



Code: rest100504



Certification of Poster Presentation

Rouzbeh Shad

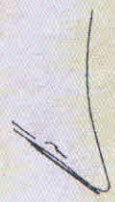
Dear Researcher

Hereby certifies the scientific paper as:

« Investigation of Change Detection in Urban Area Using SAR Interferometry and
Radargrammetry »

Has been approved by the scientific committee in the first International Conference on
Research in Engineering, Science and Technology which was held on July 21th in
Istanbul Turkey.


Chairman of Conference
Dr. Babak Behboodi


Scientific Chairman of Conference
Dr. Navid Yaghoobzadeh

International Conference on Research in
Engineering, Science and Technology

www.restconf.com



بررسی تشخیص تغییرات در مناطق شهری با استفاده از تداخل سنجی SAR و رادارگرامتری

سینا زاهدی اصل^۱، روزبه شاد^۲،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران - سنجش از دور، دانشگاه فردوسی مشهد، Sina.Zahedi.Asl@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

تشخیص تغییرات در مناطق شهری یکی از موضوعات مهم در سنجش از دور می باشد. با وجود استفاده گسترده از تصاویر نوری در این زمینه، استفاده از داده های راداری در این زمینه هنوز در مراحل اولیه می باشد و نیازمند تحقیقات عمیق و گسترده تر می باشد. با توجه به مستقل بودن از شرایط جوی رادارها، مشاهده زمین در هر زمانی را امکان پذیر می کنند که این خصیصه در مواردی که نیاز به تشخیص تغییرات بعد از حوادث طبیعی و غیر طبیعی بسیار حائز اهمیت می باشد. با توجه به تهیه تصاویر با وضوح بالا توسط نسل جدید سنسورهای فضایی رادار و همچنین کوتاه بودن دوره ی بازبینی آنها دید جدیدی در نظارت، تشخیص تغییرات و آنالیز ساختمان ها در مناطق شهری ارائه می شود. در این مقاله یک روش جدید برای بررسی تغییرات در منطقه شهری، بوسیله ی داده های راداری SAR^۱ و تداخل سنجی SAR^۲ مبتنی بر ادغام تداخل سنجی و رادارگرامتری با استفاده از تصاویر قبل و بعد از وقوع حادثه^۳ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که در صورتی که از ترکیبات رادارگرامتریک با زاویه ی حاده استفاده شود، با بیشترین میزان شباهت مواجه خواهیم شد.

واژه های کلیدی: تشخیص تغییرات، مناطق شهری، تداخل سنجی SAR، رادارگرامتری.

۱- مقدمه

اغلب زیر ساخت های اساسی مناطق شهری از قبیل پل ها، ساختمان ها در بسیاری از حوادث طبیعی و غیر طبیعی از قبیل سیل، زلزله، فعالیت های نظامی و غیره تحت تاثیر قرار می گیرند، که در بعضی مواقع منجر به سقوط و تخریب کامل آنها می شود. به همین دلیل به منظور هماهنگی مناسب و ایجاد یک سیستم واکنشی موثر و اورژانسی در مناطق مورد نظر، تعیین برآوردی از میزان خسارات وارده، الزامی می باشد. به علاوه اینکه به منظور مدیریت برنامه ریزی شهری و نظارت بر ساخت و ساز، نیاز مبرم به نقشه برداری مداوم از تخریب و بازسازی مناطق می باشد؛ که مجموعه ی فعلی سنجنده های فضایی SAR از قبیل TerraSAR-X، TanDEM-X و COSMO-SkyMed اجازه نقشه برداری با دقت هندسی در حدود کمتر از ۱ متر برای حالت متمرکز^۴ و ۳ متر برای حالت نواری^۵ در دوره تناوب بسیار کوتاه را می دهد. در واقع این خصوصیات باعث ایجاد قابلیت های

^۱ SAR - Synthetic Aperture Radar

^۲ INSAR – Interferometric SAR

^۳ Pre & Post Event

^۴ Spot Mode

^۵ Strip Mode

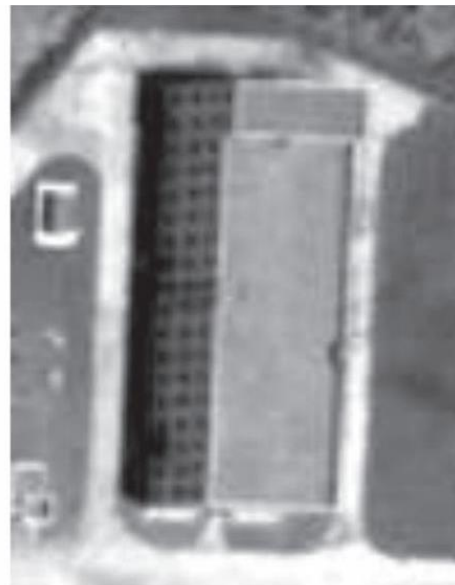
جدیدی جهت تشخیص تغییرات با روش های مبتنی بر رادارگرامتریک می شود؛ خصوصا که اخیرا پشرفت های زیادی در فتوگرامتری، لیزراسکن و سنجش از دور به منظور تولید مدل های ۳ بعدی شهر ها صورت گرفته و روز به روز به تعداد شهرها و ارگان های علاقه مند به این محصول به جهت برنامه ریزی های شهری و پشتیبانی از طرح های عام النفعه افزوده می شود. چرا که در اغلب مناطقی که با حوادث مواجه هستند، به روزرسانی اطلاعات ۳ بعدی از منطقه می تواند برای عملیات های امداد رسانی و نجات بسیار مفید واقع شود. روش های موجود در این زمینه معمولا با استفاده از ترکیب داده های به دست آمده از چند سنسور و یا استفاده از تکنولوژی شبیه سازی با استفاده از داده های واقعی می باشد.

۲- تجربیات گذشتگان و روش های مرتبط

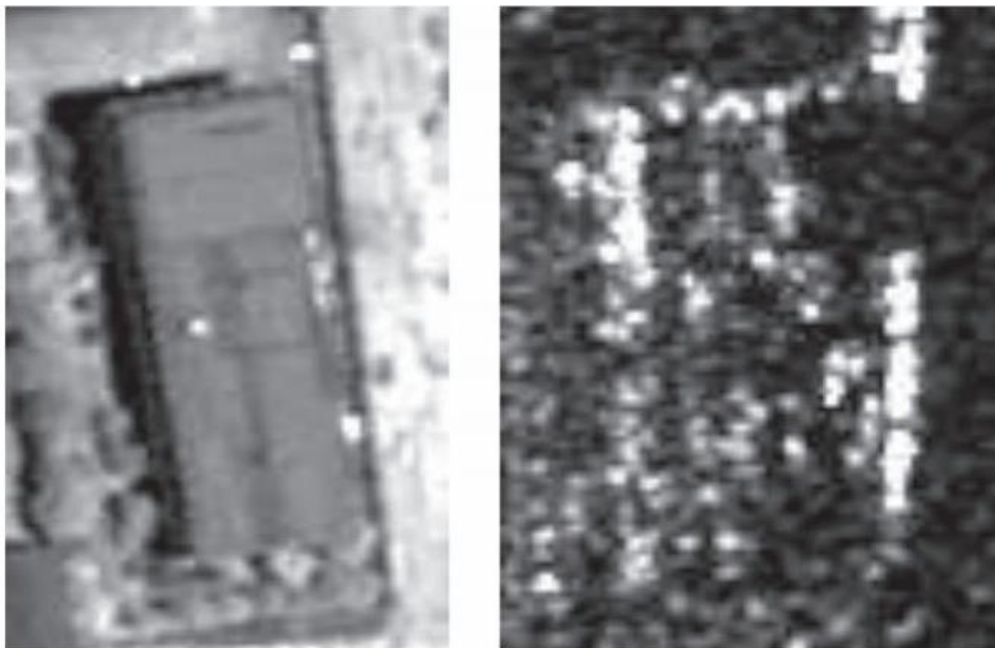
به طور کلی موضوع تشخیص تغییرات در مناطق شهری می تواند به ۲ استراتژی اصلی بسته به موضوع مورد بررسی تقسیم شود. (۱) - اول اینکه مطابق تحقیقات انجام شده توسط [11] کل مجموعه شهر، در نظر گرفته شده و تغییرات با استفاده از میزان همبستگی پراکنشهای بازگشتی و روشنایی تصاویر SAR کسب شده، تشخیص داده می شود. (۲) - استراتژی دوم با در نظر گرفتن محدودیت، یک منطقه، بلوک و یا حتی ساختمان با استفاده از داده های SAR (داده های حالت متمرکز SAR با دقت ۱ متر) اقدام به تشخیص تغییرات می شود.

۲-۱. تحقیقات Brunner و همکاران در سال ۲۰۱۰ [3].

در این تحقیق پارامترهای یک ساختمان با استفاده تصاویر نوری قبل از وقوع حادثه و قبل از استفاده ی آنها در شبیه سازی اثر مورد انتظار بر روی ساختمان در تصاویر SAR مطابق شکل های (۱) و (۲) تعیین نمودند. سپس با ارزیابی شباهت نمونه ی شبیه سازی شده با واقعیت به دست آمده از تصاویر SAR، تغییرات تخمین زده می شود. مشکل اساسی این تحقیق و روش ارائه شده، در عدم در نظر گرفتن عوارض و مناطق مجاور ساختمان که باعث بروز اعوجاجاتی از قبیل کوتاه شدگی، سایه و وارونگی می شود.



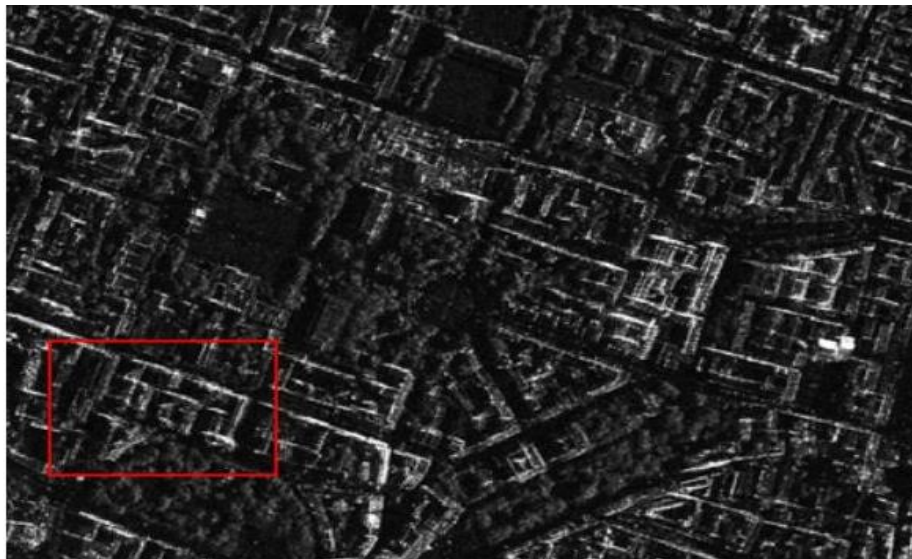
شکل (۱): نمای اول ساختمان در تصویر نوری WorldView-1 و تصویر معادل آن در Terra SAR-X برای منطقه Wenchuan چین.



شکل (۲): نمای دوم ساختمان در تصویر نوری WorldView-1 و تصویر معادل آن در Terra SAR-X برای منطقه Wenchuan چین.

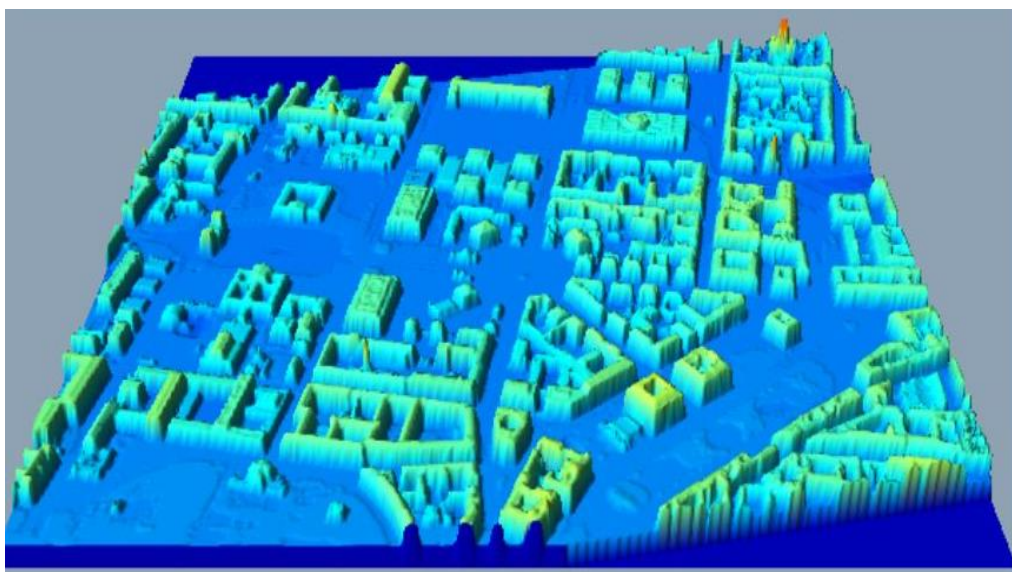
۲-۲. تحقیقات Tao و همکاران در سال ۲۰۱۲ [16].

این تحقیق نیز مشابه تحقیقات انجام شده توسط [3] بوده منتهی با این تفاوت که به جای استفاده از تصاویر نوری، پارامترهای ساختمان با استفاده از مدل رقومی سطح^۶ به دست آمده از طریق سیستم لیدار مطابق شکل‌های (۳) و (۴) تعیین شده است. مشکل عمده‌ی این روش هزینه‌ی بالای سیستم لیدار و عدم دسترسی بسیاری از کشورها به این تکنولوژی می‌باشد.



شکل (۳): تصویر راداری Terra SAR-X بخش مرکزی شهر مونیخ

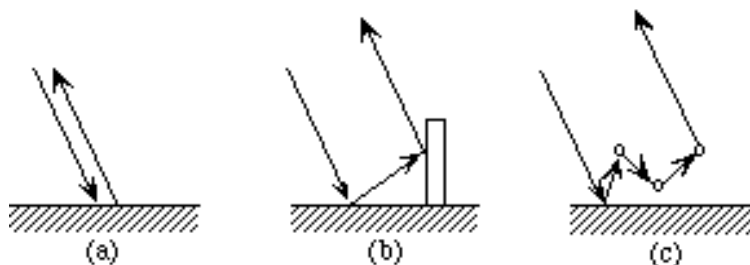
^۶ DSM – Digital Surface Model



شکل (۴): ابر نقاط مدل رقومی سطح بخش مرکزی شهر مونیخ

۳-۲. تحقیقات Guida و همکاران در سال ۲۰۱۰ [7]

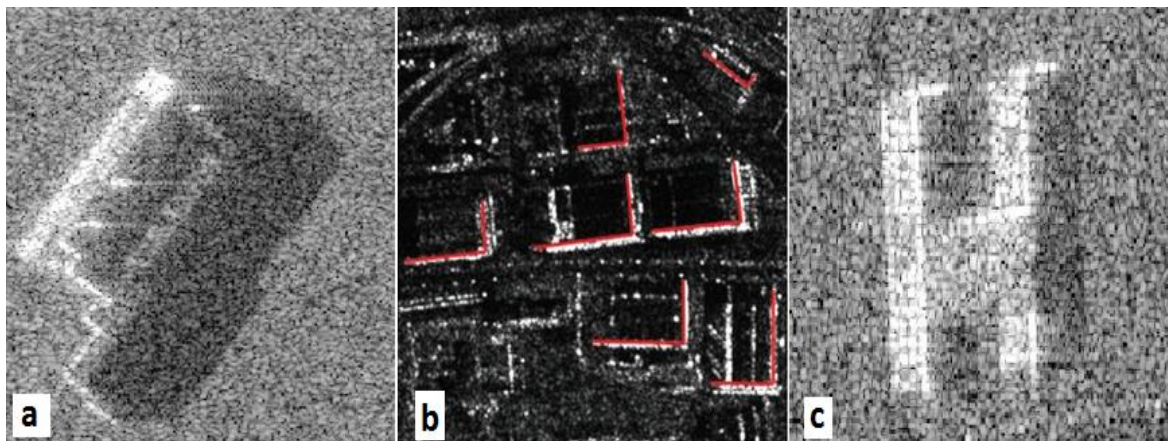
در این مقاله یک آنالیز بر روی پراکنش دوگانه بین ۲ تصویر دامنه SAR قبل و بعد از وقوع حادثه انجام گرفته و سپس با استفاده از داده‌های موجود، ماسک تغییرات تعیین می‌شود. این روش نیاز به پردازش‌های بسیار طولانی برای هر دو داده‌ی قبل و بعد از وقوع حادثه می‌باشد که خود بسیار زمان بر بوده و به علاوه اینکه مطابق شکل (۵) در پراکنش دوگانه ممکن است بسیاری از بقایای ساختمان‌های مجاور به صورت جزئی و یا کلی مانع از پراکنش دوگانه شده و به تبع آن مانع از آنالیز صحیح داده‌ها شود.



شکل (۵): پراکنش‌های یگانه، دوگانه و چندگانه (چپ به راست)

۴-۲. تحقیقات Balz و همکاران در سال ۲۰۱۲ [2]

در این تحقیق با استفاده از الگوریتم‌های تشخیص الگو [1] و [17-18]، ساختمان‌ها را با استفاده از حروف L و H شکل، مطابق شکل (۶) تشخیص داده و سپس خسارت وارده بر ساختمان‌ها را با تفسیر تصاویر دامنه SAR تعیین نمودند. این الگوریتم می‌تواند برای روش‌های اتوماتیک، تشخیص ساختمان‌های سالم خصوصاً برای مجتمع‌های مسکونی و مناطق مسکونی بلوک وار مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله هدف استفاده از مزیت روش‌های رادارگرامتری و تداخل سنجی با تکیه بر داده‌های SAR و تداخل سنجی SAR، به منظور تعیین ابعاد ساختمان و میزان آسیب و خسارت می‌باشد. طی ماموریت TanDEM-X یک دم (DEM) جهانی تا سال ۲۰۱۴ با استفاده از تداخل سنجی به صورت دقیق و قابل دسترس در همه جا تهیه خواهد شد و از طرف دیگر رادارگرامتری اجازه‌ی تهیه‌ی ۲ تصویر از یک صحنه با پیکربندی مختلف را می‌دهد در واقع بسته به انتخاب پیکربندی رادارگرامتری می‌توان دید چندگانه از یک صحنه داشت که باعث تکمیل شدن اطلاعات به دست آمده از تداخل سنجی می‌شود.

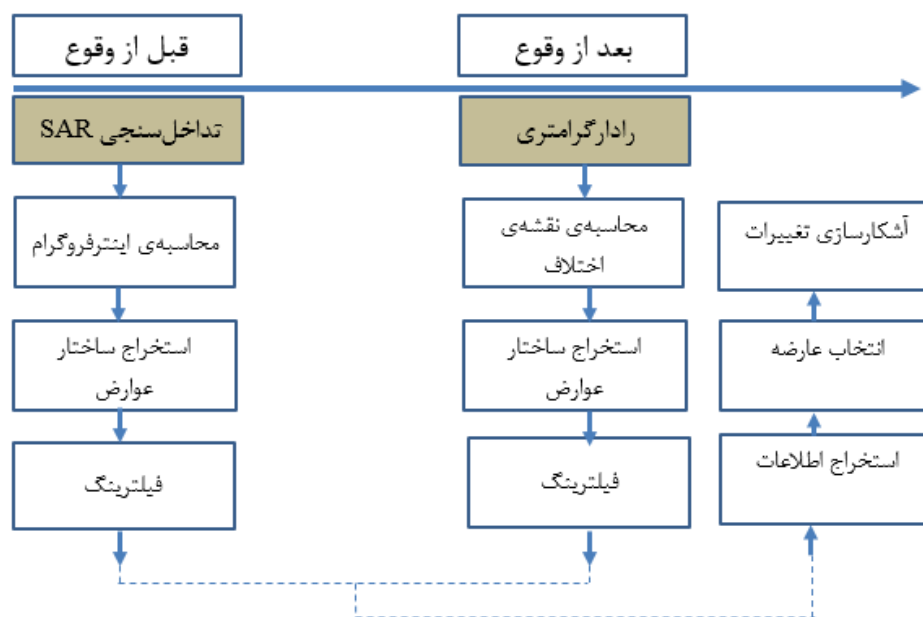


شکل (۶): نمای مایل ساختمان سالم (a)، نمای مایل ساختمان ها به شکل حرف انگلیسی L (b)

و نمای ساختمان ها به شکل حرف انگلیسی H (c) در تصاویر SAR

۳- ارائه ی مفهوم

یک ایده ی جدید برای تشخیص تغییرات در مناطق شهری در سطح ساخت و ساز براساس آنالیز راداری به منظور اطمینان از استفاده ی آن در هر زمان ارائه شده است. شکل (۷) گردش کار مفهوم مورد نظر را نمایش می دهد.

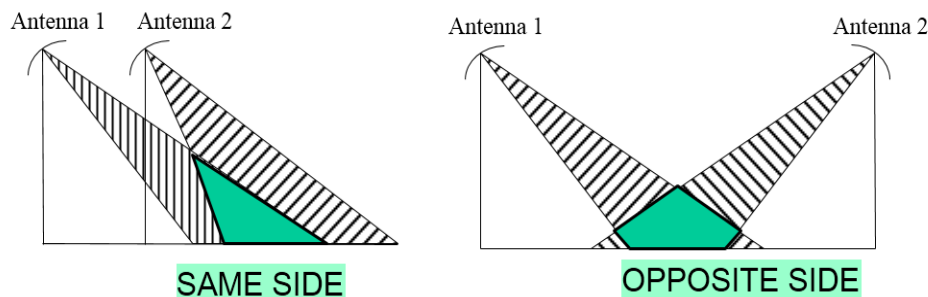


شکل (۷): گردش کار روش ارائه شده

طی ماموریت TanDEM-X تا اواخر سال ۲۰۱۴ نقشه ی نواری تک گذر^۷ تداخل سنجی کل جهان تهیه خواهد شد که به عنوان داده ی قبل از حادثه در دسترس قرار خواهد گرفت. و پس اتمام ماموریت تنها نیاز به تهیه داده های تداخل سنجی به روز شده می باشد. مشکل استفاده از این منبع دوره تناوب ۱۱ روزه ی آن می باشد که این بازه زمانی برای موضوع مورد نظر بسیار طولانی می باشد و باعث می شود که بسیاری از آثار تخریبی در این مدت از بین رفته و در نتیجه باعث کاهش همبستگی بین داده های قبل و بعد از وقوع حادثه شده و به مراتب امکان تشخیص تغییر را کاهش و یا حتی غیر ممکن می سازد. می توان گفت که با داده های حاصل TanDEM-X، به عنوان پایگاه داده برای قبل از وقوع حادثه مورد استفاده قرار داد و البته برای بعد از وقوع تغییرات، روش های رادار گرامتری می تواند یک روش پایه و موثر جهت دستیابی سریع و جامع اطلاعات به منظور آنالیز تغییرات مورد استفاده قرار گیرد. به ویژه زمانی که داده های نواری با کیفیت در دسترس نباشد. روش های مورد

^۷ Single Pass

استفاده در آنالیز داده ی بعد از وقوع حادثه با استفاده از یک تصویر SAR تنها می تواند اطلاعات ۲ بعدی از صفحه را مورد آنالیز قرار دهد. به عنوان مثال مناطق کوتاه شده^۸ و وارونه^۹ به دلیل تغییر زاویه میل تصویر برداری، به عنوان تغییر دیده می شود. با وجود دست یابی به اطلاعات ۳ بعدی از طریق آنالیز طول مناطق وارونه، این بخش به ساختمان های مجاور و زاویه ی ورودی^{۱۰} سنجنده بسیار وابسته می باشد و با تغییر هریک از موارد فوق، با تغییرات متفاوت تری مواجه خواهیم شد. برای پروسه رادارگرامتری ۲ تصویر SAR از ۲ زاویه ی تابشی متفاوت در نظر گرفته شده و اطلاعات ۳ بعدی از طریق نقشه ی اختلاف مشابه روش های استریو فتوگرامتری استخراج شده است. مطابق تحقیقات صورت گرفته توسط [10] و [13] ترکیبات رادارگرامتریک از یک جهت و از جهت مخالف مطابق شکل (۸) بوسیله TerraSAR-X به خوبی قابل تهیه می باشد.



شکل (۸): مشخصات هندسی عارضه از یک سمت (چپ) و از دو سمت مخالف (راست)

استفاده از ترکیبات تصویر از ۲ سمت مخالف باعث دریافت اطلاعات از هر دو ساختمان شده که در واقع باعث در نظر گرفتن تاثیر مجاورت ساختمان نیز می شود. سنجنده TerraSAR این ترکیبات را با دوره ی زمانی ۱ روزه که این زمان بسیار مناسب برای پروژه های تشخیص تغییرات است را در اختیار کاربران قرار می دهد. پس در هر دو تصویر حاصل از فرآیند تداخل سنجی فاز برای تصویر قبل از وقوع حادثه و نقشه اختلاف بعد از واقعه مطابق شکل (۷) ویژگی های معمول ساختمان استخراج می شوند. با استفاده از روش ارئه شده در [5] یک فیلتر وقتی بر روی داده های تداخل سنجی منطبق با نقشه اختلاف رادارگرامتریک اعمال می شود. در واقع چون فاز تداخل سنجی، به علت کاهش وابستگی زمانی ناشی از دوره ی تناوب ۱۱ روزه (زیاد بودن فاصله زمانی) دارای نویز می باشد؛ بنابراین یک نوع فیلترینگ وقتی مرکب از اطلاعات مکانی و منطقه ای به دلیل در نظر گرفتن موقعیت منطقه اعم از ساختمان ها، راه های ارتباطی و غیره انجام می گیرد. البته استفاده از تداخل سنجی تک گذر TanDEM که پشت سر TerraSAR اقدام به کسب اطلاعات می کند باعث کاهش میزان نویز شده و در نتیجه اطلاعات ارتفاعی ساختمان به سهولت استخراج می شود.

۴- منطقه ی مورد آزمایش و داده ها

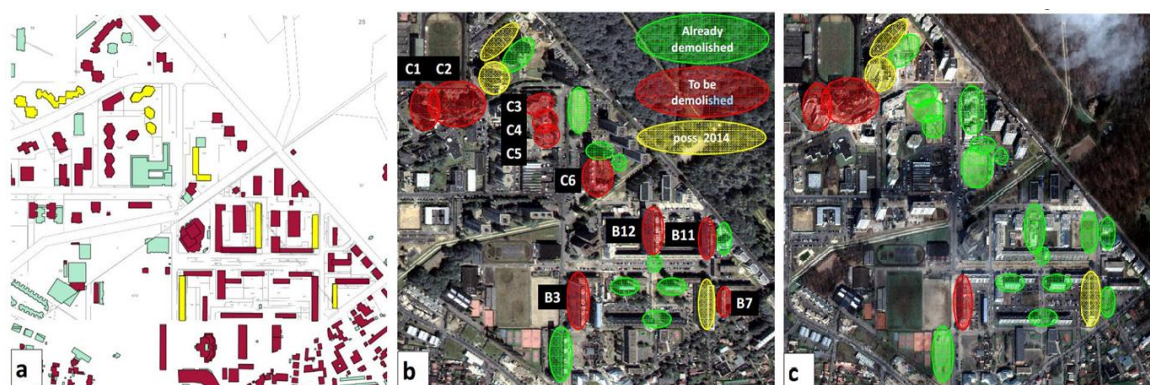
۴-۱. منطقه مورد آزمایش

منطقه مورد آزمایش Clichy-sous-Bois و Montfermil واقع در نزدیکی شهر پاریس تحت یک پروژه ی شهرسازی همراه با تخریب چندین ساختمان است که می تواند تغییرات بوجود آمده مورد تشخیص قرار گیرد. در واقع برخلاف حوادث غیر منتظره و غیر مترقبه، زمان و مکان ساختمان های تخریب شده معلوم می باشد. بنابراین تهیه ی داده های مورد نیاز برای قبل از وقوع حادثه و بعد از آن به مراتب آسان تر می باشد. شکل (۹) به ترتیب تصاویر مربوط به نقشه کاداستر مورد نظر و تصاویر کسب شده توسط سنجنده ی World Wiew II قبل و بعد از وقوع حادثه برای منطقه مورد نظر را نمایش می دهد.

^۸ Shorten Area

^۹ Layover Area

^{۱۰} Incidence Angle



شکل (۹): جانمایی ساختمان های منطقه ی مورد آزمایش از روی نقشه کاداستر (سبز) ، با استفاده از GPS و فتوگرامتری (قرمز) و ساختمان های تخریبی (زرد) (a)، تصویر Pan Sharp قبل از وقوع حادثه از منطقه مورد نظر به تاریخ ۰۶-۲۰۱۲ سنجنده WVII (b) و تصویر Pan Sharp بعد از وقوع حادثه از منطقه مورد نظر به تاریخ ۰۴-۲۰۱۳ سنجنده WVII (c) [20]

به طور کلی ۲۳ ساختمان در پروژه ی مورد نظر تخریب شده و از میان آنها فقط ۱۰ ساختمان در داخل منطقه ی مورد آزمایش قرار دارند. تنها ساختمان های تخریب شده بعد از آگوست سال ۲۰۱۲ که به رنگ زرد در شکل (b-۹) نمایش داده شده اند در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است که برخی شرایط غیر منتظره حاکم بر محدوده ی مورد اثر نیز حاکم است. به عنوان مثال وجود ماشین آلات ساختمانی و جرثقیل ها و غیره به دلیل نوع جابجایی های این نوع لوازم باعث وجود پراکنش های متفاوت شده و باعث مشکل شدن تشخیص آنها در داده های مختلف راداری SAR می شود. علاوه بر این فاصله ی زمانی کوتاه بین تخریب و عملیات های بازسازی و تغییرات خواسته و ناخواسته ی انسانی در این بازه منجر به نیاز به داده های رادارگرامتریک در بازه زمانی کوتاه می باشد.

۴-۲. داده های اکتسابی

جدول ۱ داده های مورد استفاده برای قبل و بعد از وقوع حادثه را برای منطقه مورد نیاز نمایش می دهد. که ستون های نارنجی برای گذر نزولی^{۱۱} و ستون های سفید برای گذر صعودی^{۱۲} را نمایش می دهد.

جدول ۱: داده های کسب شده برای قبل و بعد از وقوع حادثه

سبز: داده های رادارگرامتری و پاس دوگانه تداخل سنجی و قرمز: داده های رادار گرامتری و پاس یگانه تداخل سنجی [20]

Incident Angle (Degree)							
Degree	29	52	36	42	47	21	56
Pre Event	24.09.2012	25.09.2012	27.09.2012	30.09.2012	02.10.2012	03.10.2012	
	05.10.2012	06.10.2012	08.10.2012	11.10.2012	13.10.2012	14.10.2012	
					04.11.2012	05.11.2012	20.11.2012
Post Event	05.10.2012	06.10.2012	08.10.2012	11.10.2012	13.10.2012	14.10.2012	
					04.11.2012	05.11.2012	20.11.2012
	23.01.2013	24.01.2013	15.01.2013	18.01.2013	20.01.2013	01.02.2013	
	19.03.2013	20.03.2013	22.03.2013	25.03.2013	27.03.2013	28.03.2013	

در کل ۶ ترکیب گذر تکراری^{۱۳} با بیس لاین های متفاوت به منظور تعیین بهترین ترکیب مناسب برای تشخیص و بازسازی ساختمان مورد استفاده قرار گرفت. برای داده های بعد از وقوع حادثه نیز چندین ترکیب رادارگرامتری به منظور تعیین بهترین

^{۱۱} Descending Pass

^{۱۲} Ascending Pass

^{۱۳} Repeat Pass

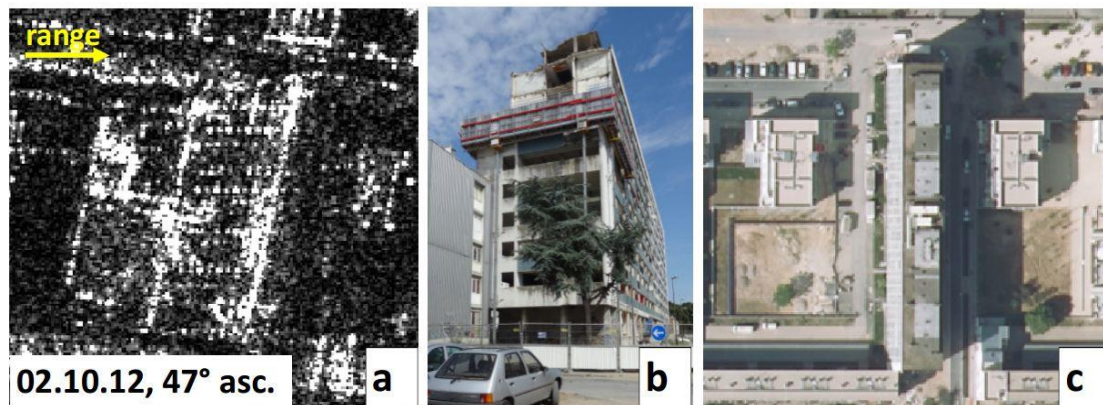
انطباق با تغییرات حاصل مورد آزمایش و تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در نهایت تصمیم به ترکیب ۶ زاویه ی ورودی موجود گرفته شد.

به منظور تعیین تمامی ترکیب های ممکن برای هر سازه برای قبل و بعد از وقوع حادثه و همچنین در نظر گرفتن تغییرات احتمالی آن اقدام به ترکیب ۶ زاویه ی ورودی موجود گرفته شد و حداقل ۳ داده از میان داده های موجود برای هر زاویه ی ورودی مورد استفاده قرار گرفت. جدول ۲ مراحل و تاریخ تخریب ساختمان های مورد نظر در داخل منطقه ی آزمایش و شکل های (۱۰) الی (۱۲) پراکنش بازگشتی ناشی تفاوت مراحل تخریب ، ظاهر شده در تصاویر SAR را برای ساختمان B12 نمایش می دهد [20].

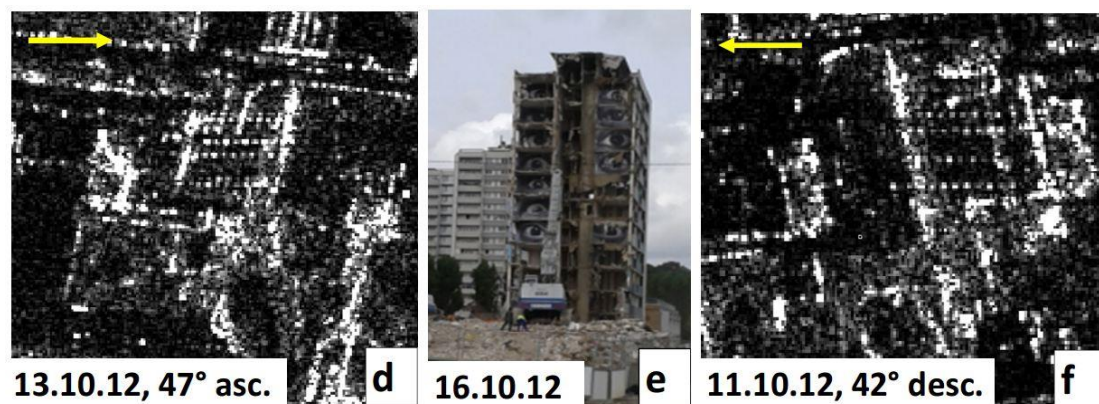
جدول ۲ : مراحل تخریب ساختمان های مورد نظر و میزان پیشرفت بازسازی آنها

سبز : ساختمان های پا برجا - زرد : در حال تخریب - نارنجی : تخریب کامل - بنفش : ساختمان جدید [20]

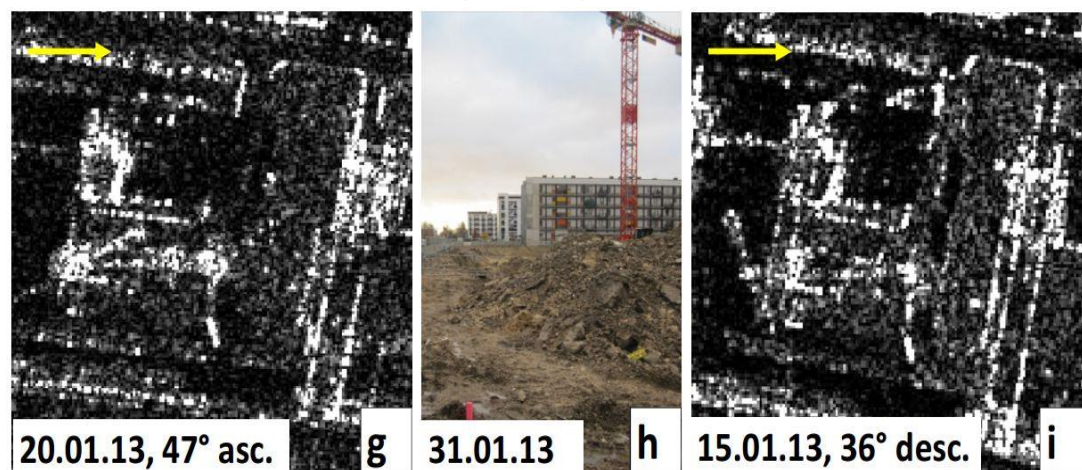
	B3	B7	B11	B12	C1	C2	C3	C4	C5	C6
24.09.2012										
25.09.2012										
27.09.2012										
30.09.2012										
02.10.2012										
03.10.2012										
05.10.2012										
06.10.2012										
08.10.2012										
11.10.2012										
13.10.2012										
14.10.2012										
04.11.2012										
05.11.2012										
20.11.2012										
15.01.2013										
18.01.2013										
20.01.2013										
23.01.2013										
24.01.2013										
01.02.2013										
19.03.2013										
20.03.2013										
22.03.2013										
25.03.2013										
27.03.2013										
28.03.2013										



شکل (۱۰): نمای ساختمان B12 قبل از تخریب در تصویر SAR



شکل (۱۱): نمای ساختمان B12 در حین تخریب در تصویر SAR



شکل (۱۲): نمای ساختمان B12 بعد از تخریب در تصویر SAR

البته همان طور که تصاویر فوق نیز گویا است هنوز بقایای تخریب ساختمان مورد نظر حاوی پراکنش بازگشتی می باشد. شکل (۱۲) که مربوط به مراحل پایانی تخریب می باشد حتی با وجود حذف آثار خرابی نیز با پراکنش بازگشتی از این قسمت نیز مواجه هستیم که این به دلیل وجود سطوح لامبرتین^{۱۴} حاصلی، می باشد.

^{۱۴} Lambertian Surface

در مجموع زمان تخریب ساختمان ها تقریباً ۳ هفته به طول انجامید و ۶ داده با زوایای تابش متفاوت در طول ۹ روز تهیه شدند؛ سپس به دلیل اینکه ممکن است در این مدت تغییراتی بین دو مجموعه داده صورت گیرد ، بنابراین به جهت کاهش تغییرات احتمالی فقط زوج تصاویری که در عرض ۳ روز کاری تهیه شده اند مورد استفاده قرار گرفت (مطابق جدول ۳).

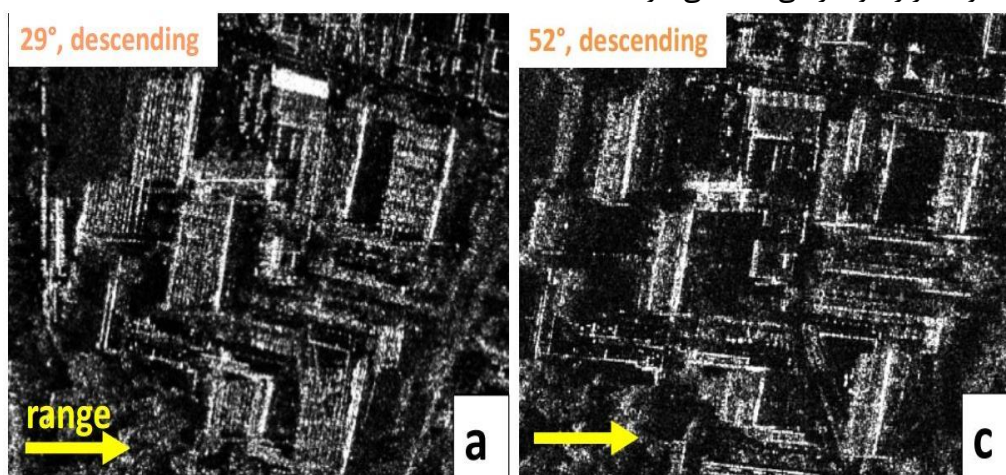
جدول ۳: ترکیبات متفاوت رادارگرامتریک برای زوایای تقاطع کوچکتر و بزرگتر از ۱۵ درجه [20]

	Same Side (Degree)		Opposite Side (Degree)
>15			29-47
	21-47	Ascending	42-21
	29-52	Descending	52-21
			52-36
<=15	29-42	Descending	29-21
	42-52	Descending	29-36
	21-36	Ascending	42-36
	36-47	Ascending	42-47
			52-47

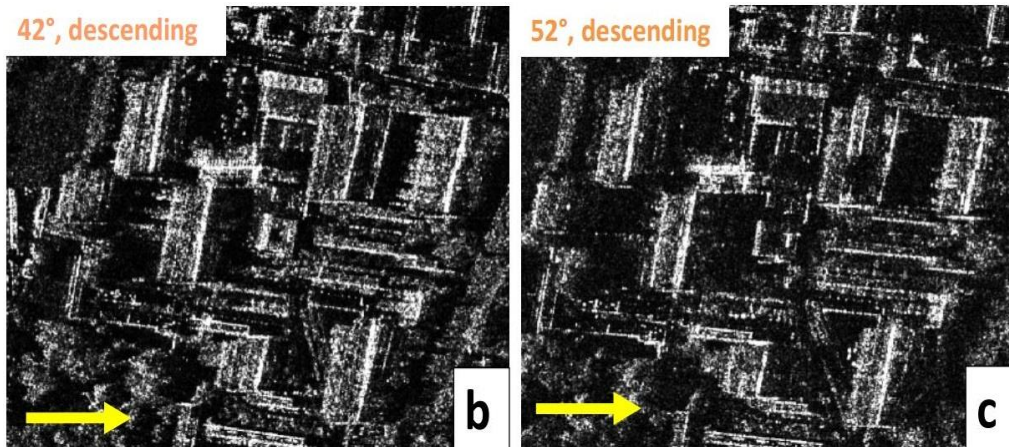
۵- پروسه‌ی رادار گرامتریک

۵-۱. تجزیه و تحلیل نظری

چالش اصلی در بازسازی ۳ بعدی بوسیله‌ی دید استریو (فتوگرامتری و رادارگرامتری) پیدا کردن یک واسطه بین قدرت رادیومتریکی و تخمین پارالاکس مثل بافت و مشخصات هندسی خوب می باشد ؛ که بایستی از طریق ترکیبات متفاوت داده ها به منظور دست یابی به نتایج مناسب این موارد رعایت شود ، به طوری که تصاویر استریو از همان سمت عارضه ، دارای میزان شباهت بالا و تمایز رادیومتریکی مناسب می باشد اما پارالاکسی کوچک، هنوز موجود می باشد. استفاده از زاویه تقاطع بالا، میزان پارالاکس را افزایش می دهد اما میزان شباهت را کاهش می دهد؛ پس در کل بایستی یک مصالحه بین میزان پارالاکس و شباهت برقرار شود. شکل های (۱۳) و (۱۴) نتایج حاصل از تفاوت زوایای تقاطع را نمایش می دهد به طوری که تصاویر شکل (۱۴) بسیار شبیه تر از شکل (۱۳) می باشند پس می توان گفت در صورتی که زاویه تقاطع در بازه حاده باشد مصالحه ی ذکر شده بین میزان شباهت و تمایز رادیو متریکی ایجاد می شود [20].

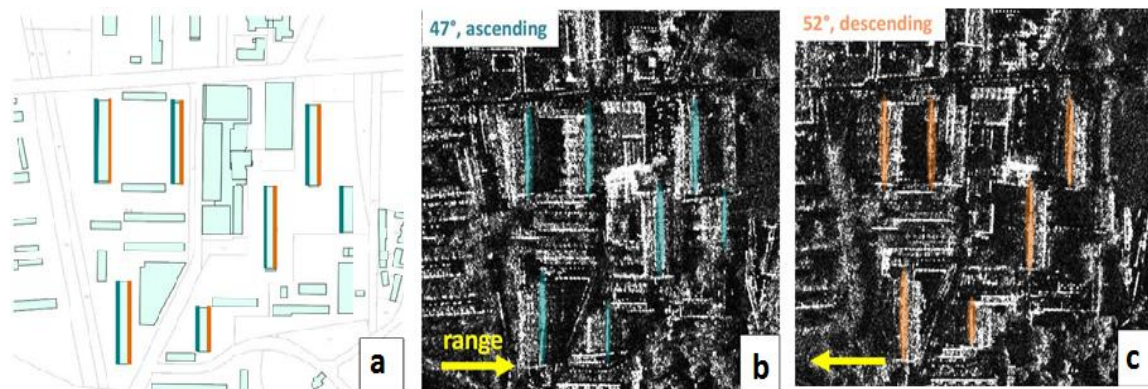


شکل (۱۳): مقایسه ۲ تصویر مرجع شده نسبت به هم از سمت مخالف



شکل (۱۴): مقایسه ۲ تصویر مرجع شده نسبت به هم از سمت مخالف

البته این ملاحظات برای تصاویر از دو جهت مخالف نیز برقرار است؛ منتهی میزان شباهت در تصویر از یک سمت، بزرگتر از میزان شباهت از دو سمت مخالف می باشد. اما در عوض در حالت تصویر از دو سمت مخالف اطلاعات کمتری از عارضه یا صحنه از دید پنهان می شود پس نتایج حاصل از تمامی این موارد در رابطه با تعیین نقشه اختلاف مورد نظر که از طریق وابستگی رادیومتریکی و همبستگی بین دو تصویر به دست می آید را دچار چالش می کند. همان طور که در شکل (۱۵) نمایش داده شده است، نقاطی که در تصاویر SAR به صورت مشابه به نظر می رسند، متعلق به همان نقاط در واقعیت نمی باشند. این به دلیل زاویه ی میلی که سنجنده ها به جهت تصویربرداری در گذرهای صعودی و نزولی دارند، حاصل می شوند. در واقع به دلیل خاصیت وارونگی حاصل، خطوط گوشه سمت چپ (سبز) شکل (a - ۱۵) در گوشه سمت راست گذر صعودی شکل (b - ۱۵) دیده می شود و همچنین خطوط گوشه سمت راست (نارنجی) در گوشه سمت چپ گذر نزولی شکل (c - ۱۵) ظاهر می شود. به علاوه اینکه خطوط گوشه سمت راست (نارنجی) در گذر افزایشی به دلیل اینکه در داخل سایه های ساختمان می باشد قابل مشاهده نیستند و بالعکس.

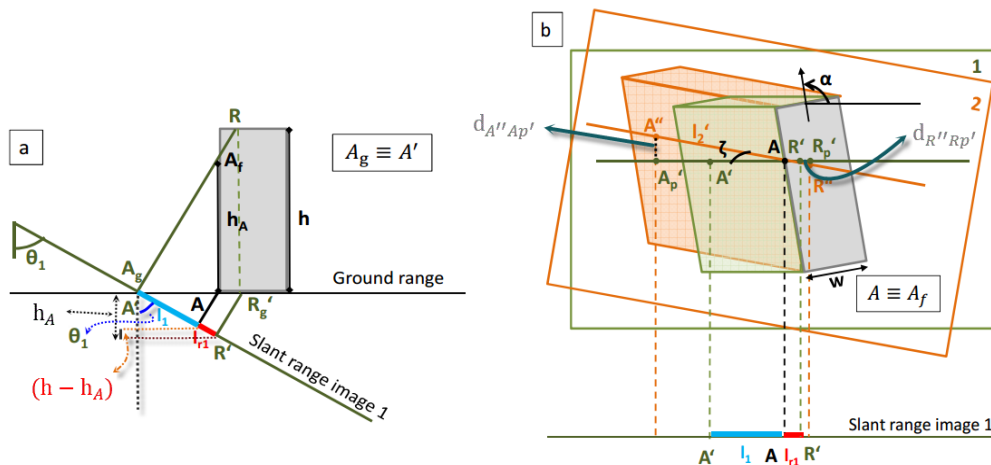


شکل (۱۵): نمای گوشه های چپ (سبز) و راست (نارنجی) ساختمان ها در منطقه مورد نظر و پدیده ی وارونگی در گوشه های

چپ (سبز) و راست (نارنجی) ساختمان ها در تصاویر SAR مربوطه [20]

در نهایت شرایط بوجود آمده ناشی از گذر صعودی، تاثیر هندسه ایی پلار SAR را در موقعیت ساختمان نمایش می دهد. پس جهت تسریع و کارآمد پروسه تطابق، مطابق روش ارائه شده توسط [12] بایستی هندسه ایی پلار تشکیل شود که در نتیجه باعث کاهش خطاهای ناشی از تطابق می شود. برای داده های SAR این انتقال به هندسه از طریق یک تبدیل پروجکتیو از یک تصویر به تصویر دیگر در طول مورب با توجه به اینکه زاویه ی چرخش از طریق اختلاف رئوس زوایای بین دو تصویر γ و فاکتور مقیاس تابعی از زوایای تابش θ_1 و θ_2 می باشد، انجام می گیرد. البته میزان γ برای تصاویر استریو از یک سمت، بین ۲ تا ۴ درجه می باشد. به علاوه اینکه این تبدیل خود نیز دوباره اثرات جانبی دیگری برای مناطق وارونه حاصل می آورد، که در نهایت باعث

بروز مشکلاتی در مرجع کردن ۲ تصویر نسبت به هم^{۱۵} نیز می شود [9] و [19]. شکل (۱۶) به صورت شماتیک این اثرات را نمایش می دهد



شکل (۱۶): تاثیر زاویه میل بر روی ساختمان و مرجع شدن ۲ تصویر نسبت به هم

مطابق شکل فوق نقطه A یک نقطه در منطقه ی وارونه به عنوان مجموع حاصل از ۳ نقطه واقعی A_g نقطه ای روی زمین و A_f نقطه روی نما^{۱۶} و R نقطه روی سقف در محدوده ی مورد نظر می باشد که به ترتیب با A' ، A و R' برای تصویر ۱ نمایش داده شده اند. همان طور که از شکل فوق مشاهده می شود ۲ نقطه ی A' و A'' به ترتیب برای تصویر ۱ و ۲ در یک خط قرار ندارند، و مربوط به ۲ نقطه ی زمینی مجزا می باشند. همین طور برای نقاط سقفی R' و R'' نیز وضعیت به همین صورت می باشد. لذا به منظور تعیین تاثیر این خطا برای پروسه ی تطابق بایستی فواصل $d_{A'Ap'}$ و $d_{R'Rp'}$ مربوط به شکل (۱۶) برآورد شود.

مطابق نتایج حاصل توسط [6] طول منطقه ی وارونه l_1 از نقطه A تا A' با استفاده از معادله ۱ به دست می آید.

$$\begin{cases} l_1 = h_A \cdot \cos(\theta_1) \\ l_{r1} = (h - h_A) \cdot \cos(\theta_1) \end{cases} \quad (1)$$

که h_A ارتفاع نقطه ی A_f در طول l_{r1} طول A تا R' می باشد. تاثیر مقیاس گذاری تصویر ۲ بر تصویر ۱ طول l_1 و l_{r1} مطابق معادله ۲ می باشد.

$$l_2' = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} l_2 \quad (2)$$

l_2' طول l_2 بعد از مقیاس گذاری روی تصویر ۱ می باشد در نتیجه طول $d_{A'Ap'}$ و $d_{R'Rp'}$ از طریق معادله ۳ به دست می آید.

$$\begin{cases} d_{A'Ap'} = l_2' \cdot \sin(\zeta) \\ d_{R'Rp'} = l_{r2}' \cdot \sin(\zeta) \end{cases} \quad (3)$$

می توان استنباط کرد که معادله ی ۳ وابسته به ارتفاع نقطه A، عرض ساختمان (w) و زاویه ی توجیه α می باشد.

۵-۲. تجزیه و تحلیل تجربی

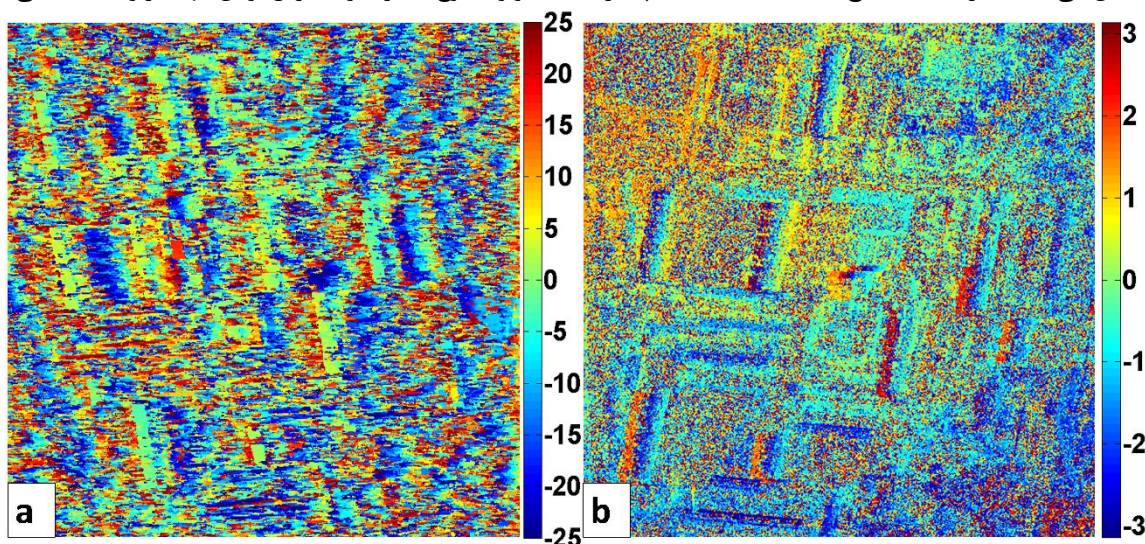
روش های متفاوتی به جهت تطابق در سالهای اخیر ارائه شده است که بین ۲ روش مبتنی بر شدت به عنوان نمونه مقاله ارائه شده توسط [8] و روش مبتنی بر عارضه به عنوان نمونه مقاله ارائه شده توسط [14] و [15]؛ معمول می باشد. در این مقاله از روش تطابق مبتنی بر شدت با استفاده از حداکثر همبستگی نرمالیزه شده استفاده شده است که یکی از دقیق ترین روش ها در

^{۱۵} Coregistration

^{۱۶} Façade Point

تطابق می باشد. نتایج حاصل نشان می دهد که در صورتی که ترکیبات رادارگرامتریک بین ۴۲ الی ۵۲ درجه یعنی در بازه ی حاده باشد ، با بیشترین میزان شباهت مواجه خواهیم شد.

تصاویر با استفاده از نقاط کنترل انتخابی نسبت به هم مرجع شده و سپس روش تطابق مبتنی بر همبستگی برای الگوهای متفاوت آزمایش شدند. همان طور که در شکل (۱۷) مشاهده می شود با وجود نویز سراسری و کلی، هنوز ساختمان ها قابل تشخیص می باشند. در نتیجه، نتایج بدست آمده به ابعاد پنجره جستجو و به نوع سطری و یا کرنل بودن آنها نیز وابسته می باشد.



شکل (۱۷): نقشه اختلاف برای منطقه مورد نظر [20]

۶- نتیجه گیری

در این مقاله اقدامات اولیه برای تشخیص تغییرات در مناطق شهری برای یک منطقه محدود تنها با استفاده از داده های SAR و تداخل سنجی SAR ارائه شد. سپس از ترکیب تنظیمات متفاوت، برای تداخل سنجی و رادارگرامتری به منظور تعیین بهترین ترکیب مورد استفاده قرار گرفت که به مراتب تاثیر مرجع کردن دو تصویر نسبت به هم و تاثیر رئوس زوایا در این امر بسیار مهم جلوه نمود. نتایج به دست آمده در این روش نسبت به روش های ارائه شده در تعیین مقادیر ارتفاع به مراتب بهتر می باشد؛ به علاوه اینکه می توان برای پروژه های آتی قسمتی از مراحل پروسه را به صورت اتوماتیک مطابق روش ارائه شده توسط [4] انجام داد.

مراجع

- [1] Auer. S., Gisinger, C., Bamler, R., 2012. Characterization of SAR image patterns pertinent to individual façades. In: Proceedings of IGARSS 2012, Munich, Germany, pp. 3611-3614.
- [2] Balz, T., Liao, M., 2010. Building-damageusing post-seismic high-resolution SAR satellite data. In: International Journal of Remote Sensing, 31:13, pp. 3369-3391.
- [3] Brunner, D., Lemoine, G., Bruzzone, L., 2010. Earthquake Damage Assessment of Buildings Using VHR Optical and SAR Imagery. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 48, No. 5, pp. 2403-2420.
- [4] Dellinger, F., Delon, J., Gousseau, Y., Michel, J., Tupin, F., 2012. SAR-SIFT : a SIFT-like algorithm for applications on SAR images. In: Proceedings of IGARSS 2012, Munich, Germany, pp. 3478-3481.
- [5] Dubois, C., Thiele, A., Hinz, S., 2012. Adaptive Filtering of Interferometric Phases at Building Location. In: Proceedings of IGARSS 2012, Munich, Germany, pp. 6625-6628.

- [6] Goel, K., Adam, N., 2012. Three-Dimensional Positioning of Point Scatterers Based on Radargrammetry. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 50, No. 6, pp. 2355-2363.
- [7] Guida, R., Iodice, A., Riccio, D., 2010. Monitoring of Collapsed Built-up Areas with High Resolution SAR Images. In: Proceedings of IGARSS 2010, Honolulu, Hawaii, pp. 2422 – 2425.
- [8] Leberl, F., Maurice, K., Thomas, J.K., Millot, M. 1994. Automated radar image matching experiment. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 49, No. 3, pp. 19-33.
- [9] Leberl, F.W., 1998. Radargrammetry. In: Manual of Remote Sensing, Vol. 2, Chap. 4, pp. 183-269.
- [10] Liu, L., Zhang, F., Wu, Q., Wang, G., 2011. Building footprint extraction by fusing dual-aspect SAR-images. In: Proceedings of IGARSS 2011, Vancouver, Canada, pp. 1866-1869.
- [11] Matsuoka, M., Yamasaki, F., 2004. Use of Satellite SAR Intensity Imagery for Detecting Buildings Areas Damaged Due to Earthquakes. In: Earthquake Spectra, Vol. 20, No. 3, pp. 975-994.
- [12] Méric, S., Fayard, F., Pottier, E., 2009. Radargrammetric SAR image processing. In: Geoscience and Remote Sensing, Pei-Gee Peter Ho, InTech, pp. 421-454.
- [13] Raggam, H., 2006. Surface Mapping using Image Triplets: Case Studies and Benefit Assessment in comparison to stereo image processing. In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 72, No. 5, pp. 561-563.
- [14] Simonetto, E., Oriot, H., Garelo, R., 2005. Rectangular Building Extraction from Stereoscopic Airborne Radar Images. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 10, pp. 2386-2395.
- [15] Soergel, U., Michaelsen, E., Thiele, A., Cadario, E., Thoennessen, U., 2009. Stereo-analysis of high-resolution SAR images for building height estimation in cases of orthogonal aspect directions. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Elsevier, Vol. 64, No. 5, pp. 490-500.
- [16] Tao, J., Auer, S., Reinartz, P., 2012. Detecting changes between a DSM and a high resolution SAR image with the support of simulation based separation of urban scenes. In: Proceedings of EUSAR 2012, Nuremberg, Germany, pp. 95-98.
- [17] Thiele, A., Cadario, E., Schulz, K., Thoennessen, U., Soergel, U., 2007. Building Recognition from Multi-Aspect High Resolution InSAR Data in Urban Area. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45, No. 11, pp. 3583-3593.
- [18] Thiele, A., Wurth, M.M., Even, M., Hinz, S. 2013. Extraction of Building Shape from TanDEM-X data. In: Proceedings of ISPRS Hannover Workshop 2013, in press.
- [19] Toutin, T., Gray, L., 2000. State-of-the-art of elevation extraction from satellite SAR data. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Elsevier, Vol. 55, pp. 13-33.
- [20] Dubois, C., Thiele, A., & Hinz, S., 2013. Towards Change Detection in Urban Area by SAR Interferometry and Radargrammetry. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1(1), 99-104.