

## تأثیر جهت گیری ساختمان و هندسه دید در تصاویر SAR

فاطمه امجدی پور<sup>۱</sup>، مجتبی بهزاد فلاح پور<sup>۲\*</sup>، حمید دهقانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی مالک اشتر ۲ و ۳- دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۲، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹)

### چکیده

تشخیص ساختمان با استفاده از تصاویر راداری SAR با توجه به کاربرد گسترده آن بسیار مورد توجه است. اما پیچیدگی تصاویر SAR تشخیص اشیا را با چالش‌های زیادی مواجه کرده است. یکی از عوامل تأثیرگذار بر شدت روشنایی تصاویر SAR هندسه دید است که باعث تغییر شکل ساختمان و حتی در برخی از موارد دیده نشدن ساختمان در تصاویر راداری می‌شود. هندسه دید شامل زاویه برخورد، زاویه دید، زاویه کجی و جهت تصویربرداری است که در منابع تحقیقاتی کمتر به آن پرداخته شده است. در این مقاله قصد داریم ساختمان‌هایی که متأثر از تغییر پارامتر هندسه دید هستند را استخراج کرده و علت تغییر آن را تحلیل و اثبات کنیم. به عبارت دیگر، با استفاده از آشکارسازی تصاویر با زاویه برخورد مختلف، جهت گیری ساختمان‌هایی که متأثر از این تغییر است، شناسایی می‌شوند. بدین منظور از تصاویر سری زمانی ماهواره سنتینل ۱ مربوط به منطقه باغستان تهران استفاده شده است. با استفاده از روش آشکارسازی تغییرات CMV2 نتایج نشان داده است که با تغییر  $10^\circ$  زاویه برخورد، سوله‌های کارگاهی یا کارخانه‌ای در جهت  $20^\circ$  نسبت به افق از تصویر راداری حذف خواهند شد.

**کلیدواژه‌ها:** SAR، سنتینل ۱، هندسه دید، زاویه برخورد، آشکارسازی تغییرات

## The Impact of Building Orientation and Visibility Geometry in SAR Images

F. Amjadipour<sup>1</sup>, M. Behzad Fallahpour<sup>2\*</sup>, H. Dehghani<sup>3</sup>

Malek Ashtar University of Technology

(Received: 01/04/2021; Accepted: 20/09/2021)

### Abstract

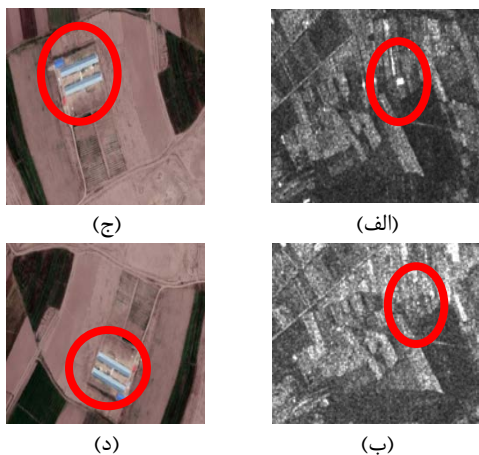
The detection of buildings using SAR radar images is of great interest due to its widespread use. But the complexity of SAR images poses many challenges to object recognition. One of the factors affecting the brightness of SAR images is the geometry of the vision, which causes the deformation of the building and in some cases even the omission of the buildings in radar images. The geometry of view includes incident angle, look angle, squint angle and direction of imaging, which is less discussed in research sources. In this paper, we intend to extract the buildings that are affected by changing the geometric parameter and analyze and prove the reason for its change. In other words, by detecting images with different incident angles, the orientation of the buildings affected by this change is identified. For this purpose, the time series images of Sentinel 1 satellite related to Baghistan region of Tehran are used. Using the CMV2 change detection method, the results show that changing the angle of impact by 10 degrees, leads to the removal of the workshop or factory sheds lying in the direction of 20 degrees to the horizon from the radar image.

**Keywords:** SAR, Sentinel-1, Visibility Geometry, Incidence Angle, Change Detection

## ۱- مقدمه

می‌دهند، استفاده می‌کنند. این تصاویر ممکن است با یک سامانه تصویربرداری SAR در زمان‌های مختلف از یک منظره تصویربرداری شده باشند و یا توسط سامانه‌های تصویربرداری SAR مختلف در زمان‌های متفاوت از یک منظره تهیه شده باشند.

در این مقاله تلاش شد تا تاثیر تغییر پارامتر کمتر در نظر گرفته شده هندسه‌دید در تصاویر سری زمانی با استفاده از روش آشکارسازی تغییرات CMV2<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار گیرد. بدین ترتیب پس از اعمال پیش پردازش‌های لازم از جمله حذف نویز و تصحیح هندسی، روش‌های آشکارسازی تغییرات در تصاویر SAR را مورد بررسی قرار داده و روش با عملکرد بهتر روی تصاویر SAR پیاده‌سازی شد. در مرحله بعد رابطه تغییرات استخراج شده با تغییر هندسه دید که شامل پارامترهای مختلفی از جمله زاویه دید، زاویه برخورد و جهت تصویربرداری می‌شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت با تحلیل آماری و بررسی تصاویر چند روز بعد نتایج اثبات می‌گردد.



شکل ۱. تصویر اپتیکی (Google Eart) و راداری ماهواره سنتینل ۱ در منطقه باغستان تهران با دو هندسه‌دید متفاوت. (الف) و (ب) تصویر راداری یک منطقه با زاویه برخورد متفاوت  $10^\circ$ . (ج) و (د) تصویر اپتیکی همان منطقه با دو زاویه دید متفاوت [۳].

در این راستا مقاله حاضر مطالب زیر را در ۶ بخش ارائه داده است که به توضیح مختصری از آن‌ها پرداخته می‌شود. بخش دوم پیشینه تحقیق و کارهای انجام شده در این حوزه بررسی می‌گردد. بخش سوم روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات و کارهای انجام شده در این حوزه را بیان می‌کند و هندسه‌دید و پارامترهای تشکیل دهنده آن تشریح شده و به روش‌های استفاده شده برای آشکارسازی تغییرات و اعمال این روش در تصاویر با هندسه دید مختلف، پرداخته شده است. بخش چهارم نتایج حاصل از تصاویر راداری را در تصاویر اپتیکی مورد بررسی قرار می‌دهد. به‌منظور اثبات نتایج به‌دست آمده همین پردازش روی تصاویر چند روز بعد نیز انجام می‌شود. در نهایت در بخش پنجم نتایج به‌دست آمده بیان می‌شود.

امروزه استفاده از رادارهای SAR<sup>۱</sup> با توجه به پیشرفت‌های روز افزون آن، افزایش یافته است. رادارهای SAR در بسیاری از موارد به عنوان مکملی برای سامانه‌های تصویربرداری اپتیکی محسوب می‌شوند و حتی در برخی موارد، جایگزین سامانه‌های اپتیکی شده اند. با توجه به محدوده طیفی که امواج راداری در آن قرار دارند تصاویر حاصل از سنجنده‌های راداری کمتر تحت تأثیر اثرات اتمسفری و شرایط جوی و شب و روز هستند، بنابراین تصاویر SAR برای نظارت بر مناطقی که از نظر آب و هوایی، بارانی و ابری هستند، دارای قابلیت و کارایی بالایی می‌باشند [۱].

با این حال، پیچیدگی تفسیر تصاویر رادارهای SAR باعث می‌شود تا علی‌رغم مطالعات و کارهای زیادی که انجام گرفته است، درک درستی از هدف وجود نداشته باشد. عوامل مختلفی بر پاسخ دریافتی از رادار SAR اثرگذار هستند که عبارتند از جنس هدف، ابعاد هدف، فرکانس رادار، پلاریزاسیون، شکل هدف و هندسه دید. برای درک بهتری از هدف، بررسی این ویژگی‌ها اهمیت دارد. در این میان هندسه‌دید پارامتر کمتر در نظر گرفته شده در تحقیقات مربوط به تصاویر SAR می‌باشد. هندسه‌دید شامل زاویه‌دید<sup>۲</sup>، زاویه برخورد<sup>۳</sup>، زاویه کجی<sup>۴</sup> و جهت تصویربرداری می‌باشد [۲].

در شکل (۱- الف و ب) تصویر راداری یک منطقه مشخص با دو هندسه‌دید متفاوت نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید، تغییر هندسه‌دید در تصاویر SAR باعث دیده نشدن برخی اهداف می‌گردد و این موضوع نشان دهنده اهمیت تغییر این پارامتر است. در عوض در شکل (۱- ج و د) تصویر اپتیکی همان منطقه آمده است. همان‌طور که مشخص است، تغییر هندسه‌دید تأثیری بر سطوح روشنایی تصویر اپتیکی نداشته است [۳].

از طرفی عمده پردازش‌هایی که روی تصاویر راداری SAR انجام می‌شود، مشابه پردازش‌های انجام شده روی تصاویر اپتیکی است. اما از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه SAR نسبت به تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی، کمتر در زمینه آشکارسازی تغییرات<sup>۵</sup> استفاده شده است. از جمله این پردازش‌ها آشکارسازی تغییرات است. آشکارسازی تغییرات کاربردهای بسیاری در زمینه‌های مختلف از جمله شهرسازی، توسعه کشاورزی، مدیریت جنگل‌ها و مشاهده وضعیت کوه‌های یخی دارد. به صورت کلی روش‌های آشکارسازی تغییرات از دو یا چند تصویر که یک ناحیه جغرافیایی را پوشش

<sup>۱</sup> Synthetic Aperture Radar

<sup>۲</sup> Look Angle

<sup>۳</sup> Incidence Angle

<sup>۴</sup> Squint Angle

<sup>۵</sup> Change Detection

## ۲- پیشینه تحقیق

آشکارسازی تغییرات یکی از کاربردهای مهم سنسجش از دور محسوب می‌شود، که در آن به پردازش و معرفی اختلاف بین مناطق مختلف در تصاویر هوایی و ماهواره‌ای چندزمانه می‌پردازند [۱]. آشکارسازی تغییرات در سنسجش از دور به دو روش نظارت شده و نظارت نشده صورت می‌گیرد [۲ و ۳]. روش‌های نظارت نشده، برخلاف روش‌های نظارت شده، جهت یادگیری کلاس‌ها نیاز به نمونه‌های آموزشی<sup>۱</sup> ندارند [۴]. استفاده از آشکارسازی نظارت نشده تغییرات، مربوط به زمانی است که حصول نقشه دودویی تغییرات که تنها محل تغییرات را نشان می‌دهد کافی بوده و نیازی به استخراج نقشه ماهیت تغییرات<sup>۲</sup> نیست. آشکارسازی نظارت نشده تغییرات، حساسیت بالایی به شرایط حاکم بر تصویربرداری دارند و نرمالیزاسیون رادیومتریکی<sup>۳</sup> از مراحل اجتناب‌ناپذیر در آن‌ها می‌باشد. سرعت بالا و هزینه محاسباتی کم از جمله خصوصیات این روش‌ها است.

آشکارسازی نظارت نشده تغییرات از سه مرحله اصلی تشکیل شده است. مرحله اول پیش‌پردازش، مرحله دوم تولید تصویر اختلاف<sup>۴</sup> و مرحله سوم شامل تولید نقشه دودویی<sup>۵</sup> تغییرات با استفاده از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری است [۵]. اکثر روش‌های آشکارسازی نظارت نشده تغییرات براساس بهبود روش‌های تولید تصویر اختلاف و الگوریتم‌های تصمیم‌گیری است [۲]. کلیک [۵]، جهت آشکارسازی تغییرات نظارت نشده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از روشی مبتنی بر تبدیل آنالیز مؤلفه اصلی (PCA)<sup>۶</sup> و روش خوشه بندی K-Means با  $k=2$  استفاده نمود. استفاده از تبدیل PCA موجب کاهش نویز تصویر اختلاف می‌شود و در نهایت نقشه دودویی تغییرات با کیفیت بالاتری تعیین می‌شود. این تبدیل زمانی می‌تواند نتایج خوبی را در برداشته باشد که بین ویژگی‌های تصویر وابستگی خطی وجود داشته باشد.

ولپی و همکارانش [۶] جهت آشکارسازی نظارت نشده تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از روشی مبتنی بر آنالیز بردار تغییرات و روش خوشه‌بندی کرنلی استفاده نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از تبدیل خوشه‌بندی کرنلی نسبت به استفاده از خوشه بندی ساده و روش‌های مبتنی بر حد آستانه گذاری موجب کاهش نویز در تولید نقشه تغییرات می‌شود.

تعیین نوع کرنل، خود وابسته به داده‌های ورودی جهت آشکارسازی تغییرات است و ممکن است با تغییر داده‌ها نوع کرنل نیز تغییر کند. همچنین تعیین پارامترهای مناسب کرنل برای این روش‌ها خود از جمله چالش‌های مهم این روش‌ها است. مقیمی و

همکارانش [۷]، جهت آشکارسازی نظارت نشده تغییرات تصاویر راداری، از روشی مبتنی بر خوشه‌بندی فازی<sup>۷</sup> (FCM) و زنجیره مخفی تصادفی مارکوف به کمک الگوریتم ژنتیک<sup>۸</sup> استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از الگوریتم ژنتیک، موجب انتخاب بهینه پارامتر فازی‌ساز در خوشه‌بندی FCM می‌شود و استفاده از زنجیره مخفی تصادفی مارکوف موجب بهبود نتایج کلی آشکارسازی نظارت نشده تغییرات با در نظر گرفتن اطلاعات مکانی می‌شود. وابستگی این روش به پارامتر اثر همسایگی و نیاز به دانش اولیه از توزیع داده‌ها در تصویر اختلاف از جمله محدودیت‌های این روش می‌باشد.

قنبری و همکارانش [۸]، یک روش نظارت نشده جهت آشکارسازی تغییرات با استفاده از تصاویر قطبش‌سنجی SAR مبتنی بر الگوریتم حدآستانه‌گذاری کمینه خطا ارائه کردند. نیاز به تابع توزیع مناسب و همپوشانی بین مناطق تغییر یافته و تغییر نیافته از جمله مواردی است که باید در آشکارسازی تغییرات با استفاده از الگوریتم حدآستانه‌گذاری کمینه خطا در نظر گرفته شوند.

روش‌های مؤثری در زمینه آشکارسازی نظارت نشده تغییرات بر مبنای بخش‌بندی<sup>۹</sup> تصویر اختلاف با استفاده از مدل منحنی فعال ارائه شده است که نسبت به سایر روش‌ها دارای عملکرد بهتری است [۹ و ۱۰]. بازی و همکارانش [۹] از بخش‌بندی چند مقیاسه<sup>۱۰</sup> در جهت آشکارسازی نظارت نشده تغییرات از داده‌های سنسجش از دوری استفاده نمود.

در فرآیند بخش‌بندی چند مقیاسه، تصویر اختلاف با استفاده از فرآیندی تکراری در دو مقیاس و دو جهت کاهش نرخ نمونه‌برداری<sup>۱۱</sup> می‌شود؛ بنابراین در مرحله اول نقشه دودویی تغییرات به وسیله بخش‌بندی چند مقیاسه تولید می‌شود و در مرحله دوم نتایج بخش‌بندی با دو اندازه و در دو جهت تغییر مقیاس داده و به عنوان بخش‌بندی اولیه جهت برآوردی از آشکارسازی نظارت نشده تغییرات برای قدرت تفکیک مکانی بهتر بکار می‌رود. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که بخش‌بندی نهایی از نظر حد تفکیک مکانی با حد تفکیک مکانی تصویر اختلاف یکسان گردد. عدم آشکارسازی تغییراتی که پشتیبانی مکانی خود را از دست داده‌اند به دلیل فرآیند پایین نمونه‌برداری از جمله مشکلات این روش است.

سلیک [۱۰] روشی نوین در جهت آشکارسازی نظارت نشده تغییرات بر مبنای تبدیل موجک گسسته بدون کاهش اطلاعات<sup>۱۲</sup> و مدل منحنی فعال را ارائه کرد. در این روش، در مرحله اول

<sup>7</sup> Fuzzy C-Means

<sup>8</sup> Genetic Algorithm

<sup>9</sup> Segmentation

<sup>10</sup> Multiresolution Segmentation

<sup>11</sup> Down Sampling

<sup>12</sup> Undecimated Discrete Wavelet Transformation

<sup>1</sup> Training Samples

<sup>2</sup> "From to" Change Map

<sup>3</sup> Radiometric Normalization

<sup>4</sup> Difference Image

<sup>5</sup> Binary

<sup>6</sup> Principal Component Analysis (PCA)

## ۳-۱- هندسه دید

یکی از پارامترهای تأثیرگذار در ایجاد خطای اندازه‌گیری سیگنال بازگشتی از سطوح زمین، هندسه دید می‌باشد. همان‌طور که قبل‌تر نیز اشاره شد، هندسه دید از پارامترهای مختلفی تشکیل شده که از جمله آن می‌توان به زاویه دید، زاویه برخورد و جهت تصویربرداری اشاره کرد. شکل (۳) شمایی از هندسه SAR را نشان می‌دهد. در این شکل مسیر حرکت سکو یا رادار مشخص شده است. RO کوتاه‌ترین فاصله‌ای است که رادار در مسیر حرکت خود با هدف مشخص شده خواهد داشت. همچنین فاصله لحظه‌ای رادار با هدف با R نمایش داده شده است. در هر لحظه تصویر رادار (سکو) بر روی سطح زمین یک نقطه است که نادیر نام گرفته است. این نقطه در واقع نزدیکترین نقطه زمین به رادار در هر لحظه است. صفحه‌ای که شامل رادار باشد و بر مسیر حرکت رادار عمود باشد صفحه داپلر صفر نام دارد. سیگنال بازگشتی از اهداف واقع در این صفحه دارای داپلر صفر هستند.

یکی از پارامترهای هندسه دید، زاویه کجی است که انحراف آنتن از خط عمود بر مسیر حرکت آن را نشان می‌دهد. این زاویه به دلیل ایجاد شیفت فرکانس داپلر در سیگنال دریافتی اهمیت دارد و اگر مقدار این زاویه بیش از حدود  $4^\circ$  باشد باعث پیچیدگی پردازش‌های SAR خواهد شد.

شکل (۴) زاویه برخورد، زاویه دید و پارامترهای دیگر هندسه دید را نشان می‌دهد. زاویه برخورد زاویه بین خط عمود بر سطح زمین و سیگنال ارسالی است. اگر سطح صاف باشد، زاویه برخورد و زاویه دید برابر می‌شود. همچنین زاویه برخورد در دقت سنجش فاصله زمینی نیز مؤثر است. رابطه ارتباط بین فاصله مستقیم، فاصله زمینی و زاویه برخورد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود به دلیل متغیر بودن این زاویه در فواصل مختلف، ارتباط دقت سنجش فاصله زمینی ( $\Delta G$ ) با دقت فاصله سنجی مستقیم ( $\Delta R$ ) نیز در فواصل مختلف متفاوت است [۱۴].

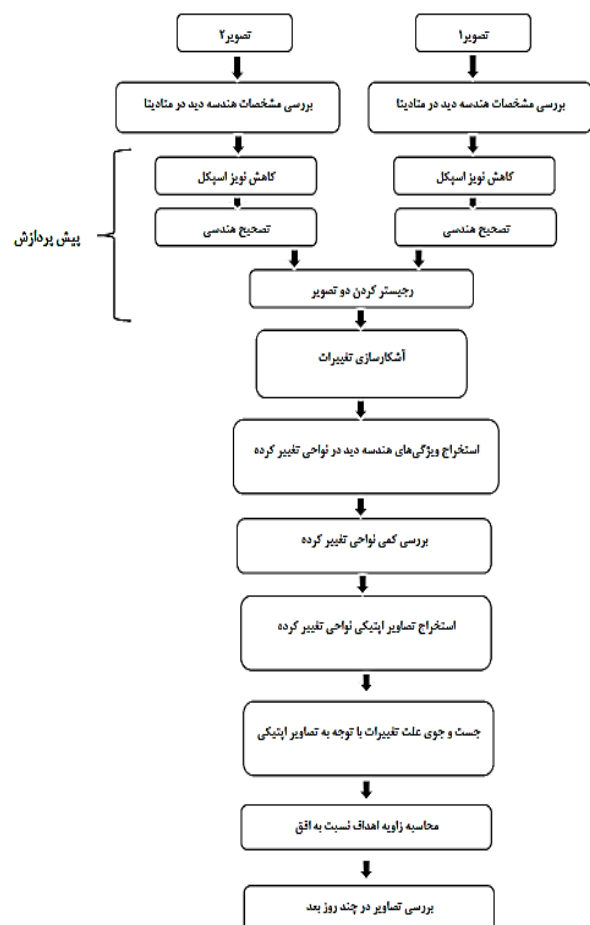
$$\Delta G = \frac{\Delta R}{\sin \theta_I} \quad (1)$$

یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار هندسه دید، جهت تصویربرداری است. سامانه‌های راداری فضاپایه مستقر در مدار لئو<sup>۲</sup> دارای دو جهت تصویربرداری صعودی<sup>۳</sup> و نزولی<sup>۴</sup> 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 (شکل ۵).

جهت تولید تصویر اختلاف مقاوم در برابر نویز از تبدیل موجک گسسته بدون کاهش اطلاعات استفاده شده است. در مرحله دوم نقشه دودویی تغییرات که معرف مناطق تغییر یافته و تغییر نیافته است از بخش‌بندی چند مقیاسه تصویر اختلاف<sup>۱</sup> با استفاده از مدل منحنی فعال ناحیه مبنا غیر پارامتریک به دست می‌آید. نتایج حاصل از این روش در برابر سایر روش‌ها دارای برتری می‌باشد. وابستگی مدل منحنی فعال به منحنی اولیه و وابستگی این مدل‌ها به پارامترهای ورودی از جمله محدودیت‌های این روش می‌باشد. در ادامه به روش استفاده شده در این مقاله پرداخته می‌شود.

## ۳- روش تحقیق

روش استفاده شده در این مقاله به دلیل نیاز به دقت بالا در تشخیص مناطق تغییر کرده، روش CMV2 است. در روش CMV2 تصاویر مربوط به زمان‌های مختلف به صورت لایه‌های مختلف تصویر RGB نمایش داده می‌شود. برای این منظور یک باند تصویر مربوط به زمان اول به عنوان لایه رنگ قرمز و باند متناظر آن برای تصویر زمانی دوم به عنوان لایه‌های رنگی سبز و آبی در نظر گرفته می‌شوند. شکل (۲) شمای کلی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



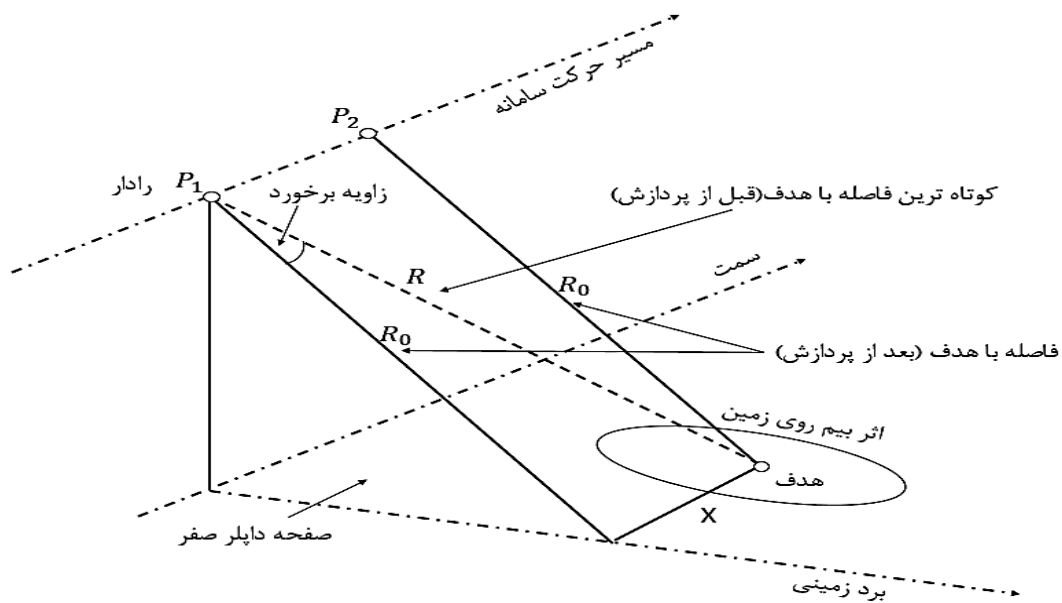
شکل ۲. شمای کلی روش پیشنهادی، تصویر ۱ و تصویر ۲ تصاویر راداری در دو زمان مختلف است.

<sup>۲</sup> LEO

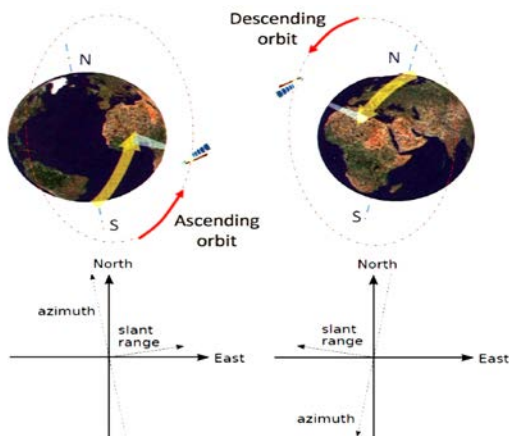
<sup>۳</sup> Ascending

<sup>۴</sup> Descending

<sup>۱</sup> Difference image



شکل ۳. تشریح هندسه SAR [۱۱]

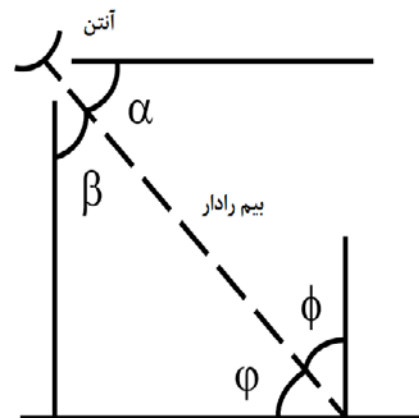


شکل ۵. دو حالت مختلف تصویربرداری سامانه‌های فضاپایه SAR [۱۳]

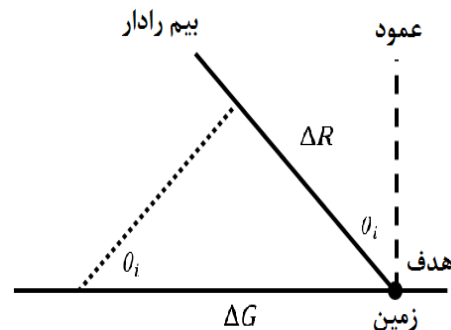
باتوجه به اهمیت هندسه دید در تشکیل تصاویر SAR، لازم است تأثیر ناشی از تغییرات این پارامتر در تصاویر سری‌زمانی بررسی شود. در تصاویر بازنگری مجدد که از تصاویر سری‌زمانی هستند، جهت تصویربرداری تغییر نمی‌کند در نتیجه زاویه برخورد و زاویه کجی را در آن‌ها می‌توان بررسی کرد.

### ۳-۲- روش استفاده شده برای آشکارسازی تغییرات و ویژگی‌های آن

در بین روش‌های متداول برای آشکارسازی تغییرات، روش CMV2 با ضریب خطای کمتر و نمایش قابل درک برای انسان، روش استفاده شده در این تحقیق بوده است. در این روش پس از رجیستر کردن تصاویر و حصول تصویر RGB، مناطقی را که هر یک از رنگ‌های قرمز، سبز یا آبی در آن‌ها بیشتر باشد، مورد شناسایی قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در شکل (۶) ناحیه



الف



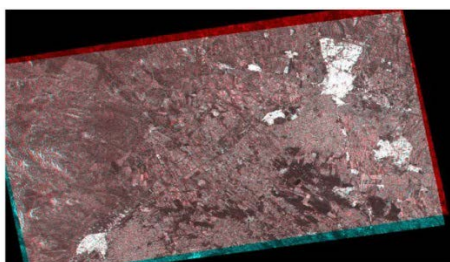
ب

شکل ۴. نمایش زاویه برخورد - الف) زاویه دید،  $\alpha$  زاویه گسترش،  $\phi$  و  $\phi$  زاویه برخورد ب)  $\Delta G$  فاصله زمینی،  $\Delta R$  فاصله مستقیم و  $\theta_i$  زاویه برخورد [۱۲].

جدول ۱. مشخصات ماهواره سنتینل ۱ [۳]

Frequency/wavelength	C-band (5.4 GHz)
Orbit	693 km (Sun-synchronous)
Acquisition dates	2018.09.28 2018.10.03 2018.10.04 2019.07.19 2019.07.25 2019.07.30
Mode	Interferometric wide swath
swath width	250 km
Product	Level-1 ground range detection
Spatial resolution	10 m
Polarisation	VV

تصاویر ۵ روزه را با روش توضیح داده شده، هم‌موقعیت کرده و در نتیجه نواحی تغییر کرده یافت می‌شود. تصویر RGB حاصل از هم‌موقعیت کردن دو تصویر در شکل (۷) آمده است. شکل (۸) چهار ناحیه تغییر کرده را که با استفاده از روش CMV2 در تصویر مشخص شده‌اند، نشان می‌دهد و در جدول (۲) مقادیر میانگین، واریانس، بیشینه و کمینه مربوط به این نواحی آمده است.



شکل ۷. تصویر RGB هم‌موقعیت شده مربوط به دو تصویر ۵ روزه ۲۰۱۸/۰۹/۲۸ و ۲۰۱۸/۱۰/۰۳

جدول ۲. مقدار میانگین و واریانس برای هر ناحیه در دو تصویر

	میانگین		واریانس		
	۰۹/۲۸	۱۰/۰۳	اختلاف	۰۹/۲۸	۱۰/۰۳
ناحیه الف	۱۶۵/۳	۳۰۸/۴	۱۴۳/۱	۵۸/۷	۱۸۴/۷
ناحیه ب	۱۴۳/۲	۱۱۴۶/۴	۱۰۰۳/۲	۶۴/۵	۱۴۳/۱
ناحیه ج	۱۷۹/۴	۴۵۶/۷	۲۷۷/۳	۷۷/۱	۲۲۷/۶
ناحیه د	۳۰۲/۳	۱۵۷/۲	۱۴۵/۱	۱۳۷/۱	۴۸/۷

در ادامه به منظور اثبات تأثیر زاویه برخورد در نواحی تغییر کرده، همین منطقه در تصویر غیرهم‌جهت ۱۰/۰۴ و ۰۹/۲۸ نیز بررسی و تحلیل می‌شود. بدین منظور ابتدا سه تصویر در نرم‌افزار متلب هم‌موقعیت شده و سپس ناحیه‌های تغییر کرده در تصویر RGB حاصل، مجدداً مشخص می‌شود. شکل (۹) تصویر این مناطق در سه تصویر راداری و همچنین در تصویر RGB را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، تغییرات آشکار شده در تصاویر ۵ روزه، در تصاویر ۶ روزه (غیر هم‌جهت) تغییر نداشته است. مقدار میانگین و واریانس برای این مناطق مربوط به سه تصویر در جدول (۳) آمده است.

مشخص شده در لایه دوم دارای شدت بیشتری نسبت به دو لایه دیگر است و در نتیجه سبز رنگ دیده می‌شود.



شکل ۶. ناحیه سبز رنگ نمایان شده در تصویر RGB

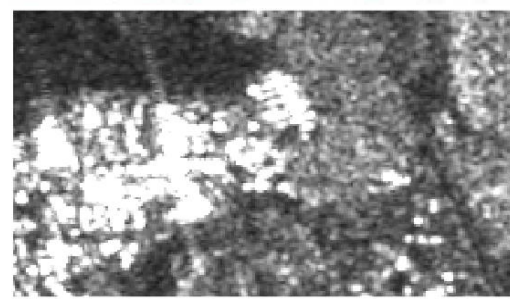
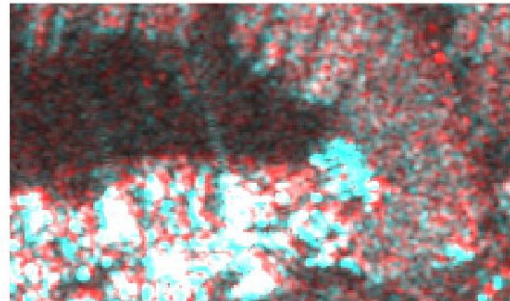
ناحیه‌ای که در آن شدت لایه دوم بیشتر از دو لایه دیگر است و این ناحیه سبز رنگ شده است. از ویژگی‌های این روش می‌توان به قابلیت درک بالا برای انسان، قابلیت اطمینان بالا به نتایج به‌دست آمده (زیرا در این روش تغییری در مقادیر تصاویر اعمال نمی‌شود)، پردازش آسان و سرعت بالا در حصول تصویر RGB و برش آسان مناطق تغییر کرده از روی تصویر RGB اشاره کرد.

### ۳-۲-۱- آشکارسازی تغییرات در تصاویر ۵ روزه با استفاده از روش CMV2

داده بکارگرفته شده در این مقاله، تصاویر اخذ شده از ماهواره سنتینل ۱ است که مشخصات آن در جدول (۱) آمده است. این ماهواره دارای تفکیک زمانی ۱۲ روز است و رادار آن در باند C فعال است. سه نوع تصویر به‌منظور استخراج تغییرات متأثر از تغییر هندسه دید توسط تیم تحقیقاتی حاضر مورد بررسی قرار گرفت. این تصاویر شامل، تصاویر با فاصله زمانی ۱۲، ۶ و ۵ روز، می‌باشد. تصاویر ۱۲ روز که مربوط به یک دوره تناوب ماهواره است و به همان نقطه که شروع کرده بازمی‌گردد، در این نوع تصاویر هدف بررسی تثبیت پارامترهای هندسه دید در هر دوره زمانی ۱۲ روز بوده است. تصاویر با فاصله زمانی ۶ روز، تصاویری با جهت مختلف از ناحیه مشترک بین آن‌ها بودند که در این نوع تصاویر تغییرات ناشی از تغییر جهت استخراج گردید. در نهایت تصاویر با فاصله زمانی ۵ روز که مورد بحث این مقاله است، تصاویر هم‌جهت با تفاوت در زاویه برخورد در نواحی مشترک بین دو تصویر هستند. تصاویر ۱۲ و ۶ روزه به تفصیل در کارهای بعدی ارائه خواهند شد. همچنین موقعیت تصاویر اخذ شده مربوط به اطراف شهر قزوین است که طول جغرافیایی آن ۴۸،۶ و عرض جغرافیایی آن ۳۴،۶ است. در ادامه نحوه استخراج تغییرات ناشی از تغییر زاویه برخورد در این تصاویر تشریح می‌شود.

میانگین و واریانس ۱۰ نقطه انتخابی را در سه تصویر نشان می‌دهد. مقدار واریانس در این حالت به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. حال برای رسیدن به یک نتیجه بهتر می‌بایست تصاویر با دقت بیشتری برش داده شوند. میانگین و واریانس به‌دست آمده از این برش در جدول (۴) آمده است.

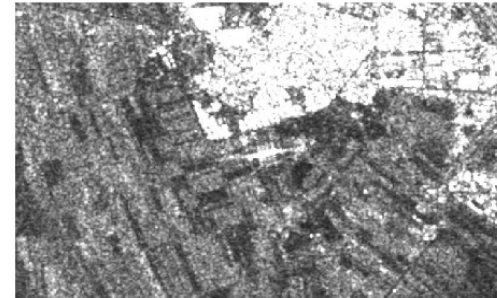
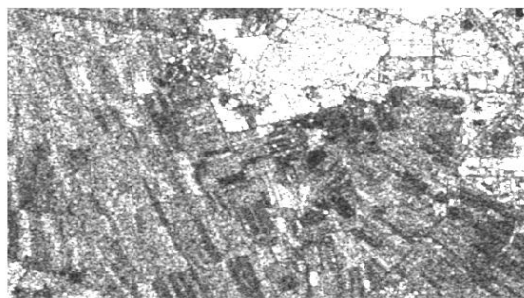
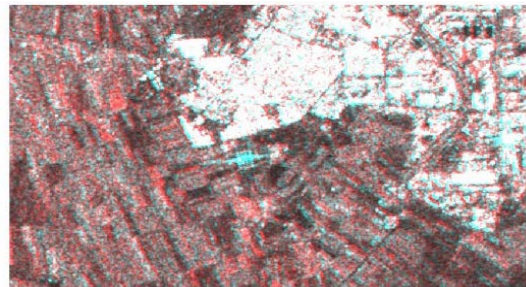
مقدار واریانس در جدول‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد، ناحیه نمونه‌برداری شده دارای مقادیری با اختلاف بسیار زیاد است. دلیل آن برش نادرست از ناحیه‌های شناسایی شده می‌باشد. بدین منظور از نواحی تغییر کرده ۱۰ نقطه به عنوان نمونه انتخاب و مقدار میانگین و واریانس آن‌ها محاسبه می‌شود. جدول (۳)



۰۹/۲۸

۱۰/۰۳

(ناحیه الف)

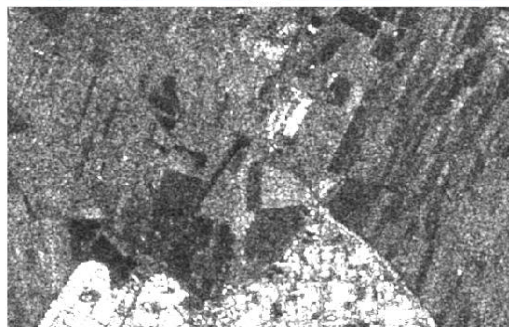
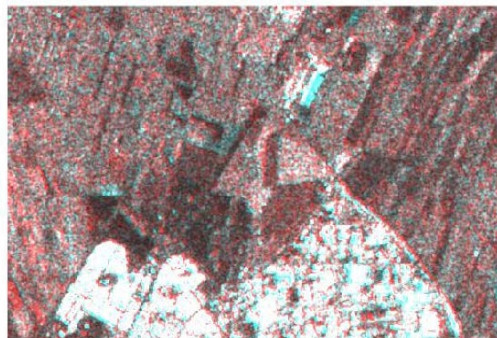


۰۹/۲۸

۱۰/۰۳

(ناحیه ب)

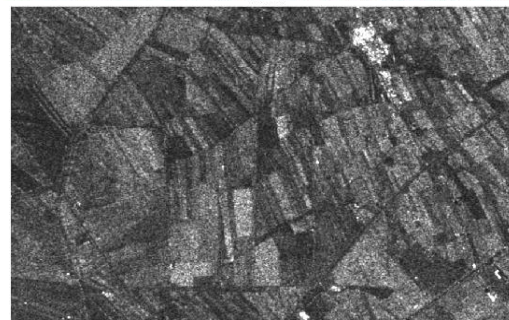
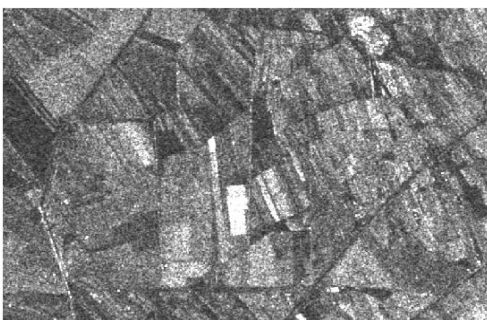
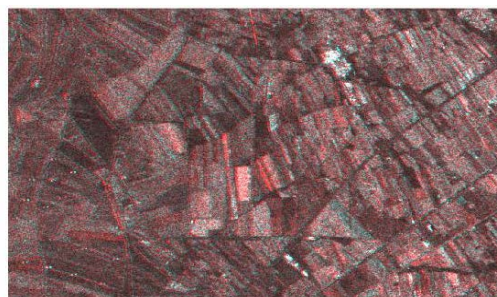
شکل ۸. نواحی تغییر کرده در تصویر RGB مربوط به دو تصویر ۱۰/۰۳ و ۰۹/۲۸ شامل ۴ ناحیه می‌شود که در نواحی (الف)، (ب)، (ج) و (د) آمده است. در هر ناحیه در ردیف اول به ترتیب از سمت راست نقشه تغییر RGB و تصویر اپتیکی و در ردیف دوم به ترتیب از سمت راست تصویر راداری تاریخ ۱۰/۰۳ و ۰۹/۲۸ نمایش داده شده است.



۰۹/۲۸

۱۰/۰۳

(ناحیه ج)



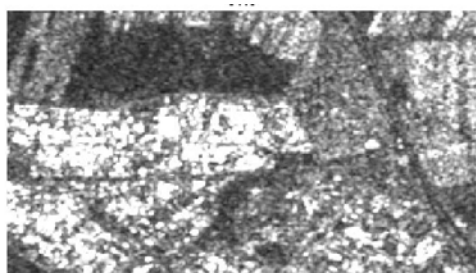
۰۹/۲۸

۱۰/۰۳

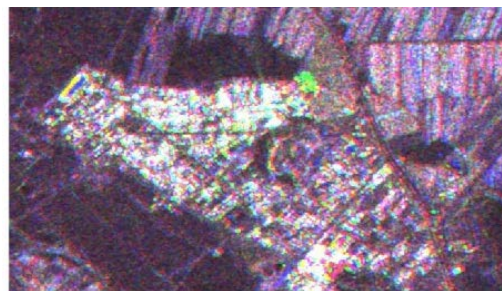
(ناحیه د)

ادامه شکل ۸. نواحی تغییر کرده در تصویر RGB مربوط به دو تصویر ۱۰/۰۳ و ۹/۲۸ شامل ۴ ناحیه می‌شود که در نواحی (الف)، (ب)، (ج) و (د) آمده است. در هر ناحیه در ردیف اول به ترتیب از سمت راست نقشه تغییر RGB و تصویر اپتیکی و در ردیف دوم به ترتیب از سمت راست تصویر راداری تاریخ ۱۰/۰۳ و ۹/۲۸ نمایش داده شده است.





۱۰/۰۴



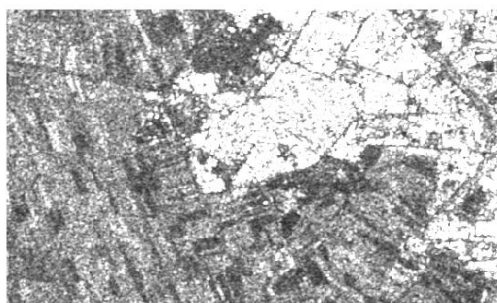
۱۰/۰۳



۰۹/۲۸



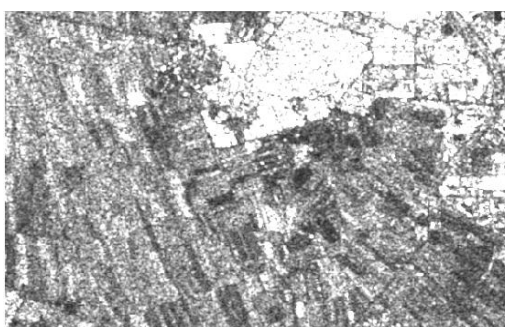
(ناحیه الف)



۱۰/۰۴



۱۰/۰۳



۰۹/۲۸

(ناحیه ب)

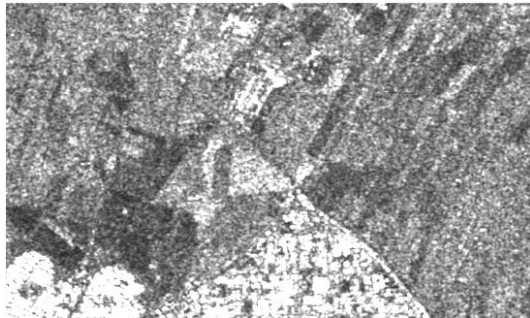
شکل ۹. نواحی تغییر کرده در تصویر RGB مربوط به سه تصویر ۱۰/۰۳، ۱۰/۰۴ و ۹/۲۸ شامل ۴ ناحیه می‌شود که در نواحی (الف)، (ب)، (ج) و (د) آمده است. در هر ناحیه در ردیف اول به ترتیب از سمت راست نقشه تغییر RGB و تصویر راداری تاریخ ۱۰/۰۴ و در ردیف دوم به ترتیب از سمت راست تصویر راداری تاریخ ۱۰/۰۳ و ۰۹/۲۸ نمایش داده شده است.



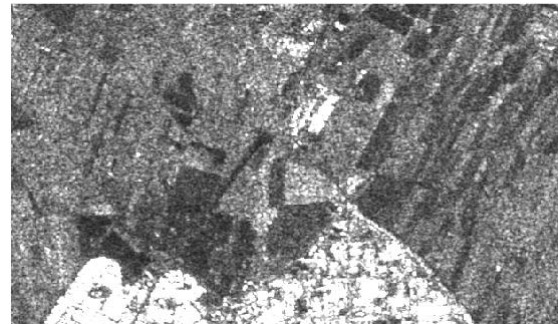
۱۰/۰۴



۱۰/۰۳



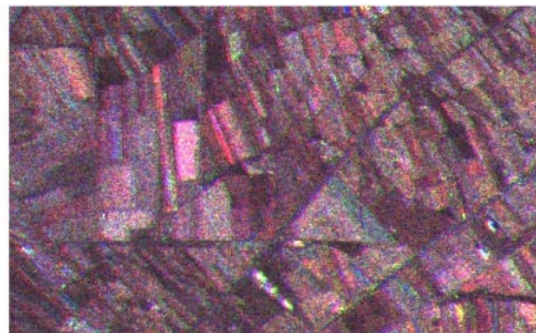
۰۹/۲۸



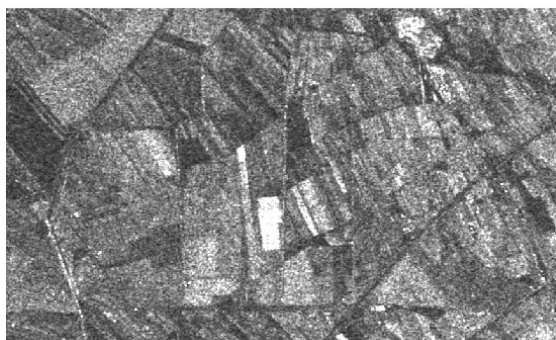
(ناحیه ج)



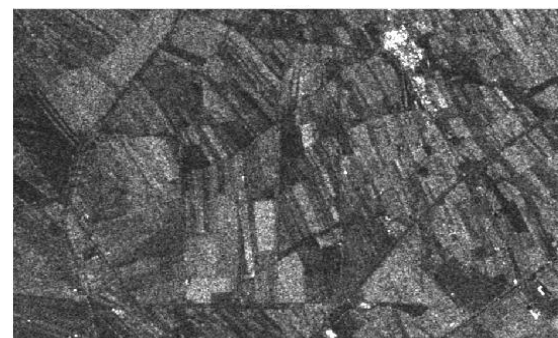
۱۰/۰۴



۱۰/۰۳



۰۹/۲۸



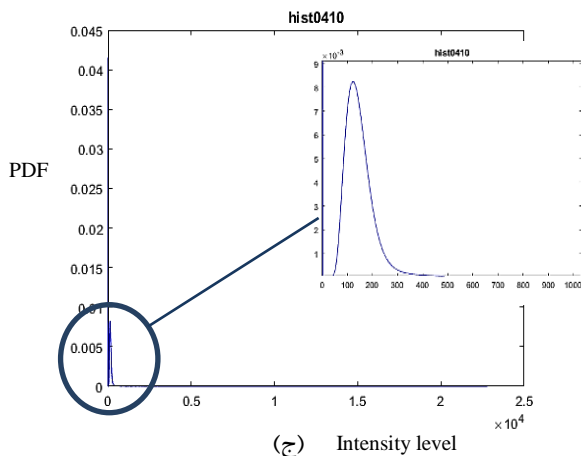
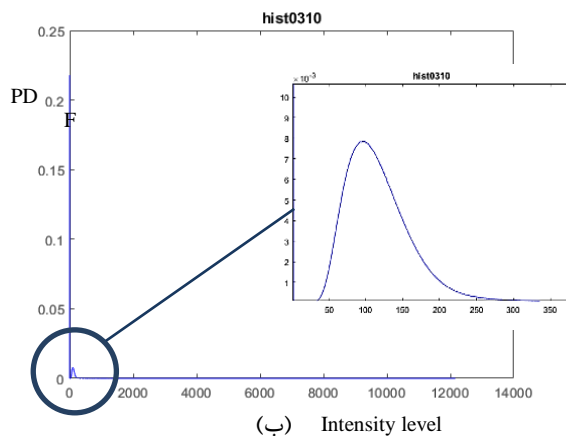
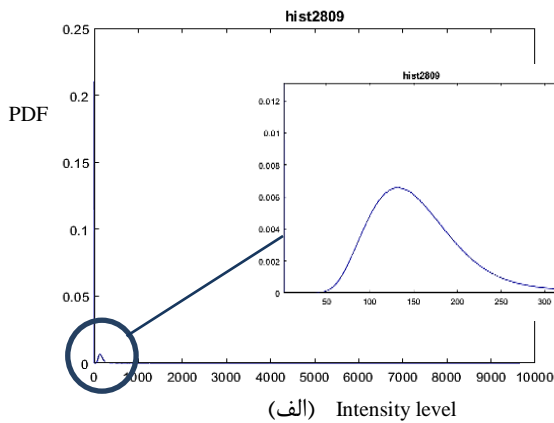
(ناحیه د)

ادامه شکل ۹. نواحی تغییر کرده در تصویر RGB مربوط به سه تصویر ۱۰/۰۳، ۱۰/۰۴ و ۹/۲۸ شامل ۴ ناحیه می‌شود که در نواحی (الف)، (ب)، (ج) و (د) آمده است. در هر ناحیه در ردیف اول به ترتیب از سمت راست نقشه تغییر RGB و تصویر راداری تاریخ ۱۰/۰۴ و در ردیف دوم به ترتیب از سمت راست تصویر راداری تاریخ ۱۰/۰۳ و ۰۹/۲۸ نمایش داده شده است.

نشان می‌دهد. مطابق با این نمودارها، در سه تصویر مقدار احتمال توزیع تجمعی برای مقادیر در حدود ۳۰۰ برابر ۰/۹۶ است و در نتیجه مقدار تغییرات در نواحی تغییر کرده با توجه به آن که ۹۶٪ مقادیر تصویر در این بازه است، مقدار قابل قبولی است.

جدول ۵. مقدار میانگین، بیشینه و کمینه ۳ تصویر

کمینه	بیشینه	میانگین	زمان اخذ تصاویر
صفر	۹۶۵۹/۵	۱۲۸/۲	۰۹/۲۸
صفر	۱۲۱۵۸	۹۹/۶	۱۰/۰۳
صفر	۲۲۷۷۷	۱۴۹/۲	۱۰/۰۴



شکل ۱۰. هیستوگرام دقیق سه تصویر. الف) هیستوگرام تصویر ۰۹/۲۸ (ب) هیستوگرام تصویر ۱۰/۰۳ (ج) هیستوگرام تصویر ۱۰/۰۴.

جدول ۳. میانگین و واریانس ۱۰ نقطه انتخاب شده در نواحی تغییر کرده

ناحیه	زمان اخذ تصاویر					
	۰۹/۲۸		۱۰/۰۳		۱۰/۰۴	
	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس
ناحیه الف	۱۲۴/۴	۱۷/۸	۴۹۱/۱	۱۱۸/۳	۱۲۴/۶	۲۰
ناحیه ب	۱۱۵/۵	۲۱/۸	۱۰۰۰/۳	۱۰۰۰/۴	۱۲۶	۲۷/۶
ناحیه ج	۱۳۷/۵	۲۰	۵۲۸/۳	۲۱۲/۸	۱۱۲/۶	۲۰/۴
ناحیه د	۴۲۴/۵	۸۱/۵	۱۳۶/۲	۴۵/۶	۲۲۹/۳	۳۹/۷

جدول ۴. میانگین و واریانس نواحی تغییر کرده با برش دقیق

ناحیه	زمان اخذ تصاویر					
	۰۹/۲۸		۱۰/۰۳		۱۰/۰۴	
	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس
ناحیه الف	۱۵۷/۹	۵۴/۳	۳۹۳/۲	۲۳۱/۹	۱۳۶/۹	۳۳/۶
ناحیه ب	۱۶۱/۴	۸۶/۲	۲۸۱۴/۱	۱۳۹۵/۷	۱۸۳/۴	۱۱۴/۲
ناحیه ج	۱۳۷/۷	۲۹/۶	۵۴۱/۵	۲۲۰/۵	۱۱۱/۷	۲۵
ناحیه د	۴۱۱/۵	۱۷۰/۴	۱۸۵/۲	۳۴/۵	۲۵۱/۲	۴۷/۹

### ۳-۲-۲- تحلیل کمی تغییرات در نواحی آشکار شده

مقادیر میانگین و واریانس به دست آمده در بخش قبل، قابل تحلیل و معتبر هستند اما برای اثبات اینکه اختلاف این نواحی با توجه به مقادیر آن (حدود ۱۰۰ تا ۱۰۰۰) می‌تواند به عنوان تغییر در نظر گرفته شود یا خیر را باید با استفاده از مقادیر بیشینه و کمینه و نمودار هیستوگرام دقیق تصاویر بررسی کرد. مقدار میانگین، بیشینه و کمینه تصاویر در جدول (۵) آمده است. برای به دست آوردن هیستوگرام دقیق تصاویر، از توابع آماده متلب به دلیل تبدیل آن به مقادیر ۸ بیتی نمی‌توان استفاده نمود. بدین منظور یک تابع برای محاسبه دقیق هیستوگرام نوشته و نمودار حاصل از آن در شکل (۱۰) آمده است. نمودار هیستوگرام دارای یک پیک در صفر است که احتمال مقدار صفر برای تصویر ۰۹/۲۸ و ۱۰/۰۳، ۰/۲ و برای تصویر ۱۰/۰۴، ۰/۰۴ است. این مقادیر نشان می‌دهد بیشتر پیکسل‌ها مقداری برابر صفر دارند. همچنین در بازه ۵۰ تا ۳۰۰ یک توزیع گوسی در هیستوگرام مشاهده می‌شود که در شکل (۱۰) با مقیاس بزرگتر آمده است. مقدار تغییرات هم همان‌طور که در جدول (۵) آمده، در همین بازه می‌باشد. شکل (۱۱) نمودار توزیع تجمعی را برای سه تصویر

جدول ۶. زاویه برخورد در نواحی تغییر کرده مربوط به تصاویر هم جهت و غیر هم جهت

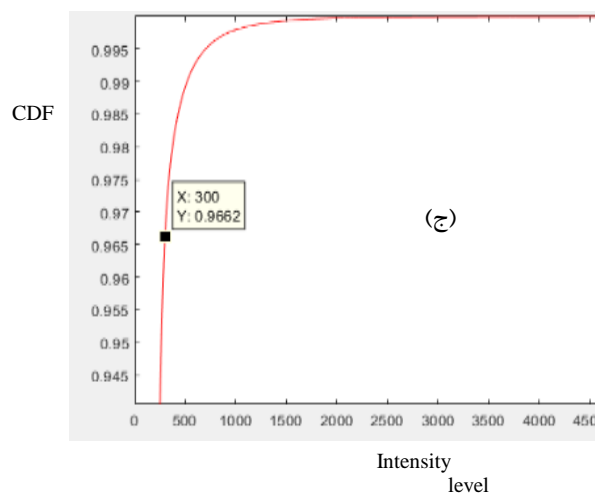
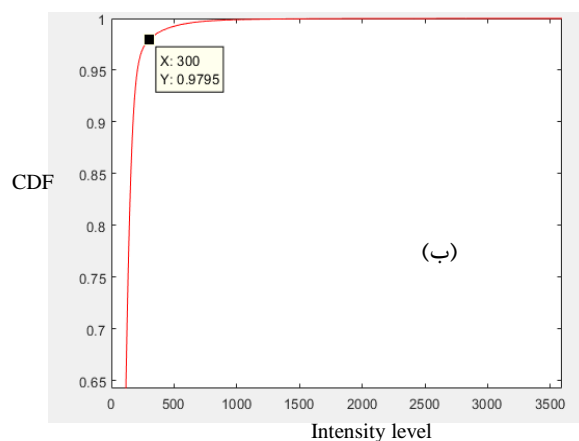
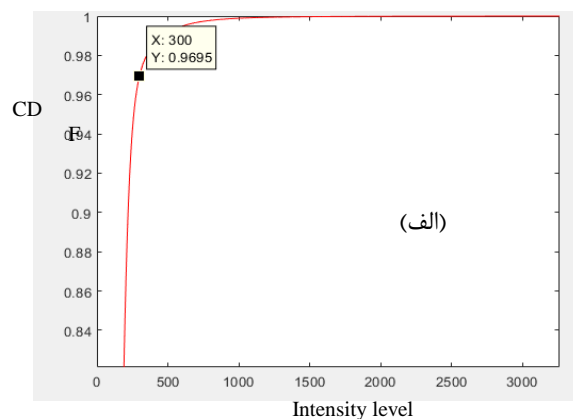
	زمان اخذ تصاویر		
	۰۹/۲۸ (تصویر مرجع)	۱۰/۰۳ (تصویر هم جهت)	۱۰/۰۴ (تصویر غیر هم جهت)
ناحیه الف	۳۴/۹	۴۵/۵	۳۵/۱
ناحیه ب	۳۵/۱	۴۵/۷	۳۵
ناحیه ج	۳۵/۳	۴۵/۸	۳۴/۹
ناحیه د	۳۳/۳	۴۴/۳	۳۶/۶

#### ۴- نتایج و بحث

##### ۴-۱- نتایج حاصل از بررسی نواحی تغییر یافته با استفاده از تصویر اپتیکی

نتایج به دست آمده در بخش قبل، تغییرات آشکار شده در سه تصویر ناشی از تغییر زاویه برخورد و یا جهت تصویربرداری بوده است. به منظور بررسی دلیل تغییر در این نواحی تصاویر اپتیکی آن‌ها در مقیاس بزرگ‌تر باهم مقایسه شد. نتایج نشان داد بیشتر این تغییرات مربوط است به سوله‌های کارگاه‌های یا کارخانه‌ای که طولی در حدود چندصد متر دارند و موقعیت آن‌ها نسبت به افق تقریباً در یک راستا است. با گوگل ارت زاویه هر کدام را نسبت به افق به دست آورده و نتیجه در شکل (۱۲) آمده است.

برای تحلیل بهتر این نواحی لازم است زاویه دقیق حرکت ماهواره سنیتل ۱ را به دست آورده و جهت برخورد امواج ارسالی مورد بررسی قرار گیرد. به دست آوردن زاویه دقیق مسیر حرکت ماهواره نسبت به افق کار آسانی نیست. اما با تحقیق‌های بسیاری که انجام شد، در نهایت این زاویه به‌طور نسبی در متادیتای تصاویر یافت شد. متناسب با اینکه جهت حرکت صعودی است یا نزولی، زاویه حرکت نسبت به شمال منفی یا مثبت است. تصویر ۲۸ سپتامبر و ۳ اکتبر باتوجه به صعودی بودن آن‌ها، زاویه ای برابر با ۱۳- درجه دارند و در تصویر ۴ اکتبر این مقدار برابر ۱۳ درجه است. با توجه به مقادیر به دست آمده در شکل (۱۲) زاویه بین جهت موج تابیده شده و موقعیت سوله‌ها در حالت صعودی به ترتیب ۱۰، ۹ و ۵۲ درجه و در حالت نزولی به ترتیب ۳۶، ۳۵ و ۷۸ درجه است. ناحیه الف و ب تقریباً رفتار مشابهی دارند و مقادیر به دست آمده برای ناحیه ج کمی متفاوت است. با بررسی‌های انجام شده، مشخص شد ناحیه ج مربوط به یک پایانه اتوبوس‌رانی است و تغییرات آشکار شده ناشی از سقف مرتب کنار هم و اتوبوس‌های موجود در پایانه است. بدین منظور نواحی بیشتری را در تصویر بررسی کرده تا صحت نتایج به دست آمده اثبات شود.



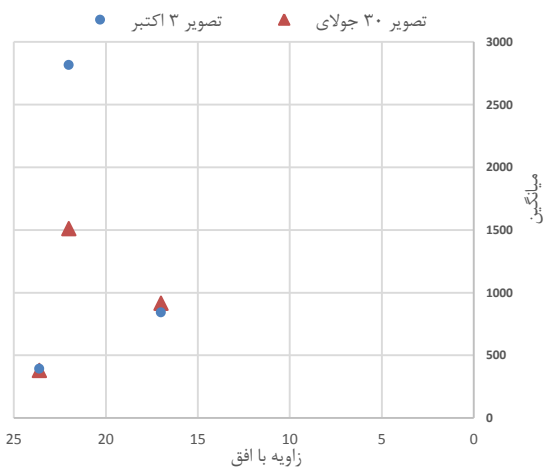
شکل ۱۱. نمودار توزیع تجمعی سه تصویر. الف) نمودار توزیع تجمعی تصویر ۰۹/۲۸. ب) نمودار توزیع تجمعی تصویر ۱۰/۰۳. ج) نمودار توزیع تجمعی تصویر ۱۰/۰۴.

پس از اثبات تغییرات در نواحی مشخص شده، میانگین زاویه برخورد در این نواحی به دست آورده و باهم مقایسه می‌شود. با توجه به جدول (۶) زوایای برخورد در تصاویر ۰۹/۲۸ و ۱۰/۰۴ تقریباً برابر بوده و با تصویر ۱۰/۰۳، ۱۰ درجه اختلاف دارند. در نتیجه تغییرات آشکار شده بین دو تصویر ۱۰/۰۳ و ۰۹/۲۸ به دلیل تغییر زاویه برخورد و بین تصاویر ۱۰/۰۴ و ۰۹/۲۸ به علت تغییر جهت خواهد بود.

جدول ۸. میانگین و واریانس نواحی تغییر کرده در چندروز بعد

ناحیه	زمان اخذ تصاویر					
	۰۷/۲۵		۰۷/۳۰		۰۷/۱۹	
	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس
ناحیه الف	۱۵۶/۵	۴۲/۸	۳۸۱	۱۰۵/۶	۱۶۰/۱	۲۸/۹
ناحیه ب	۱۷۶/۴	۶۱/۷	۱۵۱۱/۴	۱۴۱۲/۸	۲۱۴/۹	۱۱۲/۱
ناحیه ج	۲۳۴/۴	۱۴۱/۶	۵۷۵	۱۶۲/۹	۱۱۷	۲۷/۳
ناحیه د	۱۷۶/۷	۴۸	۹۱۵/۹	۴۱۶/۴	۱۰۶/۸	۲۱/۷

نمودار موقعیت سوله‌ها نسبت به افق و مقدار میانگین آن‌ها



شکل ۱۴. نمودار موقعیت سوله‌ها نسبت به افق و مقدار میانگین آن‌ها در دو تصویر ۳ اکتبر و ۳۰ جولای

### ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش شد تأثیر پارامتر کمتر در نظر گرفته شده هندسه دید در تصاویر راداری SAR مورد بررسی قرار گیرد. تغییر پارامتر هندسه دید در برخی موارد باعث دیده نشدن اهداف در تصاویر راداری می‌گردد و این موضوع اهمیت تحقیق در این حوزه را تبیین می‌کند. بدین منظور از تصاویر ماهواره سنتینل ۱ در فاصله زمانی ۵ روز استفاده شد. پس از پیش‌پردازش‌های لازم و آشکارسازی تغییرات در تصاویر، مشخص شد زاویه برخورد در این نواحی در حدود ۱۰ درجه تغییر داشته است. با استفاده از روش پیشنهادی اثبات شد که تغییرات آشکار شده مربوط به سوله‌های کارگاهی یا کارخانه‌ای می‌شود که طول آن‌ها در حدود چندصد متر است و موقعیت آن‌ها نسبت به افق در حدود ۲۰ درجه است. نتایج مشابه کار انجام شده توسط این گروه تحقیقاتی دست‌کم توسط آن‌ها یافت نشده است و این موضوع نوآوری و ابداع در این حوزه را نشان می‌دهد. در کار آینده انتظار می‌رود تأثیر پارامترهای مختلف هندسه دید همچون زاویه برخورد و جهت تصویر برداری توأمآ تحلیل و بررسی و نتایج قابل توجه دیگری حاصل گردد.

### ۴-۲- بررسی دو ناحیه دیگر برای اثبات نتایج به‌دست آمده

به منظور اثبات نتایج به‌دست آمده، دو ناحیه دیگر را مورد بررسی قرار داده و مقدار میانگین و واریانس در این نواحی برای سه تصویر محاسبه شد. نتایج حاصل در جدول (۷) آمده است. همچنین زاویه این نواحی با افق را با استفاده از گوگل ارت به‌دست آورده و نتیجه حاصل در شکل (۱۳) آمده است. باتوجه به مقادیر به‌دست آمده در شکل (۱۳) این زاویه برای ناحیه د، ۱۷ و برای ناحیه ه، ۱۶ درجه است. این مقادیر در حدود زاویه به‌دست آمده در نواحی الف و ب است. همچنین زاویه بین جهت موج تابیده شده و موقعیت سوله‌ها در این دو ناحیه برای حالت صعودی به ترتیب ۴ و ۳ درجه و در حالت نزولی ۳۰ و ۲۹ درجه است.

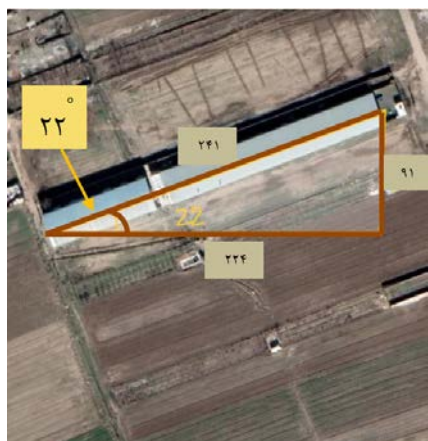
جدول ۷. میانگین و واریانس دو ناحیه تغییر کرده در سه تصویر

ناحیه	زمان اخذ تصاویر					
	۰۹/۲۸		۱۰/۰۳		۱۰/۰۴	
	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس	میانگین	واریانس
ناحیه د	۱۵۲/۳	۵۸/۶	۸۴۱/۵	۳۸۳/۹	۹۴/۲	۱۸/۱
ناحیه ه	۲۲۰/۹	۸۰/۱	۱۹۰۰/۴	۱۴۷۶/۲	۲۲۴/۸	۱۷۲/۵

### ۴-۳- بررسی نواحی تغییر کرده در تصاویر چند روز بعد

در توضیحات بالا تغییرات آشکار شده در این سه تصویر به تغییر زاویه برخورد و جهت تصویربرداری نسبت داده شد، اما فاکتور زمان نیز ممکن است در این تغییرات مؤثر باشد. بدین منظور همین نواحی را با همین زوایا و جهت تصویربرداری در چند روز بعد بررسی کرده و نتایج حاصل در جدول (۸) آمده است. مقادیر جدول (۸)، نتایج به‌دست آمده را تضمین می‌کند.

شکل (۱۴) نمودار مقدار میانگین این نواحی و زاویه آن‌ها نسبت به افق را در تصاویر ۳ اکتبر و ۳۰ جولای نشان می‌دهد. باتوجه به این نمودار به جز ناحیه ج که رفتاری متفاوت دارد، بقیه مناطق زاویه‌ای در حدود ۲۰ درجه نسبت افق دارند. علت تغییر سیگنال دریافتی در این مناطق، موقعیت آن‌ها نسبت به سیگنال ارسالی بوده و زمانی که زاویه برخورد در این نواحی افزایش می‌یابد (در تصاویر ۳ اکتبر و ۳۰ جولای) سیگنال بیشتری به ماهواره باز می‌گردد.



تصویر اپتیکی



تصویر اپتیکی



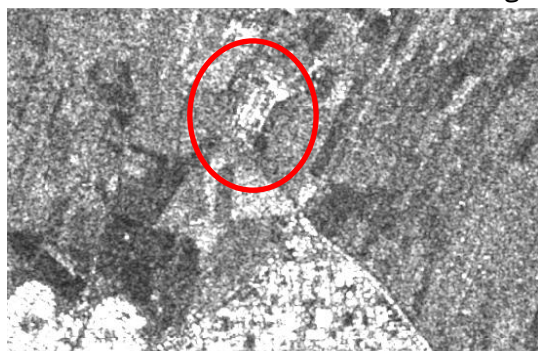
تصویر راداری ۱۰/۰۳  
ناحیه ب



تصویر راداری ۱۰/۰۳  
ناحیه الف



تصویر اپتیکی



تصویر راداری ۰۹/۲۸



تصویر راداری ۱۰/۰۳

ناحیه ج

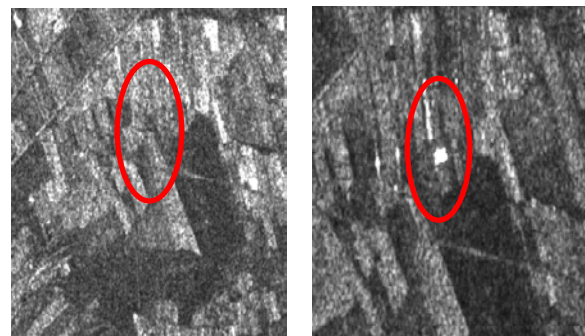
شکل ۱۲. زاویه سوله‌ها نسبت به افق در نواحی الف، ب، ج و د.

## ۶- مرجع‌ها

- [1] Schowengerdt, R. A. "Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing"; Elsevier, New York. 2007
- [2] Bayer, T.; Winter, R.; Schreier, G. "Terrain influences in SAR Backscatter and Attempts to Their Correction"; IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing 1991, 19, 451-462.
- [3] Amjadipour, F.; Dehghani, H.; Fallahpour, M. B. "Change Detection in SAR Images by Considering the Effect of Visibility Geometry"; M.Sc. Thesis of Malek Ashtar University of Technology, 2019 (In Persian).
- [4] Singh, A. "Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data"; Int. J. Remote Sensing 1989, 10, 989-1003.
- [5] Celik, T. "Unsupervised Change Detection in Satellite Images Using Principal Component Analysis And-Means Clustering"; IEEE Geosci. Remote Sensing Letters 2009, 6, 772-776.
- [6] Mishra, N. S.; Ghosh, S.; Ghosh, A. "Fuzzy Clustering Algorithms Incorporating Local Information for Change Detection in Remotely Sensed Images"; Applied Soft Computing 2012, 12, 2683-2692.
- [7] Moghimi, A.; Ebadi, H.; Sadeghi, V. "Unsupervised Change Detection from Multitemporal SAR Images Using Clustering Based on Genetic Algorithm and Hidden Markov Random Field Model"; 1<sup>st</sup> National Conf. Geospatial Information Technology 2016, 19.
- [8] Ghosh, S.; Patra, S.; Ghosh, A. "An Unsupervised Context-Sensitive Change Detection Technique based on Modified Selforganizing Feature Map Neural Network"; Int. J. Approximate Reasoning 2009, 50, 37-50.
- [9] Volpi, M.; Camps-Valls, G.; Kanevski, M. "Unsupervised Change Detection with Kernels"; IEEE Geosci. Remote Sensing Letters 2012, 9, 1026-1030.
- [10] Moghimi, A.; Ebadi, H.; Sadeghi, V. "Unsupervised Change Detection from Multitemporal SAR Images Using Clustering Based on Genetic Algorithm and Hidden Markov Random Field Model"; 1<sup>st</sup> National Conf. Geospatial Inform. Technol. 2016, 19.
- [11] Ghanbari, M.; Akbari, V.; Abkar, A. A.; Sahebi, M. R. "Minimum-Error Thresholding for Unsupervised Change Detection in Multilook Polarimetric SAR Images"; J. Geomatics Sci. Technol. 2015, 5, 17-29.
- [12] Bazi, Y.; Melgani, F.; Al-Sharari, H. D. "Unsupervised Change Detection in Multispectral Remotely Sensed Imagery with Level Set Methods"; IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing 2010, 48, 8, 3178-3187.
- [13] Celik, T.; Ma, K. K. "Multitemporal Image Change Detection Using Undecimated Discrete Wavelet Transform and Active Contours"; IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing 2011, 49, 706-716.
- [14] Cumming, I. G.; Wong, F. H. "Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data"; Artech House, London. 2005.
- [15] Melvin, W. L.; Scheer, J. A. "Principles of Modern Radar"; SciTech, 2013.
- [16] Ferretti, A. "Satellite InSAR Data, Reservoir Monitoring from Space"; DB Houten, the Netherlands: EAGE Publications, Education Tour Series, 2014.
- [17] Zhang, W.; Baoxin, H.; Glen, S. B. "Automatic Surface Water Mapping Using Polarimetric SAR Data for Long-Term Change Detection"; Water 2020, 12, 872.
- [18] Srivastava, H. S.; Patel, P.; Sharma, Y.; Navalgund, R. "Large-Area Soil Moisture Estimation Using Multi-



تصویر اپتیکی



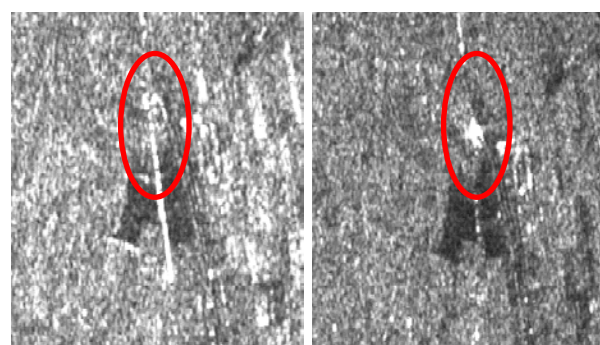
تصویر راداری ۰۹/۲۸

تصویر راداری ۱۰/۰۳

ناحیه د



تصویر اپتیکی



تصویر راداری ۰۹/۲۸

تصویر راداری ۱۰/۰۳

ناحیه ه

شکل ۱۳. زاویه دو سوله جدید نسبت به افق

- [22] Cao, H.; Zang, H.; Wang, C.; Zhang, B. "Operational Flood Detection Using Sentinel-One SAR Data over Large Areas"; *Water* 2019, 11, 786.
- [23] Manjusree, P.; Kumar, L.; Bhatt, C.; Rao, G.; Bhanumurthy, V. "Optimization of Threshold Ranges for Rapid Flood Inundation Mapping by Evaluating Backscatter Profiles of High Incidence Angle SAR Images"; *Int. J. Disaster Risk Sci.* 2012, 3, 113-122.
- [24] Sentinel Online, Nverview of Nissions, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview>, last modified, 2020.
- [25] Fallahpour, M. B.; Dehghani, H.; Rashidi, A. J.; Sheikhi, A. "Extraction of Point Target Model of Distributed Targets Using SAR Images"; *Adv. Defence Sci. & Technol.* 2017, 10, 265-274 (In Persian).
- Incidence-Angle RADARSAT-1 SAR Data"; *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 2009, 47, 2528-2535.
- [19] O'Hara, R.; Green, S.; McCarthy, T. "The Agricultural Impact of the 2015–2016 Floods in Ireland as Mapped Through Sentinel 1 Satellite Imagery"; *Irish J. of Agricultural and Food Research* 2019, 58, 1, 44-65.
- [20] Tripathi, G. "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* 2020, 1-22.
- [21] Uddin, K.; Mir, A. M.; Franz, J. M. "Operational Flood Mapping Using Multi-Temporal Sentinel-1 SAR Images: A Case Study from Bangladesh"; *Remote Sensing* 2019, 11, 1581.