاریخ ۲۰۱۸/۱۰/۴ و ۲۰۱۸/۰۹/۲۸ که به ترتیب تصاویر نزولی و صعودی می‌باشند، استفاده شده است.

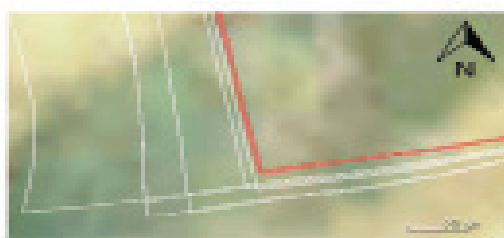
1- Attitude

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

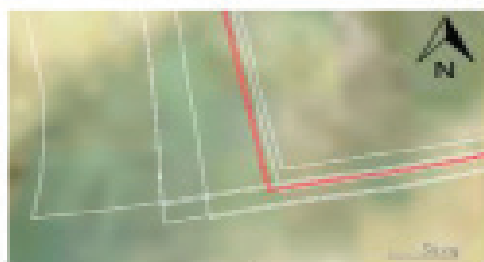
بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۴۹

از روی این نقاط تصاویر برش داده می‌شود. نتایج به دست آمده پس از اعمال پیش پردازش نشان می‌دهد، تصاویر دارای شیفتهی در حدود ۱۰ متر هستند (کمتر از یک پیکسل) و با تقریب خوبی تصاویر هم موقعیت شده‌اند. نگاره ۶ موقعیت تصاویر را روی سطح زمین در مقیاس بزرگ نشان می‌دهد. تصاویر به ترتیب زمان از بالا به پایین و از راست به چپ

با فاصله زمانی بیشتر دارای یک شیفت مکانی در حدود چندصد متر روی زمین هستند. این شیفت باعث ایجاد خطا در نتایج به دست آمده حاصل از آشکارسازی تغییرات شده و باید آن را رفع کرد. با توجه به شیفت مکانی موجود در این ۷ تصویر، با استفاده از نرم افزار SNAP دو نقطه در تمام تصاویر با طول و عرض جغرافیایی یکسان مشخص کرده و سپس



الف



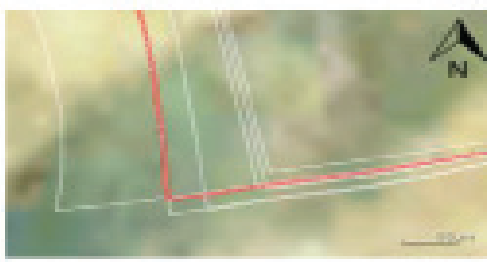
ب



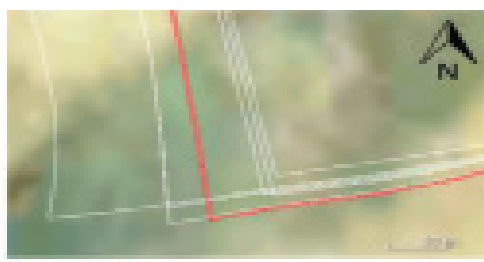
ج



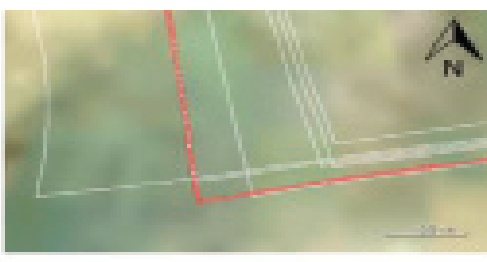
د



ه



و



ز

نگاره ۶: موقعیت تصاویر روی سطح زمین در مقیاس ۵۰ متر

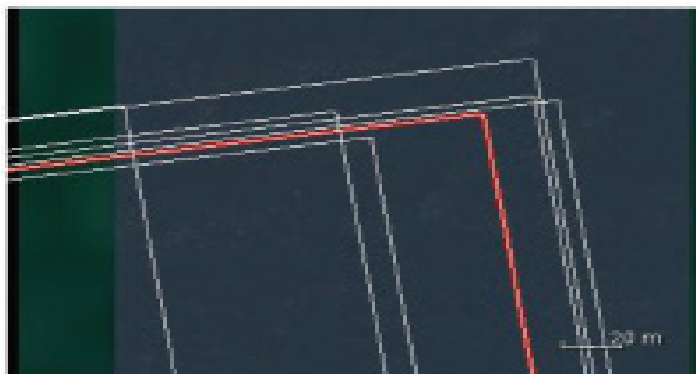
هستند. تصویر الف مربوط به تاریخ ۲۸ سپتامبر سال ۲۰۱۸ که تصویر مرجع است، می‌باشد. تصویر ب، ۱۲ روز بعد مربوط به ۱۰ اکتبر بوده و مشاهده می‌شود اختلافی در حدود چند ده متر با تصویر مرجع دارد. این اختلاف در تصاویر دوره زمانی بعدی به حدود چندصد متر می‌رسد. نگاره ۷ اطلاعات دو نقطه در دو تصویر ۲۹ سپتامبر و ۱۰ اکتبر را قبل از هم‌موقعیت کردن نشان می‌دهد که مشاهده می‌شود در این نقاط طول و عرض جغرافیایی یکسان و موقعیت x و y تصویر متفاوت است. در نتیجه زمانی که در دو تصویر

نقاطی با x و y یکسان انتخاب شود، این نقاط در واقع به یک مکان یکسان روی سطح زمین اشاره نمی‌کنند. به‌وسیله مرجع قرار دادن این نقاط تصاویر برش داده می‌شود. در نهایت تصاویر با اختلافی در حدود چند ده متر از هم روی سطح زمین به‌دست می‌آیند. نگاره ۸ مربوط به موقعیت تصاویر روی سطح زمین قبل و بعد از هم‌موقعیت کردن است. تصویر (ب) پس از پیش‌پردازش با مقیاس ۵ متر و تصویر (الف) پیش از پیش‌پردازش و با مقیاس ۲۰ متر است. بدین ترتیب پس از هم‌موقعیت شدن تصاویر، یک

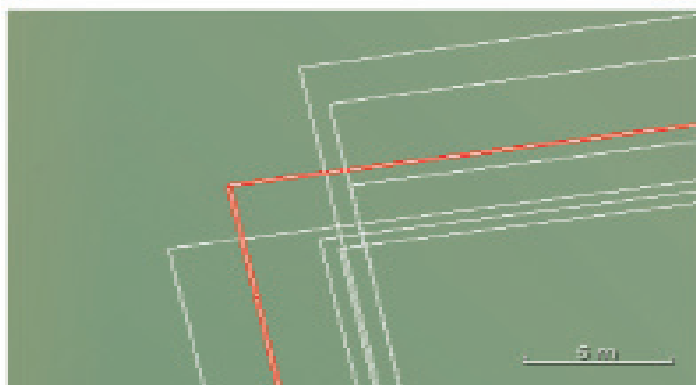
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
13518.653	5544.386	51.000000	35.500000		2809-1
15693.930	7395.759	51.200000	35.700000		2809-2

X	Y	Lon	Lat	Color	Label
13519.151	5546.332	51.000000	35.500000		1010-1
15694.455	7397.714	51.200000	35.700000		1010-2

نگاره ۷: اطلاعات نقاط مشخص شده در دو تصویر ۰۹/۲۸ و ۱۰/۱۰



الف



ب

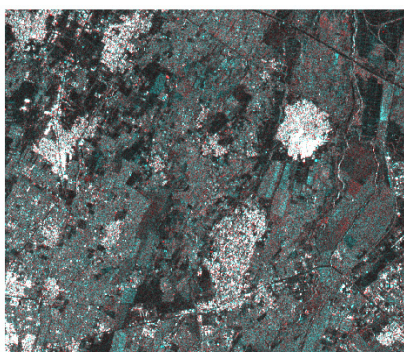
نگاره ۸: موقعیت ۷ تصویر روی سطح زمین
 الف) قبل از هم‌موقعیت کردن تصاویر سری زمانی
 با مقیاس ۲۰ متر و
 ب) بعد از هم‌موقعیت کردن تصاویر سری زمانی با
 مقیاس ۵ متر

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

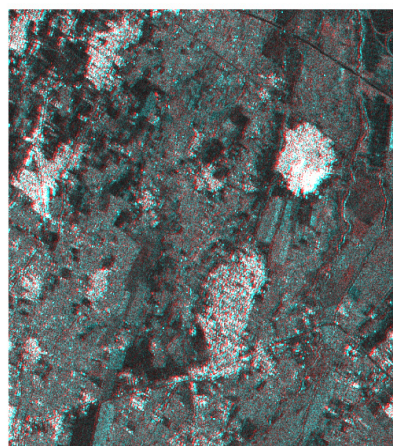
بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۵۱

X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.291	925.183	51.100000	35.600000		sub2809-1
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.811	925.120	51.100000	35.600000		sub1010-1
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.552	924.862	51.100000	35.600000		sub2210-1
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.208	924.551	51.100000	35.600000		sub0311-1
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.307	925.206	51.100000	35.600000		sub1511-1
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.205	924.960	51.100000	35.600000		sub2711
X	Y	Lon	Lat	Color	Label
1082.285	924.373	51.100000	35.600000		sub0912-1

نگاره ۹: اطلاعات یک پیکسل با طول و عرض جغرافیایی یکسان در ۷ تصویر



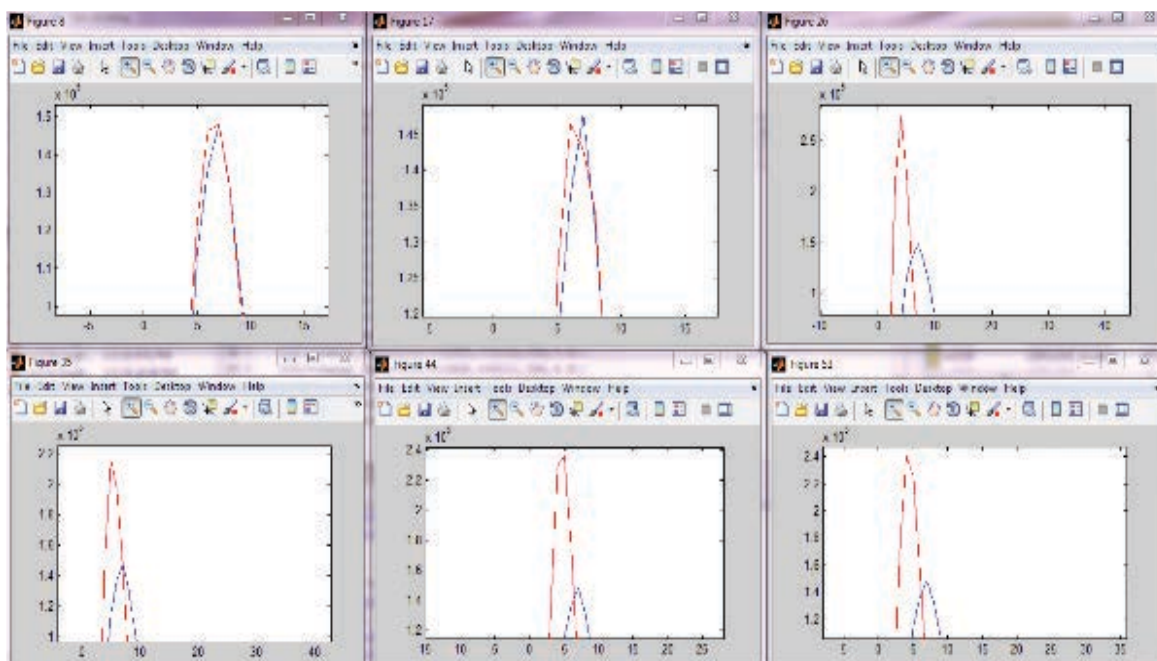
ب



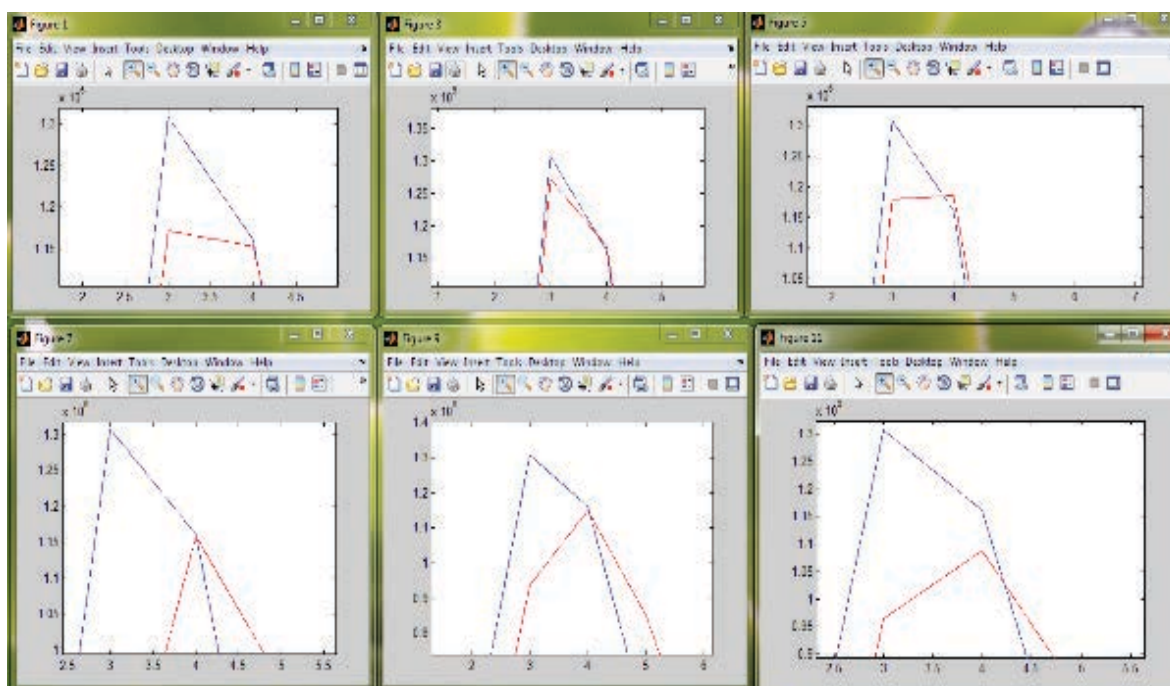
الف

نگاره ۱۰: تصویر RGB حاصل از روش CMV2 - الف) قبل و ب) بعد از هم‌موقعیت شدن

پیکسل در ۷ تصویر با طول و عرض جغرافیایی یکسان، x و y برابر نیز خواهد داشت. نگاره ۹ اطلاعات یک پیکسل با طول و عرض جغرافیایی یکسان را در ۷ تصویر نشان می‌دهد. نگاره ۱۰ تصویر RGB حاصل از اعمال روش CMV2 را قبل و بعد از هم‌موقعیت کردن نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان خطا قبل از اعمال پیش‌پردازش به صورت قابل توجهی نسبت به بعد از آن بیشتر است. همچنین هیستوگرام تصاویر که دو به دو با تصویر تاریخ ۲۸ سپتامبر مقایسه شده به



نگاره ۱۱: هیستوگرام تصاویر در مقیاس بزرگ قبل از اعمال پیش‌پردازش



نگاره ۱۲: هیستوگرام تصاویر در مقیاس بزرگ‌تر بعد از اعمال پیش‌پردازش

ترتیب از چپ به راست و از بالا به پایین، قبل و بعد از اعمال
 پیش‌پردازش در نگاره ۱۱ و نگاره ۱۲ ارائه شده است. نمودار
 آبی رنگ مربوط به تاریخ ۲۸ سپتامبر و نمودار قرمز رنگ
 مربوط به تاریخ‌های بعد از آن است. اعمال پیش‌پردازش
 باعث کاهش خطا شده و باعث شده موقعیت تصاویر روی
 سطح زمین برای هر ۷ تصویر یکسان شود.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۵۳

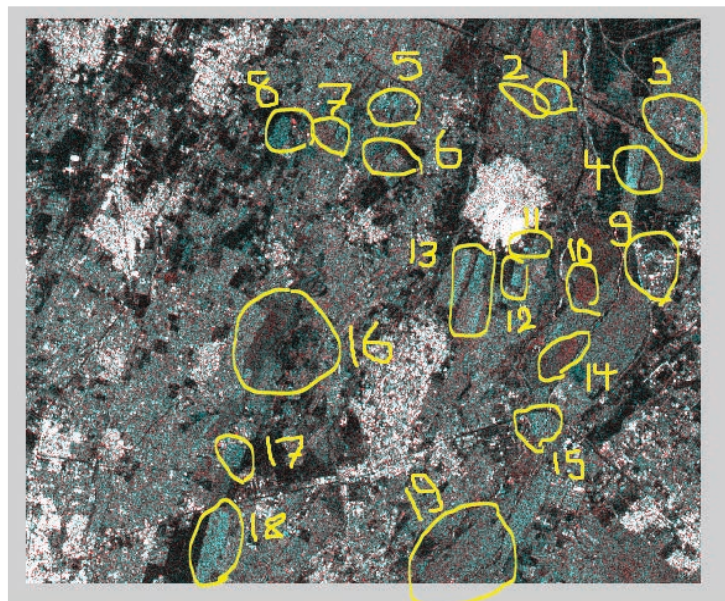
ناحیه ۱۰ مشخص شده در نگاره ۱۳، مربوط به تغییرات تصویر ۱۰ اکتبر نسبت به تصویر مرجع (۲۸ سپتامبر) می‌باشد و نحوه برش آن در نگاره ۱۴ ارائه شده است. تصویر سمت چپ مربوط به زمان ۲۸ سپتامبر و تصویر سمت راست مربوط به زمان ۱۰ اکتبر است. همچنین بخشی از اطلاعات استخراج شده از این ناحیه مربوط به تصویر ۱۰ اکتبر در جدول ۲ ارائه شده است.

به منظور مقایسه زاویه برخورد در نواحی تغییر کرده، بعد از برش ناحیه در دو تصویر و به دست آوردن اطلاعات آن (همان‌طور که در جدول ۳ آمده است)، از ستون مربوط به زاویه برخورد میانگین گرفته و مقادیر حاصل باهم مقایسه می‌شود. نتایج حاصل در جدول ۳ ارائه شده است.

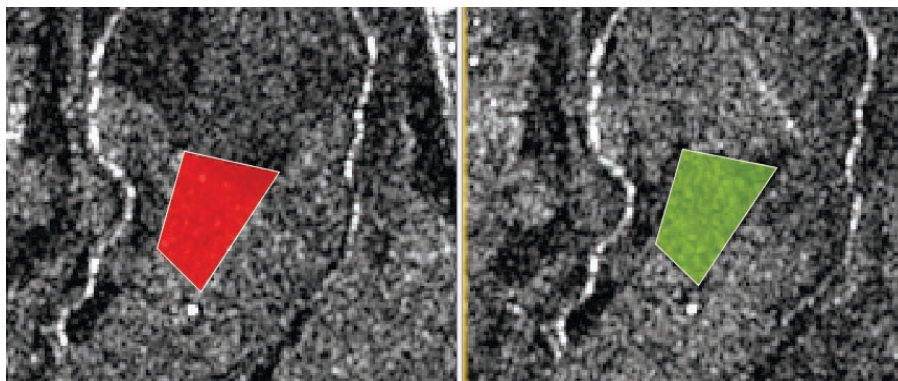
بررسی زاویه برخورد

پس از هم‌موقعیت کردن تصاویر و تولید تصویر RGB با خطای کمتر، تغییر زاویه برخورد در نواحی تغییر کرده بررسی می‌شود. بدین منظور ابتدا نواحی تغییر کرده مشخص می‌شود (نگاره ۱۳). انتخاب این نواحی با توجه به تغییر تصویر ۲۸ سپتامبر نسبت به تصاویر ۶ روز بعد انتخاب شده است.

با استفاده از نرم‌افزار SNAP هر یک از نواحی تغییر کرده روی تصویر ۲۸ سپتامبر و تصویر تغییر کرده دیگر برش داده شده و اطلاعات مربوط به آن ناحیه استخراج شده است. از بین ۱۹ ناحیه مشخص شده ۹ ناحیه مورد بررسی قرار گرفت.



نگاره ۱۳: نواحی تغییر کرده در تصاویر ۱۲ روزه نسبت به تصویر ۲۸ سپتامبر



نگاره ۱۴: برش ناحیه ۱۰ در نرم‌افزار SNAP

جدول ۲: نمونه اطلاعات استخراج شده از SNAP مربوط به نواحی تغییر کرده

موقعیت X	موقعیت Y	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دامنه در پلاریزه VV	زاویه برخورد (زاویه)	زاویه ارتفاع	زمان رفت و برگشت سیگنال ارسالی
۸۹۰/۵	۵۱۳/۵	۵۱/۱۸۱۶	۳۵/۶۲۸۸	۱۱۵	۴۰/۶۴۲۵۷	۳۵/۹۴۴۵	۵۹۳۲۰۲۹
۸۸۹/۵	۵۱۲/۵	۵۱/۱۸۱۵	۳۵/۶۲۸۷	۱۱۸	۴۰/۶۴۱۹۹	۳۵/۹۴۴۴	۵۹۳۱۹۸۶
۸۸۸/۵	۵۱۱/۵	۵۱/۱۸۱۴	۳۵/۶۲۸۶	۱۳۶	۴۰/۶۴۱۴۱	۳۵/۹۴۳۵۲	۵۹۳۱۹۴۳
۸۸۷/۵	۵۱۰/۵	۵۱/۱۸۱۳	۳۵/۶۲۸۵	۱۳۵	۴۰/۶۴۰۸۴	۳۵/۹۴۳۰۳	۵۹۳۱۹۰۰
۸۸۶/۵	۵۰۹/۵	۵۱/۱۸۱۳	۳۵/۶۲۸۴	۱۳۳	۴۰/۶۴۰۲۶	۳۵/۹۴۲۵۴	۵۹۳۱۸۵۶
۸۸۵/۵	۵۰۸/۵	۵۱/۱۸۱۲	۳۵/۶۲۸۳	۱۹۵	۴۰/۶۳۹۶۸	۳۵/۹۴۲۰۵	۵۹۳۱۸۱۳
۸۸۴/۵	۵۰۷/۵	۵۱/۱۸۱۱	۳۵/۶۲۸۲	۱۱۵	۴۰/۶۳۹۹۱	۳۵/۹۴۱۵۶	۵۹۳۱۷۷۰
۸۸۳/۵	۵۰۶/۵	۵۱/۱۸۱۰	۳۵/۶۲۸۱	۹۰	۴۰/۶۳۸۵۲	۳۵/۹۴۱۰۷	۵۹۳۱۷۲۷
۸۸۲/۵	۵۰۵/۵	۵۱/۱۸۰۹	۳۵/۶۲۸۰	۹۰	۴۰/۶۳۷۹۴	۳۵/۹۴۰۵۹	۵۹۳۱۶۸۴
۸۸۱/۵	۵۰۵/۵	۵۱/۱۸۰۸	۳۵/۶۲۸۰	۸۲	۴۰/۶۳۷۳۶	۳۵/۹۴۰۰۹	۵۹۳۱۶۴۱
۸۸۰/۵	۵۰۴/۵	۵۱/۱۸۰۷	۳۵/۶۲۷۹	۱۳۳	۴۰/۶۳۶۷۸	۳۵/۹۳۹۶۶	۵۹۳۱۵۹۷
۸۷۹/۵	۵۰۳/۵	۵۱/۱۸۰۶	۳۵/۶۲۷۸	۱۱۳	۴۰/۶۳۶۲۰	۳۵/۹۳۹۱۱	۵۹۳۱۵۵۴
۸۷۸/۵	۵۰۲/۵	۵۱/۱۸۰۵	۳۵/۶۲۷۷	۱۰۵	۴۰/۶۳۵۶۲	۳۵/۹۳۸۶۳	۵۹۳۱۵۱۱
۸۷۷/۵	۵۰۱/۵	۵۱/۱۸۰۴	۳۵/۶۲۷۶	۱۱۸	۴۰/۶۳۵۰۵	۳۵/۹۳۸۱۴	۵۹۳۱۴۶۸
۸۷۶/۵	۵۰۰/۵	۵۱/۱۸۰۳	۳۵/۶۲۷۴	۱۴۸	۴۰/۶۳۴۴۷	۳۵/۹۳۷۶۵	۵۹۳۱۴۲۵
۸۷۵/۵	۴۹۹/۵	۵۱/۱۸۰۳	۳۵/۶۲۷۳	۱۳۴	۴۰/۶۳۳۸۹	۳۵/۹۳۷۱۶	۵۹۳۱۳۸۲
۸۷۴/۵	۴۹۸/۵	۵۱/۱۸۰۲	۳۵/۶۲۷۲	۱۴۳	۴۰/۶۳۳۳۱	۳۵/۹۳۶۶۷	۵۹۳۱۳۳۹
۸۷۴/۵	۴۹۷/۵	۵۱/۱۸۰۲	۳۵/۶۲۷۱	۱۶۶	۴۰/۶۳۳۳۲	۳۵/۹۳۶۶۷	۵۹۳۱۳۳۹

جدول ۳: میانگین زاویه برخورد (برحسب درجه) در نواحی تغییر کرده

تصویر مرجع (۲۸ سپتامبر)	تصویر (۱۱ اکتبر)	تصویر (۱۲ اکتبر)	تصویر (۳ اوتامبر)	
۴۰/۵۹۸	-	-	۴۰/۵۹۳	ناحیه ۲
۴۰/۴۵۵	-	۴۰/۴۵۲	۴۰/۴۵۳	ناحیه ۶
۴۰/۶۴۸	۴۰/۶۴۵	-	-	ناحیه ۱۰
۴۰/۵۸۷	۴۰/۵۸۴	۴۰/۵۸۳	۴۰/۵۸۵	ناحیه ۱۱
۴۰/۵۳۱	-	-	۴۰/۵۲۶	ناحیه ۱۳
۴۰/۶۰۱	-	۴۰/۵۹۷	۴۰/۶۰۰	ناحیه ۱۵
۴۰/۳۲۱	۴۰/۳۱۹	-	-	ناحیه ۱۶
۴۰/۲۷۲	-	-	۴۰/۲۷۰	ناحیه ۱۸
۴۰/۴۹۲	-	۴۰/۴۸۹	-	ناحیه ۱۹

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۵۵

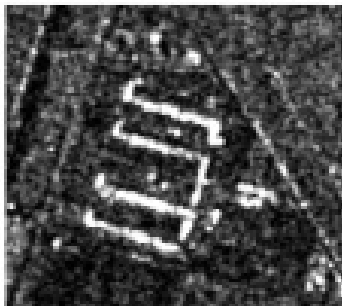
آشکار می‌شود. با مقایسه بصری بین دو تصویر، سه منطقه که سطح روشنایی متفاوتی در دو تصویر داشتند، یافت شده و در این مناطق، پارامتر زاویه برخورد مورد بررسی قرار گرفت. نگاره ۱۵ تصاویر راداری و اپتیکی این چهار منطقه را نشان می‌دهد. تصاویر به ترتیب از سمت راست مربوط به تصویر راداری ۴ اکتبر، تصویر اپتیکی و تصویر راداری ۲۸ سپتامبر هستند. در این مناطق زاویه برخورد هر منطقه با استفاده از نرم‌افزار SNAP استخراج شد. مقادیر حاصل در جدول ۴ ارائه شده است. تغییر زاویه برخورد در این مناطق در حدود ۴ درجه است. این مقدار

باتوجه به آنکه تغییرات زاویه برخورد در نواحی مشخص شده تغییرات ناچیزی داشته است، در نتیجه علت تغییرات در این نواحی ناشی از زاویه برخورد نبوده است.

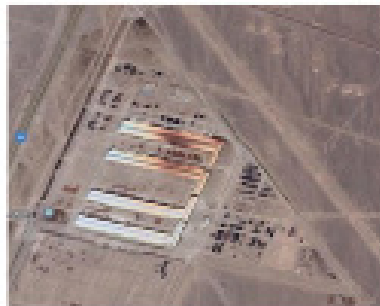
۳-۲- تصاویر تغییر جهت

پارامتر دیگری که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد، جهت تصویربرداری است. در همین ناحیه، دو تصویر با جهت تصویربرداری متفاوت را تحلیل و بررسی می‌کنیم. ابتدا ثابت می‌کنیم، تغییرات ناشی از زاویه برخورد نبوده است. سپس تغییرات ناشی از جهت تصویربرداری

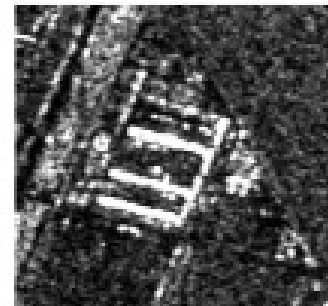
تصویر راداری ۲۸ سپتامبر



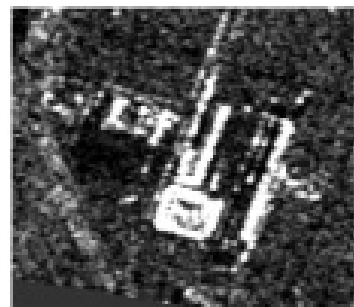
تصویر اپتیکی



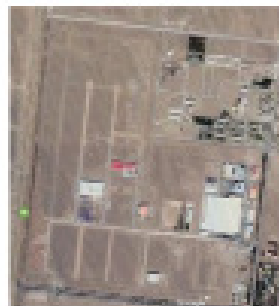
تصویر راداری ۴ اکتبر



(الف)



(ب)



(ج)

نگاره ۱۵: تصاویر مربوط به سه منطقه تغییر کرده

جدول ۴: میانگین زاویه برخورد در نواحی تغییر کرده و اطلاعات جهت تصویربرداری در دو تصویر

۲۰۱۸/۰۹/۲۸			۲۰۱۸/۱۰/۰۴			
ناحیه الف	ناحیه ب	ناحیه ج	ناحیه الف	ناحیه ب	ناحیه ج	
۳۶/۰۰۹۱۲	۳۵/۹۸۲۳۱	۳۵/۷۴۷۴۵	۳۱/۱۹۷۰۶	۳۱/۱۷۵۴۴	۳۱/۵۸۴۶۹	زاویه برخورد (درجه)
از جنوب به شمال (صعودی)			از شمال به جنوب (نزولی)			جهت حرکت

۵- منابع و مأخذ

- بهباد فلاح پور، م.، دهقانی، ح.، جبار رشیدی، ع.، شیخی، ع.، ۱۳۹۵. شبیه سازی و تحلیل اثر زاویه فرود و شکل اهداف در تصاویر SAR. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۵(۹۸): ۱۲۹-۱۴۰.
- Arief, R., Dyatmika, H. S., & Ali, S. (2020). A fusion of digital elevation model based on interferometry SAR technique from ascending and descending path in urban area. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 500, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
- Awasthi, S., Jain, K., Mishra, V., & Kumar, A. (2020). An approach for multi-dimensional land subsidence velocity estimation using time-series Sentinel-1 SAR datasets by applying persistent scatterer interferometry technique. Geocarto International, 1-32.
- Che, M., & Gamba, P. (2020). Urban Change Pattern Exploration Using Fine-resolution SAR of Ascending and Descending Orbits. In 2020 IEEE Radar Conference (RadarConf20) (pp. 1-4). IEEE.
- Del Soldato, M., Solari, L., Raspini, F., Bianchini, S., Ciampalini, A., Montalti, R., ... & Casagli, N. (2019). Monitoring Ground Instabilities Using SAR Satellite Data: A Practical Approach. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(7), 307.
- DeLancey, E. R., Brisco, B., Canisius, F., Murnaghan, K., Beaudette, L., & Kariyeva, J. (2019). The Synergistic Use of RADARSAT-2 Ascending and Descending Images to Improve Surface Water Detection Accuracy in Alberta, Canada. Canadian Journal of Remote Sensing, 45(6), 759-769.
- Dumitru, C. O., & Datcu, M. (2013). Information content of very high resolution SAR images: Study of feature extraction and imaging parameters. IEEE

تغییر نمی تواند دلیل تغییر میزان شدت در این نواحی باشد. بدین منظور دیگر پارامترهای تغییر کرده در بین این دو تصویر مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از اطلاعات موجود در متادیتای تصاویر پارامتر جهت تصویربرداری نیز در این تصاویر مقایسه شده و نتایج نشان داد این دو تصویر در این پارامتر بایکدیگر متفاوتند. جهت مربوط به هر دو تصویر در جدول ۴ ارائه شده است.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله بررسی پارامتر هندسه دید در تصاویر راداری SAR و اعمال پیش پردازش های لازم بر تصاویر به منظور آشکار شدن تغییرات ناشی از این پارامتر انجام شد. با توجه به تغییرات ناچیز ۴ درجه تغییرات حاصل نمی تواند ناشی از تغییر زاویه برخورد باشد. همچنین فاصله زمانی این دو تصویر ۵ روز بوده است و پارامتر زمان نیز نمی تواند در آن مؤثر باشد. در نهایت با توجه به بررسی های صورت گرفته تغییرات آشکار شده در ناحیه مسکونی ناشی از تغییر جهت تصویربرداری بوده است. تغییر این پارامتر می تواند سبب دیده شدن و یا دیده نشدن یک هدف بشود و بررسی میزان تأثیر این پارامتر و تصحیح آن بسیار حائز اهمیت است.

این تحقیق با توجه به مشخصات ماهواره سنتینل ۱ انجام گرفته است و برای کسب نتیجه نهایی نیاز به بررسی بانکی از تصاویر ماهواره های مختلف دارد. دسترسی به این بانک امکان پذیر نیست و تنها ماهواره سنتینل این امکان را در اختیار کاربران قرار می دهد. در کارهای آتی می توان به تأثیر هر دو پارامتر هندسه دید و پلاریزاسیون در جهت گیری های مختلف اشیای زمینی پرداخته شود.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

بررسی اثر هندسه دید در تصاویر صعودی و نزولی و ... / ۵۷

- data: The case of the 2015 heavy rainfall in Japan. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 12(7), 2288-2298.
- 18- Samsonov, S., & Baryakh, A. (2020). Estimation of Deformation Intensity above a Flooded Potash Mine Near Berezniki (Perm Krai, Russia) with SAR Interferometry. Remote Sensing, 12(19), 3215.
- 19- Sarychikhina, O., Palacios, D. G., Argote, L. A. D., & Ortega, A. G. (2020). Application of satellite SAR interferometry for the detection and monitoring of landslides along the Tijuana-Ensenada Scenic Highway, Baja California, Mexico. Journal of South American Earth Sciences, 103030.
- 20- Sentinel Online, overview of missions, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview>, Last modified: 2020.
- 21- Susaki, J., Kusakabe, T., & Anahara, T. (2020). Estimating 3d Land Subsidence from Multi-Temporal SAR Images and Gns Data Using Weighted Least Squares. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 3, 165-172.
- 22- Takada, Y., & Motono, G. (2020). Spatiotemporal behavior of a large-scale landslide at Mt. Onnebetsu-dake, Japan, detected by three L-band SAR satellites. Earth, Planets and Space, 72(1), 1-18.
- 23- Tripathi, G., Pandey, A. C., Parida, B. R., & Kumar, A. (2020). Flood Inundation Mapping and Impact Assessment Using Multi-Temporal Optical and SAR Satellite Data: a Case Study of 2017 Flood in Darbhanga District, Bihar, India. Water Resources Management, 1-22.
- 24- Wang, Z., Liu, J., Wang, J., Wang, L., Luo, M., Wang, Z., ... & Li, H. (2020). Resolving and Analyzing Landfast Ice Deformation by InSAR Technology Combined with Sentinel-1A Ascending and Descending Orbits Data. Sensors, 20(22), 6561.
- Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51(8), 4591-4610.
- 8- El Kamali, M., Abuelgasim, A., Papoutsis, I., Loupasakis, C., & Kontoes, C. (2020). A reasoned bibliography on SAR interferometry applications and outlook on big interferometric data processing. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 100358.
- 9- Ferretti, A. (2014). Satellite InSAR data: reservoir monitoring from space. EAGE publications.
- 10- Fielding, E. J., Liu, Z., Stephenson, O. L., Zhong, M., Liang, C., Moore, A., ... & Simons, M. (2020). Surface Deformation Related to the 2019 M w 7.1 and 6.4 Ridgecrest Earthquakes in California from GPS, SAR Interferometry, and SAR Pixel Offsets. Seismological Research Letters.
- 11- Fomelis, M. (2018). Vector-based approach for combining ascending and descending persistent scatterers interferometric point measurements. Geocarto International, 33(1), 38-52.
- 12- Fujiyama, K., & Shimada, M. (2019). Monitoring MT. Shinmoe's Crater Activity Using the Timeseries Palsar-2 Interferometry. In IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 1729-1732). IEEE.
- 13- Garioud, A., Valero, S., Giordano, S., & Mallet, C. (2020, June). On the joint exploitation of optical and SAR imagery for grassland monitoring. In The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIII-B3-2020.
- 14- Lauknes, T. R. (2011). Rockslide mapping in Norway by means of interferometric SAR time series analysis.
- 15- Liu, X., Zhao, C., Zhang, Q., Yang, C., & Zhu, W. (2020). Heifangtai loess landslide type and failure mode analysis with ascending and descending Spot-mode TerraSAR-X datasets. Landslides, 17(1), 205-215.
- 16- Mora, O., Ordoqui, P., Iglesias, R., & Blanco, P. (2016). Earthquake rapid mapping using ascending and descending Sentinel-1 TOPSAR interferograms. Procedia Computer Science, 100, 1135-1140.
- 17- Ohki, M., Tadono, T., Itoh, T., Ishii, K., Yamanokuchi, T., Watanabe, M., & Shimada, M. (2019). Flood area detection using PALSAR-2 amplitude and coherence

