

حذف خطای سایه با استفاده از تصاویر صعودی و نزولی سنجنده ی ERS1,2 (منطقه مطالعاتی : ارتفاعات شمال تهران)

سید علی الحسینی المدرسی^۱، علی اکبر جمالی^۲، رضا قربانی^{۳*}

- ۱- دکتری ژئومورفولوژی، استادیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی یزد
- ۲- دکتری تخصصی در علوم و مهندسی ابخیزداری، استادیار و هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - میبد
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه آزاد یزد

چکیده:

هدف اصلی در این پژوهش حذف کردن لکه هایی که ناشی از خطای سایه در روی DEM ایجاد شده توسط تصاویر راداری با استفاده از تصاویر صعودی و نزولی سنجنده ی ERS1,2 می باشد. خطای سایه هنگامی رخ می دهد که به دلیل نرسیدن سیگنال رادار به برخی از مناطق در روی سطح زمین هیچ گونه بازتابی نیز از آن مناطق بازتاب نمی شود و در سنسور دریافت نمی گردد. پس در نتیجه هیچ اطلاعاتی از آن محدوده نخواهیم داشت و داده ها از بین می رود و آن منطقه دچار shadow می گردد. خطای سایه رابطه ی مستقیمی با میزان زوایای تصویربرداری دارد (بخصوص Depression angle) زیرا هرچه از سمت نادیر به سمت far range حرکت کنیم میزان سایه افزایش می یابد. این مشکل هم در تصاویر صعودی وجود دارد و هم در تصاویر نزولی هرگاه ماهواره از قطب جنوب به سمت قطب شمال حرکت کند تصاویر صعودی و هرگاه از قطب شمال به سمت قطب جنوب حرکت کند تصاویر نزولی را می گیرد. مناطقی از تصویر که دچار خطای سایه شده اند (هم در تصویر صعودی و هم در تصویر نزولی) به طور قطع در تصویر دیگر به دلیل اینکه زاویه دید سنجنده تغییر می کند دارای بازتاب خوبی می باشد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر صعودی و نزولی سنجنده ی ERS1,2 از منطقه ی مطالعاتی دو DEM تهیه کردیم و با ترکیب کردن آنها، ابتدا خطای سایه را حذف و سپس مدل رقومی تهیه شده از منطقه را با نقشه ی توپوگرافی موجود در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و همچنین با یکسری ایستگاه GPS ثابت از نظر ارتفاعی مقایسه نمودیم.

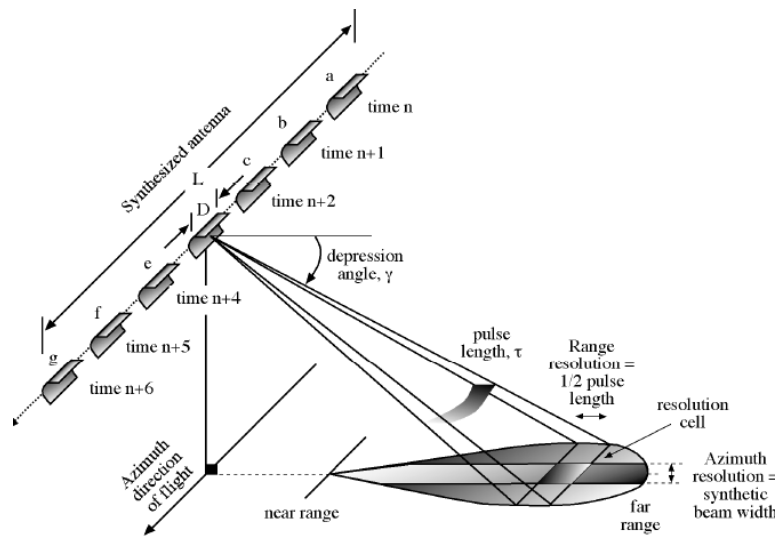
واژه های کلیدی: صعودی، نزولی، سایه، اینترفرومتری راداری



مقدمه

RADAR مخفف Radio Detection And Ranging, به معنی شناسایی و اندازه گیری امواج رادیویی می باشد. طول موج ماکروویو از 1mm تا 1m را شامل می شود. اما طول موجی که رادار برای اندازه گیری استفاده می کند از 1cm تا 40cm می باشد (Fielding, etc, 2004). پنجره های اتمسفری از 1mm اجازه ی عبور امواج رادیویی را می دهند اما کمی مشکل ایجاد می کنند ولی از 1cm دیگر اجازه ی عبور امواج راداری را کامل می دهند. از 75cm تا 1m, امواج رادیویی برای انسان ضرر دارند. از 45cm تا 70cm هم مربوط می شود به امواج پلیس,مخابرات و ...نمیتواند در این بازه هم بفرستد چون که قفل می شود. با توجه به این که کار رادار شناسایی و اندازه گیری امواج رادیویی است پس انتظاری که ما هم از رادار داریم یک چنین انتظاری است. یعنی این که برای ما فاصله سنجی کند. این فاصله سنجی می تواند جهت تولید داده های سه بعدی و یا تکنیک تداخل سنجی و سنجش دقیق تغییرات پوسته ی زمین باشد. ما دو نوع سنجنده ی راداری داریم, سنجنده های راداری Active و سنجنده های راداری Passive.

ان دسته از سنجنده هایی که خودشان موج را نمی فرستند و فقط طول موج ماکروویو ساطع شده از سطح زمین را ثبت کنند از نوع Passive می باشند که به رادار غیر فعال معروف اند. اما سنجنده های راداری Active, این سنجنده ها به دو دسته ی تصویرساز و غیر تصویرساز تقسیم می شوند. Non-Imaging ها هیچ گونه تصویرسازی ندارند ولی Imaging ها تصویرسازی دارند و هر دوی این ها جزو سنجنده های Active حساب می شوند. سنجنده های غیر تصویرساز, خود به دو دسته ی Scaterometr و Altimeter که برای فاصله سنجی است تقسیم می شوند, در حالت Altimeter, فاصله را به ما می دهد و در حالت Scaterometr فقط به ما نشان می دهد که چه شئی دارد به ما نزدیک و یا دور می شود مانند رادارهایی که در برج مراقبت است, مرتباً جاروب می کنند (Talebian, etc, 2004). روش اندازه گیری Altimeter و Scaterometr بدین گونه است که موج را ارسال کرده, زمان را نگه داشته و بعد موج برگشتی را دریافت کرده, زمان را اندازه گیری می کنند و بعد تقسیم بر ۲ و ضرب در سرعت نور کرده و فاصله را بدست می آورد(این روش اندازه گیری فقط برای این است که ببینیم چه شئی به ما نزدیک یا دور و یا اندازه ی سرعت آن چقدر است, چون خود شئی سرعت دارد, میزان خطایی که این روش می دهد در آن تاثیر زیادی ندارد). اما Imaging ها, ما دو نوع رادار Imaging داریم, یکی رادارهای RAR و دیگری رادارهای SAR (این دو مدل رادار, دو مدل اصلی برداشت تصویر راداری هستند). RAR به معنی رادار با انتن واقعی و SAR به معنی رادار با انتن مصنوعی می باشد. RAR قدیمی و SAR جدید است. سیستم RAR در واقع بدین صورت است که یک انتنی که حداکثر بین 1-15 متر طول دارد قرار می گیرد روی سکو. در سیستم SAR نیز به همین شکل است, یک انتن قرار می گیرد روی Platform اما با استفاده از روش های ریاضی آن 11m یا 15m تبدیل می شود به 15Km (این کار را به روش های ریاضی خود سنجنده انجام می دهد) (Mirbagheri, 2001).



شکل ۱- انتن مجازی SAR

در سال 1999، NASA یک شاتل به نام SRTM را طراحی و به فضا پرتاب کرد تا از زمین مدل رقومی ارتفاعی تهیه کند. این مدل با دقت ارتفاعی 90m تهیه شد و این تنها مدل ارتفاعی است که مجانی در اختیار همگان قرار دارد. طول شاتل 200m بود که توانستند 80m انتن روی آن قرار دهند تا به دقت 90m رسیدند که بعضی نقاط نیز به دلیل خطای سایه دچار کجلی می شدند. ما نمی توانیم روی Platform، 5 متری انتنی بزرگتر از 15m قرار دهیم چون که لنگر می اندازد و ماهواره را از مدار خارج می کند. لذا تکنولوژی عوض شد و RAR تبدیل شد به SAR و مدل رقومی با دقت 90m تبدیل شد به مدل رقومی با دقت 2m و 3m. رادار به صورت مایل تصویربرداری می کند، چیدمان هندسی تصاویری که به صورت راداری اخذ می شوند با چیدمان هندسی تصاویری که به صورت Optic اخذ می شوند فرق دارد (لی و والاس، 1995). لذا رادار یک سنجنده ی پهلونگر است، ممکن است این پهلونگری رادار به سمت چپ یا راست باشد. رادار چه هوابرد باشد چه فضابرد در هر دو حالت می تواند یک محدوده از زمین را تصویربرداری کند که به آن محدوده؛ پهنای تصویر می گویند (Aki, K., and Richards, P. G., 1980).

هر کدام از سنجنده های راداری در یک باند خاص تصویربرداری می کنند. نمونه هایی از سنجنده های راداری را در جدول ۱ می کنید:

جدول ۱- برخی از سنجنده های راداری به همراه مشخصات آنها

سنجنده	تاریخ پرتاب	مدت زمان مأموریت	طول موج	پلاریزاسیون	رزولوشن مکانی
Seasat	June 1978	105 days mission	L- band	HH	25 m
SIR-A	Nov. 1981	2.5 days mission	L- band	HH	40 m
SIR-B	Oct. 1984	8 days mission	L- band	HH	about 25 m
SIR-C	April and Sept. 1994	10 days each	X- C- L- bands	(HH, VV, HV, VH) multipolarization	10-30 m
JERS-1	1992-1998	-	L-band	-	15-30 m
RADARSAT	Jan. 1995-now	-	C- band	HH	10, 50, and 100 m
ERS-1, 2	July 1991-now	-	C- band	VV	20-30 m
ALOS PALSAR	2006	-	L- band	-	100m

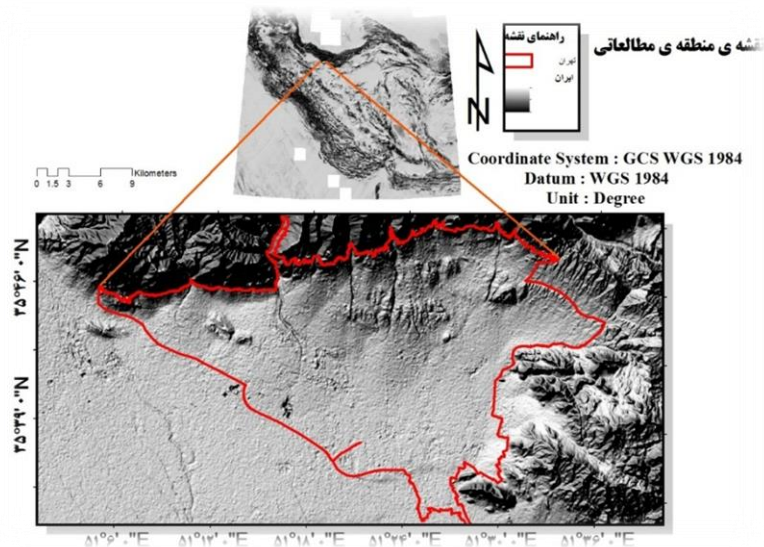


ماهواره ای که ما برای این پژوهش استفاده کردیم سری ماهواره های ERS هست که تشکیل شده از ERS1 و ERS2. این دو ماهواره یک پریود زمانی ۲۴ ساعته باهم دارند یعنی اینکه ERS2 position ۲۴ ساعت بعد از ERS1 position هست. از این دو ماهواره به خاطر پریود زمانی کوتاهشان برای DEM سازی در محدوده ی c-band استفاده می شود. ERS مخفف european remote sensing هست که جز اولین برنامه ی اژانس فضایی اروپا بود، ERS1 در تاریخ ۱۷ جولای ۱۹۹۱ از پایگاه فضایی گایانا فرانسه پرتاب شد. ERS1 دارای ۵ سنسور به نام های -AMI,RA- 1,LRP,PRARE,ATSR می باشد که ما با استفاده از سنسور AMI عملیات اینترفرومتری را انجام دادیم. فضاپیمای ERS2 در تاریخ ۲۱ آوریل ۱۹۹۵ از پایگاه فضایی kourou فرانسه به فضا پرتاب شد و دارای ۶ سنسور می باشد.

پیشینه ی تحقیقاتی:

پاکدامن و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش تداخل سنجی راداری ابعاد و دامنه ی فرونشست زمین در محدوده ی فرودگاه بین المللی امام خمینی در بازه ی زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با مشاهده ی مقادیر ایستگاه های ژئودتیک مستقر در محل مذکور مشخص گردید این فرودگاه در بازه ی زمانی مذکور بیش از ۱۵ سانتی متر دچار فرونشست زمین شده است. [1] کارهای زیادی در مورد زلزله بم با استفاده از روش تداخل سنجی راداری در جهان صورت گرفته است. از جمله می توان به کار فیلدینگ و همکاران و همچنین اولین کاری که در این مورد به چاپ رسید، کار طالبیان و همکاران بود که روی شکستگی ها و مناطق خرد شده بر اثر این زلزله کار کرده اند [2]. لی و گلدستاین در 1990 یک مدل خطا برای توپوگرافی ارائه کردند. آنها نشان دادند که حساسیت اندازه گیری های ارتفاعی با افزایش طول خط مبنا (base line) افزایش می یابد. [3] مسونت در سال ۱۹۹۵ سرعت جریان رودخانه های یخی قطب جنوب را با استفاده از تصاویر ERS1 که با فاصله ی ۶ روز برداشت شده بودند را مطالعه کرد. این اولین باری بود که سرعت جریان های یخی بطور مستقیم از فضا و بدون استفاده از نقاط کنترل زمینی اندازه گیری می شد. [4] بیتلی و همکاران در سال ۲۰۰۴ با استفاده از تصاویر ASAR به بررسی تغییرات زمین لغزش در منطقه ی کالیفرنیا پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد که تصاویر ASAR میزان لغزش را با دقت بسیار خوبی نسبت به نقاط کنترل زمینی برای ما تولید می کند [5] مسونت در سال ۱۹۹۵ سرعت جریان رودخانه های یخی قطب جنوب را با استفاده از تصاویر ERS1 که با فاصله ی ۶ روز برداشت شده بودند را مطالعه کرد. این اولین باری بود که سرعت جریان های یخی بطور مستقیم از فضا و بدون استفاده از نقاط کنترل زمینی اندازه گیری می شد. [6].

موقعیت منطقه مطالعاتی

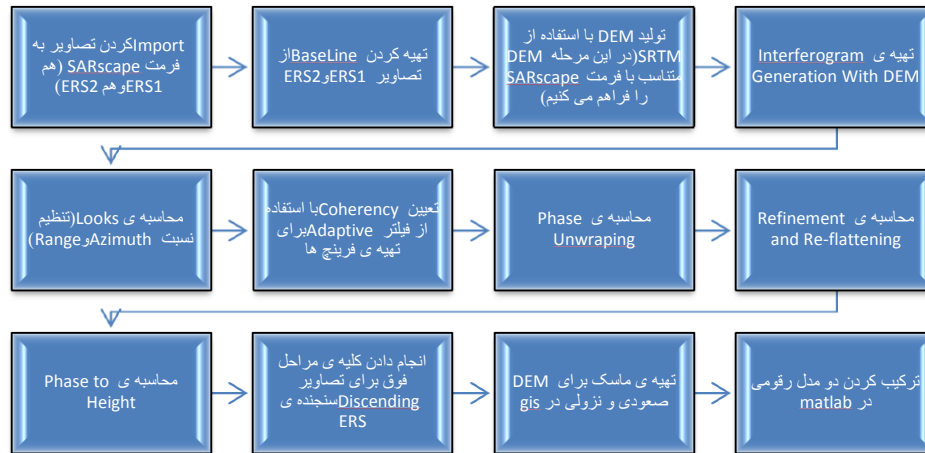


شکل ۲ - منطقه ی مطالعاتی



منطقه ی مورد مطالعه مان ارتفاعات شمال تهران بود که شامل هم مناطق دشتی و هم شامل مناطق توپوگرافی بود که در طول ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۶۰ دقیقه ی طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده بود.

مواد و روش ها :



برای اینکه ببینیم دو تصویر از نظر مکانی چقدر باهم فاصله دارند باید تخمین baseline کنیم بهترین baseline برای dem سازی بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر می باشد که در این پژوهش مقادیر این Baseline ها به ترتیب برابر 362.46 و 320.6 متر بود. ما یک رابطه ی کلی فاز داریم بین دو تصویر، موقعی که میخواهیم dem سازی کنیم دیگر اثر سایر فازها را نداریم و فقط اثر توپوگرافی باقی می ماند و فازها را در انتها تبدیل می کند به height .

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_{flat} + \Delta\varphi_{elevation} + \Delta\varphi_{displacement} + \Delta\varphi_{atmosphere} + \Delta\varphi_{noise}$$

دلتهای flat با فایل اصلاح مدار (orbit file) حذف می گردد، دلتای displacement به خاطر کوچک گرفتن بازه ی زمانی (که یک روز است) این دلتای نیز حذف می گردد، دلتای نویز و اتمسفر برای تأثیری است که فشار رطوبت بر روی فازها می گذارد و اصلی ترین عامل برای اغتشاش فازها است، اگر رطوبت زیاد نباشد تأثیر چندانی ندارد و آن را نادیده میگیرند در صورتی که بدانیم در تاریخ تصویربرداری هوا ابری نباشد. سه نوع فیلتر وجود دارد برای اینکه بتوانیم میزان coherency را محاسبه کنیم و هر کدام قابلیت های متفاوتی دارند که عبارت اند از : Adaptive.

Boxcar, Goldstein

فیلتر adaptive زمانی استفاده می کنیم که incoherency زیاد نداشته باشیم این فیلتر به فازها اصلا دست نمیزند و دقت را باقی نگه میدارد، فیلتر goldstein زمانی استفاده می کنیم که incoherency زیاد باشد و فرینچ ها قابل تشخیص نباشند لذا این فیلتر فازها را دستکاری می کند و تأثیر بسزایی در دقت می گذارد تا فرینچ ها را به طور واضح مشخص کند. در مرحله اصلاح و باز کردن فازها، به ازای همه ی پیکسل ها میزان جابجایی محاسبه می کند یعنی میگوید که کجا چند سانتی متر بالا آمده و کجا چند سانتی متر پایین رفته. باید همه ی تغییرات ارتفاعی را به ضریبی از پی تبدیل کند. کاری که این قسمت انجام می دهد این است که تمام توپوگرافی را شکسته و بین $-\pi$ تا π قرار می دهد. در مرحله بازبینی فرایند اثر توپوگرافی و اصلاح نهایی فازها و مدار ماهواره، کل کارهایی که از اول تا به حال انجام داده ایم را چک می کند تا هیچ ایرادی در کار وجود نداشته باشد و یک گزارش نهایی به ما می دهد



achievable RMS (m) = 4.124470000
 ori achievable RMS (m) = 1.000000000

ORBITAL REFINEMENT FAILED OR IT HAS NOT BEEN SELECTED
 THE PHASE RAMP CAN BE ESTIMATED
 ATTENING PROCESS IS MANDATORY BEFORE GENERATING THE FINAL PRODUCT

ial fitting:
 ial Type : = k0 + k1*rg + k2*az + k3*rg^2 + k4*az^2
 ial (Phase) = -8.0936817274
 817890
 8193177
 an Square error (m)= 0.5398601271
 ference between Unwrapped phase and phase ramp fitted (rad) = 0.0314187859
 i Deviation between Unwrapped phase and phase ramp fitted (rad) = 0.0455809474

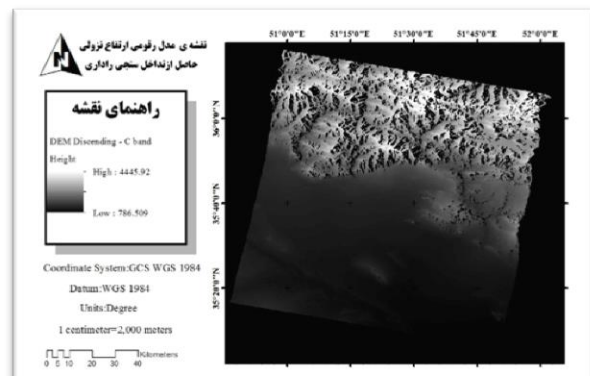
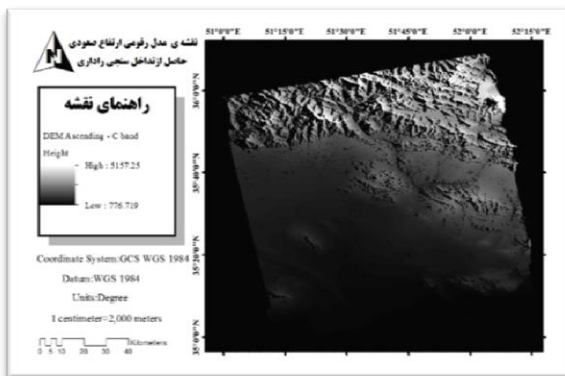
achievable RMS (m) = 3.8010490000
 ori achievable RMS (m) = 1.0000000000

ORBITAL REFINEMENT FAILED OR IT HAS NOT BEEN SELECTED
 THE PHASE RAMP CAN BE ESTIMATED
 ATTENING PROCESS IS MANDATORY BEFORE GENERATING THE FINAL PRODUCT

ial fitting:
 ial Type : = k0 + k1*rg + k2*az + k3*rg^2 + k4*az^2
 ial (Phase) = 9.9314094994
 125693
 819030
 an Square error (m)= 0.1358425680
 ference between Unwrapped phase and phase ramp fitted (rad) = 0.0010165584
 i Deviation between Unwrapped phase and phase ramp fitted (rad) = 0.0010201830

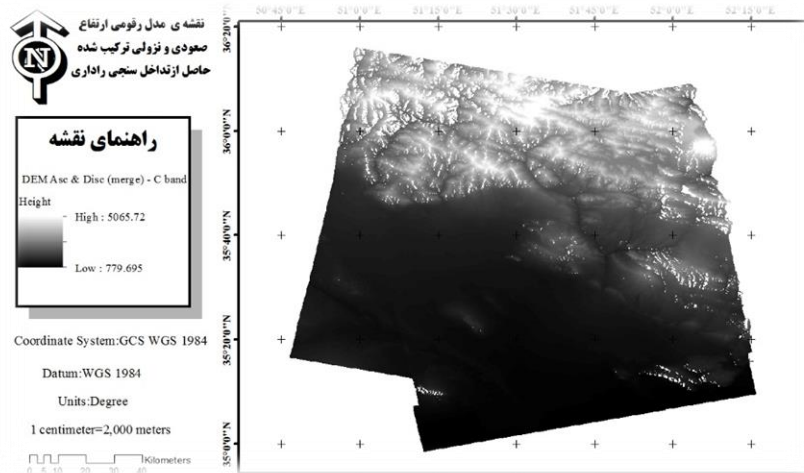
شکل ۳ - گزارش از کلیه ی مراحل انجام کار

در مرحله ی Phase To Height توپوگرافی برگردانده شده و مدل رقومی ارتفاع را برای ما تولید می کند، DEM تهیه شده ما بدون تلفیق دو تصویر Asc و Disc به شکل زیر می باشد، همان طور که ملاحظه می فرمایید مناطقی در تصاویر صعودی و نزولی وجود دارند که کاملا تیره هستند و value انها نیز به صورت nan می باشد، این مناطق همان shadow ها هستند



شکل ۴ - مدل های رقومی سایه دار

ما برای اینکه بتوانیم میزان این خطا را کم و یا حذف کنیم باید برای این dem ها یک mask تعریف کنیم و با استفاده از ان mask مناطق حاوی اطلاعات را از مناطق سایه دار حذف کنیم، روش تهیه ی تصویر ماسک بدین گونه بود که ابتدا مقادیری که به صورت NAN بودند تبدیل شدند به 0، و بعد از ان یک تصویر باینری از هر کدام این مدل های رقومی تهیه نمودیم که به صورت صفر و یک بود، مناطقی که صفر بودند شامل مناطق سایه دار به همراه فریم تصویر و مناطقی که یک بودند شامل مناطق ارتفاع دار بودند سپس با استفاده از این تصویر ماسک، تصاویر سایه دارمان را برش داده و انها را با هم ترکیب نمودیم، به گونه ای که مناطقی که Dummy داشتند value انها از تصویر دیگر و مناطقی هم که در هر دو تصویر دارای ارتفاع بودند ارتفاع میانگین را برای انها در نظر گرفت که مدل نهایی ان به صورت زیر می باشد.



شکل ۵ - ترکیب مدل رقومی بدون سایه

ما برای Validation و اعتبار سنجی از یکسری ایستگاه های gps در سطح منطقه استفاده کردیم و ارتفاع آن ها رو با مدل بدست آمده با رادار و نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ و همچنین با dem استر مقایسه کردیم که میزان اختلاف ارتفاع آنها را در زیر مشاهده میکنید:

جدول ۲ - مقایسه ی ارتفاع رادار با سایر مدل های رقومی

شماره ی ایستگاه	نام ایستگاه GPS	ارتفاع ایستگاه	ارتفاع رادار	اختلاف ارتفاع رادار با GPS	ارتفاع DEM استر	اختلاف ارتفاع استر GPS با	ارتفاع نقشه ی ۱:۲۵۰۰۰	اختلاف ارتفاع نقشه ی ۱:۲۵۰۰۰ با GPS
۱	ورام - ۱	851.2	852.13	+0.93	836.3	-14.9	958.82	+107.62
۲	کرج - ۱	2538.9	2553.04	+14.14	2510.4	-28.5	2583.71	+44.81
۳	اتوب - ۱	1408.3	1397.11	-11.19	1385.5	-22.8	1499.82	+91.52
۴	تهرا - ۱	1199.8	1196.27	-3.53	1181.6	-18.2	125614.07	-
۵	دماو - ۱	2108.2	1956.67	-151.53	2092.4	-15.8	2206.54	+98.34
۶	ابعلی	2714.5	2481.76	-232.74	2698.2	-16.3	2802.46	+87.96
۷	پیشوا	2631.2	2473.79	-157.41	2618.7	-12.2	2729.82	+98.62
۸	ایوان	974.2	990.84	+16.64	956.3	-17.9	1078.16	+103.96
۹	GARM	2513.37	2588.56	+75.19	2499.4	-13.97	2618.1	104.73
۱۰	TEHN	1194.58	1195.18	+0.6	1180.6	-13.98	125634.6	-
۱۱	ARNG	1865.53	2005.16	+139.63	1839.7	-25.83	1959.1	93.57
۱۲	GTCL	3775.17	3773.37	-1.8	3763.1	-12.07	3686.92	-88.25
۱۳	FOIM	996.32	989.19	-7.13	990.6	-5.72	1101.63	+105.31

نتیجه گیری:

نتایج حاصل از پردازش تصویری حاکی از آن است که هرچه از طول موج کوتاه تر در روش اینترفرومتری راداری استفاده کنیم برای تولید مدل رقومی ارتفاع، اطلاعات دقیق تری از سطح زمین را در اختیار ما قرار می دهد. همچنین استفاده از فیلترهای متفاوت، نتایج کارمان را تغییر چشم گیری میدهد. انچنان که دیدیم استفاده از فیلتر Goldstein در مناطق دشتی دارای دقت ارتفاعی مناسب و استفاده از فیلتر Adaptive هم در ارتفاعات دارای دقت ارتفاعی مناسبی بود (به علت اینکه فازها را دستکاری نمی کرد و دقت را نگه می داشت).



پیشنهادات:

- ✓ انجام این پروژه با data های دیگر مانند Tandem و یا data هایی با ماهواره های دیگر که baseline مکانی زیادی دارند تست شود
- ✓ در هنگام سفارش تصاویر راداری، بسته به هدفمان باید تاریخ داده هایمان را تعیین نماییم. مثلا اگر هدفمان تهیه ی مدل رقومی زمین است، تصویرمان طوری انتخاب شود که بر روی زمین برف وجود نداشته نباشد تا باعث بروز خطا در هنگام پردازش نگردد. در هنگام سفارش تصاویر باید هدف، روش کار و این که از این تصاویر استفاده ی تجاری نمی گردد و فقط جنبه ی علمی دارد به طور کاملا واضح برای اژانس فضایی اروپا تشریح گردد تا آنها تصاویر را در اختیارمان قرار دهند.
- ✓ پیشنهاد می شود در رابطه با مناطق دشتی که اختلاف ارتفاع چندانی ندارند، از فیلتر Goldstein و در مناطقی که توپوگرافی (کوهستانی) دارند از فیلتر Adaptive استفاده شود. زیرا نتایج این دو فیلتر در این مناطق بسیار با هم متفاوت هستند و تاثیر بسزایی در دقت کار ما می گذارند.

منابع:

- (۱) پاکدامن، محمد صادق و المدرسی، سید علی و سرکارگردکانی، علی، اشکارسازی ابعاد فرونشست فرودگاه امام خمینی با استفاده از روش تداخل سنجی راداری
- 2) Fielding, E. J., Talebian, M., Rosen, P. A., Nazari, H., Jackson, J. A., Ghorashi, M., and Walker, R., 2005, Surface ruptures and building damage of the 2003 Bam, Iran, earthquake mapped by satellite synthetic aperture radar interferometric correlation, J. Geophys. Res., 110, B03302.
- 3) Li, F. K., and Goldstein, R. M., 1990, Studies of multibaseline spaceborne interferometric synthetic aperture radars. IEEE T. Geosci. Remote Sensing., 28, 88-96.
- 4) Massonnet, D., and Feigl, K., 1998, Radar interferometry and its application to changes in the Earth's surface: Rev. Geophys. 36(4), 441-500.
- 5) Bitelli G., R. Camassi, L. Gusella, A. Mogonol, 2004, "Image Change Detection on Urban Area: The Earthquake Case", 20nd ISPRS Conference
- 6) Massonnet, D., 1995, Application of remote sensing data in earthquake monitoring, Adv. Space Res. Vol. 15, No. 11, 37-44.