مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و ششم، زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۱۱
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲
صفحات: ۲۰ – ۱

مقاله (علمی پژوهشی)

رویکرد تحلیل راداری در سنجش وضعیت تغییرات هیدرومورفوتکتونیک مرکز ایران (دشت یزد اردکان)

صدیقه امامی[۱]، سید علی المدرسی*[۲]، محمد موسایی[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور و GIS ، دانشگاه آزاد اسلامی یزد
۲*. دانشیار ژئومورفولوژی، گروه سنجش از دور و GIS ، دانشگاه آزاد اسلامی یزد
۳. استادیار مرتعداری، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی یزد

چکیده

پدیده فرونشست زمین، حرکت در جهت پایین سطح زمین را می‌گویند که به دلیل روند کند آن به سهولت قابل شناسایی و اندازه‌گیری نیست. مناسب‌ترین روش استفاده از داده‌های راداری و تکنیک تداخل سنجی تفاضلی است. از آنجایی که فشردگی فیزیکی و اُفت فشار از جمله عوامل اصلی فرونشست در مکان‌هایی هستند که آب از آنجا استخراج شده است، پهنه‌بندی یکپارچه D-InSAR و بررسی همزمان آن با عوامل زیر سطحی، الگوی بی‌هنجاری تغییر شکل که توسط عوامل زیر سطحی ایجاد شده را به خوبی نمایان می‌کند و نشان می‌دهد که کاربرد D-InSAR در پیمایش فرونشست مفید واقع شده است. بدین منظور روش تداخل‌سنجی تفاضلی داده‌های راداری D-InSAR بر روی داده های ماهواره های ENVISAT و PALSAR راداری به ترتیب از سنجنده ASAR و ALOS در بازۀ زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ به‌کار گرفته شد. خشکی محیط اثر تغییر فاز ناشی از ترکیبات اتمسفر را تعدیل کرد و فقدان پوشش گیاهی چالش، همدوسی در فاز تصاویر رادار را به حداقل رسانید و امکان سنجش تغییرات را در بازه زمانی سالیانه برای داده های راداری در باند L, C را میسر کرد. حداکثر میزان جابجایی توسط باند C برابر با ۰،۱۴ متر و توسط باند L برابر با ۰،۱۲ متر برآورد شد. در نهایت نتایج آماری آبهای زیرزمینی منطقه و میزان فرونشست برآورد شده توسط تصاویر راداری ذکر شده را به روش رگرسیون خطی مدلسازی کردیم، مقایسه میزان فرونشست با ارقام تغییرات تراز آبی مستخرج از چاه های پیزومتری نشان داد که رابطه معنا داری بین میزان فرونشست منطقه و برداشت آب زیرزمینی وجود دارد، در ارتباط با تصویر ASAR به ازای هر متر تغییر در سطح آب زیرزمینی ۰۲۵/ ۰ متر تغییر در ارتفاع سطح زمین خواهیم داشت و تصویر) PALSAR(HH به ازای هر متر تغییر در سطح آب زیرزمینی، ۰/۰۲۱ متر تغییر در ارتفاع خواهیم داشت.

واژگان کلیدی: فرونشست زمین، آب زیرزمینی، تداخل سنجی تفاضلی، ENVISAT، PALSAR.

*- سید علی المدرسی (نویسنده مسئول) Email: Almodaresi@iauyazd.ac.ir

مقدمه

فرونشست[1] پدیده ای مورفولوژیک است که تحت تأثیر حرکت، رو به پایین سطح زمین پدید می آید (یو اس جی اس،۲۰۱۱)[2]. تغییرات سطح زمین به میزان قابل‌توجهی باعث افزایش روند بلایای طبیعی می‌شوند که اثر این بلایا باعث خسارت شدید به عوارض انسان‌ساخت مانند جاده‌ها، ساختمان‌ها، پل‌ها و غیره می‌شود. خسارت ناشی از فرونشست و شکاف های زمین ترمیم ناپذیر، پر هزینه و مخرب می باشد، بهره‌گیری از تکنیک های راداری به منظور شناسایی و مدیریت حادثه و کاهش خسارت ضروری است (امیدوار،۲۰۰۵). به منظور تشخیص و کنترل مناطق نشست خیز از تکنیک تداخل سنجی راداری، GPS و ترازیابی دقیق استفاده می شود. تکرار مشاهدات تراز یابی دقیق از قدیمی ترین و با دقت ترین روش ژئودتیکی به منظور کنترل و بررسی فرونشست میباشد. از آنجایی که شبکه تراز یابی دقیق دارای دو اپک مشاهداتی است، تغییرات ارتفاعی مسیرها در فاصله زمانی بررسی شده قابل اندازه گیری است. این روش در کنار مزیت دقت بالا با محدودیت های اندازه گیری فرونشست به صورت نقطه ای با هزینه بالا مواجه است. یکی دیگر از منابع ژئودتیکی استفاده از مشاهدات GPS است. استفاده از این مشاهدات به دو صورت پیوسته و ناپیوسته ایستگاه های دائمی امکان پذیر است. مشاهدات پیوسته دارای مزیت بررسی رفتار فرونشست در ایستگاه GPS می باشد. اما در هر صورت استفاده از GPS نیز مشکلات اندازه گیری به صورت نقطه ای و هزینه بالا مواجه است. رادار سیستم الکترومغناطیسی جهت آشکار سازی، مکان یابی و تعیین موقعیت هدف ها بکار می رود. طرز کار رادار بدین صورت است که انرژی را به صورت امواج در فضا منتشر نموده و سپس امواج انعکاس یافته توسط اشیا مختلف را آشکار می کند. انرژی انعکاس یافته که به رادار بر می گردد نه تنها هدف را مشخص میکند بلکه مقایسه سیگنال دریافتی و سیگنال ارسالی، موقعیت و سایر اطلاعات مربوطه به هدف نیز تعیین می شود. یکی از مهمترین خصوصیات رادار قابلیت آن در اندازه گیری فاصله با دقت بسیار بالا در منطقه وسیع و در هر شرایط آب هوایی است (سهیلی فر،۲۰۱۰). یکی از محدودیت های استفاده از تصاویر رادار، امکان صحت سنجی در همه مناطق امکان پذیر نمی باشد. ایستگاه های مشاهدات GPS به دلیل هزینه بالا در مناطق محدودی بکار گرفته شده است، همچنین تراز دقیق نیز بررسی تغییرات ارتفاعی در مسیرهای درجه یک و در اپک زمانی خاصی قابل بررسی میباشد. در منطقه مورد مطالعه ایستگاه GPS وجود نداشته و تاریخ تصاویر مورد استفاده با تراز یابی دقیق منطقه مورد مطالعه همزمان نبوده است لذا جهت بررسی فرونشست از مشاهدات محلی از روی لوله جداره چاهها انجام شده است.

در ایران نیز با توجه به مصرف بی‌رویه آب در سطح کشور و پایین آمدن سطح آب زیرزمینی در کشور، فرونشست‌ها و پیامدهای حاصل از آن به پدیده‌ای مشکل‌ساز در کشور تبدیل گشته است برای نمونه می‌توان به فرونشست‌های دشت نیشابور، رفسنجان، مشهد، کرمان، دشت کبودرآهنگ و فامنین در استان همدان و جنوب غربی تهران اشاره نمود (آمیغ پی، ۲۰۰۹). در طول ۲۵ سال گذشته پردازش تصویر به روش تداخل سنجی رادار با روزنه مصنوعی INSAR به‌طور گسترده‌ای برای تشخیص حرکات کوچک زمین و تغییرات سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته است، به‌خصوص در طول ۱۰ سال گذشته با افزایش ماهواره‌های راداری موجود در جو که توانایی بهبود وپردازش الگوریتم‌های اندازه‌گیری تغییرسیگنال در تغییرات سطح زمین را دارند (روکا و همکاران، ۱۹۹۷)[3]. تکنیک INSAR

[1] - Subsidence
[2] - USGS,2011
[3] - Rocca et.al

توانای بالقوه‌ای برای ایجاد نقشه‌های تغییرات شکل زمین که در اثر حوادث مختلف مانند سیل، زلزله، آتش‌فشان و هرگونه بلایای طبیعی بوجود آمده اند و باعث تغییر شکل زمین می‌شود را دارد (سیگنا و همکاران، ۲۰۱۲)[1] و (کاسی نی و همکاران،۲۰۱۲)[2]. امروزه تکنیک تداخل سنجی راداری به‌عنوان یک تکنیک متداول برای اندازه‌گیری تغییر شکل سطحی پوسته زمین شده است. پوشش سراسری و رزولوشن خوب تصاویر راداری و دقت قابل‌قبول این روش، این تکنیک را به‌عنوان ابزار نیرومندی برای مطالعه پدیده‌های مختلف زمین‌شناسی همچون زلزله، نشست، زمین‌لغزش و ... مطرح کرده است (آمیغ پی، ۲۰۰۹). در مطالعه ای که زارع کمالی و همکاران در سال ۲۰۱۷ با استفاده از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی و الگوریتم SBAS میزان تغییرات در مقدار جابجایی ها را در باندهای مختلف راداری C و X مورد بررسی قرار دادند، بکارگیری روش تداخل سنجی راداری، با استفاده از الگوریتم SBAS در این پژوهش ظرفیت مناسبی از قابلیت های آن در تعیین میزان جابجایی سطح زمین و عرصه های طبیعی در بازۀ زمانی کوتاه مدت و بلند مدت در طول موجهای C و X را در سطح محدودۀ مورد مطالعه معرفی کرد. یافته های حاصل از بکارگیری این روش نشان داد که تغییرات جابجایی عمودی سطح زمین در طول موجهایC و X نزدیک به هم است که جابجایی در روز حاصل از الگوریتم SBAS در بازۀ زمانی و در شرایط اقلیمی متفاوت بدست آمد که مقایسۀ بین این دو نقشۀ جابجایی نشان دهندۀ نزدیک بودن اعداد جابجایی در روز برای دو نقشه با طول موجهای متفاوت میباشد. با توجه به تغییرات اقلیمی منطقه طی چند سال مشاهده میکنیم که این روند در دو نقشه نهایی تقریباً مشابه میباشد (زارع کمالی و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهشی که چائوسارد و همکاران در سال ۲۰۱۴ انجام دادند با استفاده ازتجزیه تحلیل سری زمانی تداخل سنجی رادار با دریچه مصنوعی InSAR ۲۰۰۷-۲۰۱۱، داده ALOS برای حل مشکل فرونشست زمین در کل منطقه مکزیکوسیتی اقدام نمودند و توانستند فرونشست زمین را در ۲۱ منطقه، از جمله ۱۷ شهر شناسایی نمایند. و نرخ های عمودی بیش از ۳۰ سانتی‌متر در سال در مکزیکوسیتی مشاهده شد، در حالی که در نقاط دیگر میزان تغییرات ۵-۱۰ سانتیمتر در سال تشخیص داده شد. و مشاهده نمودند که مرزهای مناطق در حال فرونشست معمولاً با شیب و سرعت بالا اغلب با گسل‌های قبلی موجود در منطبق می‌باشد. حرکت این گسل ها، با استخراج آب، بیشتر از فعالیت تکتونیکی تحریک می‌شود (چائوسارد ، ۲۰۱۴)[3].

استان یزد دارای قدیمی‌ترین تشکیلات زمین شناسی (پرکامبرین) تا جوان‌ترین آن هولوسن است. تشکیلات پرکامبرین از سنگ‌های دگرگونی به فرم‌های مختلف و سنگ‌های آذرین تشکیل شده که حتی لایه‌های گچ در آنها نیز دیده می‌شود.کرتاسه و ژوراسیک که قسمت اعظم از تشکیلات زمین شناسی استان را تشکیل می‌دهد شامل سنگ‌های آهکی ، مارنی ،شیلی ،شنی کنگلومرا ،کوارتزیت و سنگ‌های آذرین (گرانیت)است (قبادیان،۱۳۶۱).

مطالعات ژئومغناطیس در استان یزد نشان می‌دهد که امکان وجود گسل یا گسل‌هایی در زیر آبرفت‌های دشت یزد-اردکان وجوددارد که عملکرد این گسل‌ها می‌تواند باعث ایجاد اشکال موفولوژیک ویژه گردد (پورکرمانی، ۱۳۷۹). در منطقه شمس آباد میبد زمانی که زمین های کشاورزی چندسال به حالت آیش رها شده و سپس به شیوه غرقابی آبیاری شوند، گسیختگی های حفره ای ایجاد می‌شود و چاه‌های آب در این منطقه و منطقه رستاق بعد از چندسال

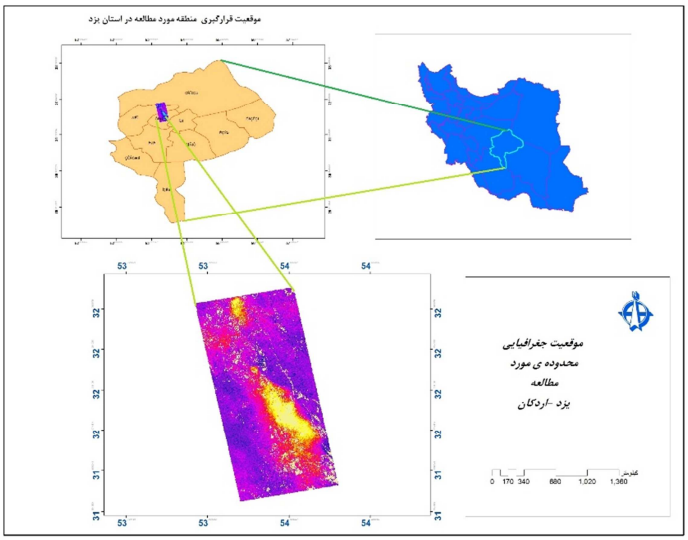
[1] - Cascini
[2] - Cigna et.al
[3] - Chaussard et.al

دچار افت شدید آب‌دهی می‌شوند. و این افت همرا با نشست زمین در اطراف چاه‌ها می‌باشد (آمیغ پی، ۱۳۸۶). پژوهش حاضر با هدف شناسایی، پایش و تهیه نقشه میزان فرونشست زمین در منطقه یزد- اردکان با استفاده از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی تصاویر ماهواره‌ای راداری با دو طول موج L و C انجام شده است. در این راستا نتایج به دست آمده حاصل از تداخل سنجی تفاضلی امواج مختلف، میزان جابجایی زمین تعیین میگردد. با تعیین رابطه بین برداشت آب های زیرزمینی و میزان فرونشست تغییر شکل زمین را پیش بینی و مدیریت نمود. با استفاده از تصاویر ماهواره ای رادار به عنوان یک ابزار دقیق و اقتصادی برای محاسبه مقادیر فرونشست در مقیاس وسیع، می توان از بروز خطرات احتمالی پیشگیری نمود.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت یزد-اردکان در غرب و جنوب غربی به شیرکوه و در شرق به کوه‌های خرانق، در جنوب به کفه بهادران و در شمال به چاله عقدا محدود می‌شود. این منطقه جزئی از حوزه آبریز کویر سیاه کوه است. که بین طول های"۵۴ ´۴۵ °۵۳ و ۵۰° عرض های شمالی و "۰۳۲۰ ´۱۵ °۳۱ و ´۳۰ دقیقه تقریبا در مرکز استان یزد واقع شده است(۱۰)(شکل۱).



شکل۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه دشت یزد اردکان

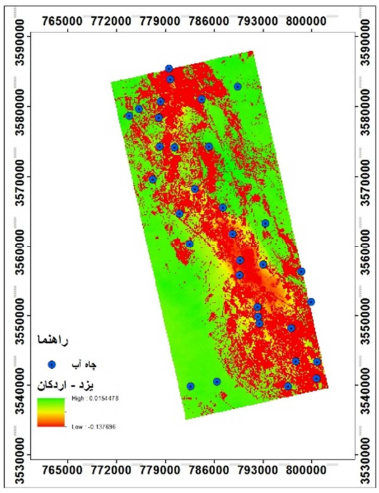
داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر به دو دسته داده زمینی و ماهواره‌ای تقسیم شده است. داده‌های زمینی سطح آب چاه‌های پیزومتری از سازمان آب منطقه ای یزد و داده‌های ماهواره‌ای از سازمان فضایی اروپایی و ژاپن

تهیه شده‌اند. در ادامه توضیح چگونگی عملیات پیش پردازش و اماده سازی که روی هر کدام از داده ها صورت گرفته اشاره شده است.

داده‌های ارتفاع آب چاه‌های پیزومتری

بر اساس آمار ۱۳۹۴ در منطقه مورد مطالعه ۳۶ چاه پیزومتری وجود داشته‌است. عددی که مربوط به ارتفاع آب، ارتفاع سطح آب از سطح آبهای آزاد محاسبه شد.که واحد آن بر حسب متر می‌باشد. تصویر زیر موقعیت چاه‌های پیزومتری را در منطقه مورد نظر را به ما نشان داده است (شکل ۲).



شکل۲: موقعیت چاههای پیزومتری منطقه یزد اردکان

داده‌های سنجنده ASAR و ALOS

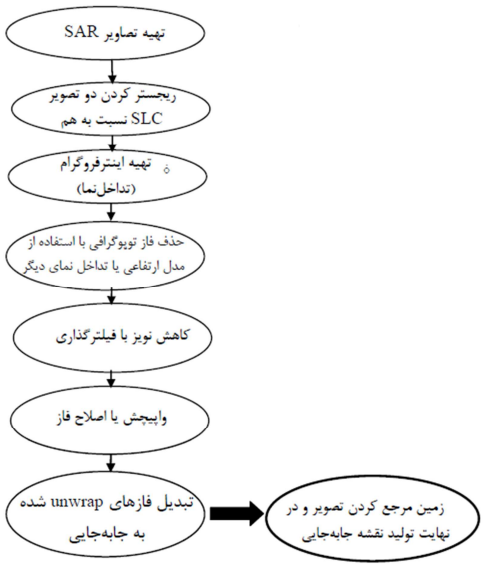
داده‌هایی که در تحقیق حاضر مورد پردازش قرار گرفته‌اند مربوط به سنجنده ASAR ماهواره ENVISAT در باند C می‌باشد. داده‌هایی دیگری که مورد پردازش قرار گرفته، مربوط به سنجنده PALSAR ماهواره ALOS در باند L پولاریزاسیون HH می‌باشد. که مشخصات آنها در (جدول۱) نشان داده شده است .

جدول۱: مشخصات داده‌های سنجنده ASAR و ALOS

نقطه بحرانی	تفاوت از مرکز داپلر	تغییر محدوده در جهت ازیموت (پیکسل)	تغییر محدوده در جهت رنج (پیکسل)	ابهام ارتفاعی (متر)	حداکثر فاصله مجاز دو ماهواره (متر)	فاصله دو ماهواره هنگام تصویر برداری (متر)	نام	تاریخ زوج تصویر
۱۷۰۵,۲۲۷	۶,۲۳۰	-۲۴,۷۱۲	۲۶,۸۸۵	۷۶,۶۶۴	۲۱۵۸,۱۹۱	۲۴۰,۸۵۸	C	۲۰۰۷/۰۱/۲۹ ۲۰۰۸/۰۴/۲۸
۲۱۵۹,۸۲۷	۳,۳۰۸	۱۳,۵۳۶	-۱۱,۴۹۸	۲۴۲,۲۵۰	۶۵۴۵,۵۷۴	۲۶۵,۰۳۴	L	۲۰۰۷/۰۹/۲۰ ۲۰۰۸/۰۵/۰۷

روش کار

روش پژوهش متکی به روش آزمایشگاهی-پیمایشی است. نخست روش های آزمایشگاهی به منظور پردازش داده ها و تصاویر انجام گرفت، سپس مبتنی بر یافته های آزمایشگاهی داده های میدانی گردآوری شد. در مرحله آخر نتایج پردازش آزمایشگاهی با داده های تراز چاه آب مدل سازی شد. در مرحله آزمایشگاهی از داده های راداری ماهواره های ENVISAT و PALSAR راداری به ترتیب از سنجنده ASAR و ALOS استفاده شد. بعد از پردازش کامپیوتری از طریق نرم افزار های تخصصی برای انجام این کار و به کار گیری روش تداخل سنجی راداری، مناطق در معرض نشست تعیین شد. سپس برای شناخت عوارض ناشی از پدیده نشست، نواحی و مناطق معرفی شده در مرحله آزمایشگاهی در سطح زمین شناسایی قرار گرفت. در مرحله بعد به منظور تبیین علل نشست زمین در منطقه مورد مطالعه داده های مربوط به زمین شناسی، کاربری اراضی هیدرولوژی نیز تجزیه تحلیل شد. همچنین در این تحقیق یافته های روش تداخل سنجی راداری برای میزان و دامنه فرونشست با ارقام حاصل از تغییرات سطح ایستایی آب زیرزمینی که بوسیله چاه های مشاهده ها و پیزومتری تولید شد بود، مورد مقایسه و تحلیل آماری قرار گرفت که مراحل انجام تحقیق در این مطالعه در (شکل ۳) آورده شده است .



شکل۳: مراحل پردازش و تولید نقشه جابجایی در روش D-INSAR *منبع: امامی، ۲۰۱۶*

ویژگی داده‌های مورد استفاده در تداخل سنجی

در تکنیک تداخل سنجی تفاضلی از داده‌های راداری با روزنه مجازی استفاده می‌شود. بر خلاف داده‌های دیگر که تنها مقادیر دامنه موج برای هر پیکسل موجود است، داده‌های با روزنه مجازی در برگیرنده فاز و فاصله (دامنه) حاصل از موج ارسالی است. این فاز حاوی اطلاعات بسیار مهمی از قبیل: مسافت طی شده (سنجنده ـ سطح زمین ـ سنجنده) نسبت به طول موج سیستم رادار (سانتی‌متر به نسبت صدها کیلومتر) و همچنین برخورد و عکس العمل

بین موج ارسال شده و عوارض سطح زمین است، با این حال فاز حاصل از یک تصویر به تنهایی غیر قابل استفاده است (روکا و همکاران، ۱۹۹۷)[1].

$$\text{دامنه فاز} = \tan {}^{b}/_{a} \quad \sqrt{a^2 + b^2} \qquad (۱)$$

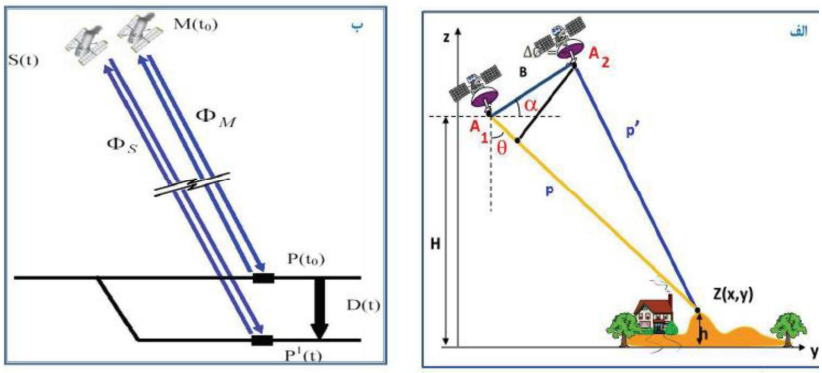
a و b تصاویر مورد استفاده در تداخل

داده‌هایی که جهت تداخل سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند به صورت تک منظرSLC می‌باشند و با ضرب مختلط a+ib دو تصویر تک منظر تداخل نگار ایجاد می‌شود. داده‌های مورد استفاده در تداخل سنجی در هر پیکسل در حالت اعشاری ۸ بیت و در حالت صحیح دارای ۴ بیت می‌باشند (امامی، ۲۰۱۶).

تکنیک تداخل سنجی تفاضلی راداری

تداخل سنجی تکنیک استفاده از تداخل امواج الکترو مغناطیس به منظور استخراج اطلاعات بوده است. تداخل سنجی راداری با استفاده از اختلاف فاز زوج تصویر راداری با حد تفکیک مکانی بالا به دنبال تولید مدل ارتفاعی منطقه و برآورد میزان تغییر شکل و جابجایی پوسته زمین میباشد (هانسن، ۲۰۰۱)[2]. تکنیک مورداستفاده در این روش به تکنیک تداخل‌سنجی راداری D-InSAR ملقب است. در تداخل سنجی راداری، فاز حاصل از دو تصویر گرفته‌شده از یک منطقه معین جهت تولید تداخل نگار تداخل داده شد. درواقع تداخل نگار حاصل‌ضرب مختلط دو تصویر راداری است. این دو تصویر ممکن است تداخل سنجی با عبور منفرد و یا با روش تداخل‌سنجی با عبور مکرر اخذ شده باشند. سیستم عبور یکباره فقط یک بار از سطح زمین عمل تصویر برداری را انجام میدهند و تصاویر متعددی از یک منطقه در زمان های مختلف وجود ندارد. به این صورت که دو تصویر همزمان با اختلاف اندک زاویه ای از یک سکوی هوایی یا فضایی که دارای دو انتن با فاصله معین می باشد تهیه می شوند و با تداخل دادن این دو تصویر میتوان تداخل نگار ایجاد کرد (شکل۵ الف). سیستم عبور مداوم پرکاربرد تر از سیستم عبور یکباره است، این سیستم دو تصویر راداری با روزنه مجازی که در زمان های مختلف تهیه شده اند در تداخل سنجی استفاده میشود، به شرط اینکه منطقه مشترکی را تحت پوشش قرار دهند، با تداخل دادن این دو تصویر تداخل نگار حاصل می شود. که بر اساس آن بررسی های ارتفاعی در منطقه تحت پوشش انجام می شود (امیدوار، ۲۰۰۵) (شکل۴ ب). اختلاف‌فاز موجود در دو تصویر به‌صورت لبه یا حاشیه در تداخل نگار نمایش داده‌شده که هر حاشیه یا لبه‌ی مشاهده‌شده با اختلاف‌فازی به میزان 2π مربوط است. تمامی اصول بررسی تغییرات سطح زمین بوسیله داده‌های راداری مبتنی بر ایجاد یک تداخل نگار است. در حقیقت تداخل نگار تصویری حاصل از تداخل دادن فازهای موجود در دو تصویر راداری، برای یک منطقه‌ای مشابه است (امامی،۲۰۱۶).

[1] - Rocca et al
[2] - Hanssen ,2001



شکل (۴) الف: هندسه روش تداخل سنجی عبور منفرد ب: روش تداخل سنجی تفاضلی عبور مکرر در زمان(t) ,(t₀) *منبع: امامی،۱۶ ۲۰*

تداخل سنجی تفاضلی D-InSAR برآوردی از تغییرات سطح هم ازنظر مسطحاتی وهم ارتفاعی توسط تداخل سنجی را بیان می‌کند. اساس آن مشابه نقشه برداری زمینی است که برای جمع‌آوری داده در تهیه نقشه منحنی میزان که ۵ سال قبل تهیه‌شده است ویک نقشه منحنی میزان که یک هفته قبل تهیه‌شده، داریم. نقشه از نقاط برداشت شده به دست آمده است که مقادیر عددی هر نقطه بیانگر ارتفاع است. اگر دو نقشه دقیقاً مشابه باشند، ازتفاضل نقطه به نقطه دو نقشه آرایه‌ای از صفر حاصل خواهد شد. اگر بعضی مقادیر در تصویر حاصل تفاضل دو نقشه غیرصفرباشند بیانگر آن است که در آنجا تغییری رخ‌داده است. مشابه این کار رامی توان برای دو DEM حاصل از تصاویر SAR که قبل و بعد از رویداد مهمی نظیر زلزله تهیه‌شده‌اند، به کار گرفت. اختلاف بین دو تصویر استفاده شده در تداخل سنجی ، تغییرات موجود در سطح که ناشی از زلزله است رانشان می‌دهد. برای تولید دو DEM، چهار تصویر SAR با فرمت SLC موردنیاز است. ازآنجاکه اولین DEM حاصل از تداخل سنجی باید تقریب خوبی از ارتفاع سطح زمین را بیان کند، پس باید توسط یک زوج تصویر رادار با طول باز بلند تولیدشده باشد. درحالی‌که چون دومین DEM حاصل از تداخل سنجی باید بیشترین جزییات سطح رانشان دهد باید از زوج تصویری با طول باز کوتاه‌تر حاصل شود. درجاهایی که تارگتی نظیر کوه یخی درحرکت است طول باز برای دومین زوج تصویر SAR با فرمت SLC باید کوتاه‌تر باشد. طول خط باز باید به ترتیب از مرتبه ۳۰۰ متر،۲۰ متر و ۵ متر برای تولید DEM، برای بررسی جابه‌جایی زمین و کاربردهای تجزیه تحلیل حرکت باشد (هانسن، ۲۰۰۱)[1]. برای اینکه DInSAR با موفقیت همراه باشد، میزان همبستگی پایین بین دو تداخل سنجی باید تا حد امکان کوچک باشد. در مناطق آبی، یا نواحی با پوشش جنگلی، همبستگی پایین به‌سرعت رخ می‌دهد به‌طوری‌که جدا کردن اثرات تغییر شکل زمین، فرونشت زمین یا حرکت توده یخی از اثرات همبستگی پایین غیرممکن می‌شود. طول‌موج‌های بلند کمتر از طول‌موج‌های کوتاه همبستگی پایین دارند، به‌طوری‌که آن‌ها در تاج پوششی گیاهان بیشتر نفوذ می‌کنند و کمتر تحت تأثیر هندسه کاناپه گیاهان قرارمی گیرند. عیب دوم آن است که جابه‌جایی تنها در طول خط دید SAR اندازه‌گیری می‌شود. یک تداخل سنجی از شکل های رنگی که فرینج نامیده میشوند تشکیل شده است. دو نقطه که در یک نوار رنگی قرار

[1] - Hanssen, 2001

دارند به شرطی که مسیر بین دو نقطه از هیچ رنگ دیگری عبور نکرده باشد به یک اندازه جابجا شده اند (امامی،۲۰۱۶). اثرات اتمسفری ممکن است فرینج های ساختگی تداخل سنجی تولید کند، به‌ویژه اگر فاصله بین تاریخ‌های اخذ دو تصویر نسبتاً زیاد باشد. اگرچه روش DInSAR از دیدگاه نظری قادر است جابه‌جایی‌ها را تا حد میلی‌متر اندازه‌گیری کند (زارع کمالی و همکاران، ۲۰۱۷). برای تهیه تداخل سنجی با داشتن زوج مناسبی از تصاویر SLC، با همدوسی نسبتاً بالا، پارامترهای مداری دقیق معلوم و طول خط باز مناسب، می‌تواند پردازش انجام شود. در پردازشی که هدف تولید DEM باشد می‌بایست از طول بازهای مکانی بزرگ‌تر و فواصل زمانی کمتر استفاده کرد؛ اما در عملیاتی مانند این پژوهش که هدف تولید نقشه جابجایی می‌باشد می‌بایست در فاصله زمانی مدنظر که می‌تواند سال باشد. داده‌هایی انتخاب نمود که دارای طول باز کم باشند تا امکان دسترسی به همدوستی بالاتر بین فازها درزمان های t ۱ و t ۲ افزایش یابد. چه بسا در فواصل زمانی که انتخاب می‌کنیم سطح زمین دچار جابجایی شده اما به دلیل طول باز زیاد و درنتیجه همدوسی پایین بین دو تصویر مورد پردازش امکان آشکارسازی آن برای ما میسر نباشد. مراحل اصلی پردازش داده‌های ذکرشده باهدف دستیابی به جابجایی سطح زمین عبارت‌اند از: رجیستری کردن دو تصویر SLC نسبت به هم، رجیستری کردن یک تصویر SLC و یک تصویری که با استفاده از DEM دارای فاز مجازی شده نسبت به هم، ضرب مختلط تصاویر رجسیتر شده در هردو حالت برای تولید تداخل سنجی ، محاسبه نقشه همدوسی و حذف الگوهای فرینج که ناشی ازکرویت زمین است. در این راستا تداخل سنجی، جابجاییهای سطح زمین را درفاصله بین دو زمان تصویربرداری به شکل یک تصویر جابجایی ارائه می دهد که نسبت به یک سطح مبنای خاص یا سیستم تصویر مشخصی کالیبره نشده است. چون تداخل سنجی در راستای رنج مایل بیان می شود، این موضوع از این حقیقت ناشی می شود که اغلب سیستم های SAR پهلونگر هستند؛ بنابراین ابتدا تداخل سنجی باید در راستای افق به معنای دید قائم از بالا تبدیل شود. برای این منظورتصحیح مضاعف انجام می شود. برخی فاز های مزاحم که در اثر جابجایی مداری بوجود آمده باشند ممکن است هنوز در تداخل نگار موجود باشند برای تصحیح، از مدل رقومی ارتفاعی همچنین از فاز SINT استفاده میشود. اختلاف فاز بدست آمده ناشی از انحراف مداری، لرزش سکو و مقادیر فاز مطلق است. برای رسیدن به فاز مطلق نیاز به حذف فاز های مربوط به لرزش سکو و انحراف مداری هستیم. مرحله آخر شامل ژئوکد کردن Wrap کردن نقشه جابجایی حاصل از تداخل سنجی میباشد. مقادیر تغییرات فاز بیان کننده، تغییرات ارتفاعی به اندازه نصف طول موج است، با حذف فاز جابجایی مداری و فاز مربوط به لرزش سکو، به راحتی می توان فاز مطلق حاصل را به جابجایی های ارتفاعی تبدیل کرد (المدرسی و همکاران، ۲۰۱۶). Phase unwrapping تبدیل فازهای unwrap شده به جابجایی و ژئورفرنس کردن نقشه نهایی فرونشست زمین است. در نقشه فرونشست مقادیر منفی بیان کننده حرکت به سمت پایین یا نشست زمین است. با توجه به مطالب ذکرشده در مورد مراحل تداخل سنجی تفاضلی، تمامی مراحل بیان شده بر روی تصاویر سنجده های ALOS PALSAR و ENVISAT ASAR با استفاده از نرم افزار SARScape اعمال گردید و نتیجه آن تهیه نقشه های فرونشست در زمان تهیه تصاویر در منطقه مورد مطالعه است. سپس نتایج تداخل سنجی یا فرونشست با تغییرات سطح چاه‌های پیزومتری دربازه‌های زمانی مورد نظر مدلسازی شد و میزان فرونشست در سال های آتی به روش رگرسیون خطی بین میزان نشست زمین و برداشت آب زیرزمینی تخمین زده شد .

مدل سازی فرونشست زمین و میزان برداشت آب های زیر زمینی

به منظور به دست آوردن مدل بین میزان فرونشست زمین و تغییرات ارتفاع آب چاه‌های پیزومتری از روش رگرسیون خطی، مقدار جابجایی زمین در هر نقطه ای که چاه واقع شده است در فاصله زمانی تصویر مربوطه را بدست آوردیم. روابط بین میزان فرنشست زمین و میزان برداشت آب چاه‌ها بررسی شد. سپس براساس مدل رگرسیون خطی میزان فرونشست از طریق میزان برداشت آب چاه ها پیش‌بینی شد. معادله رگرسیون خطی به صورت زیر میباشد که در معادله شماره ۲ آمده است.

$$Y = a + bx \qquad (۲)$$

Y= مقدار پیش‌بینی وابسته: میزان فرونشست زمین

a = مقدار ثابت ،میزان متغیر وابسته در زمانی که متغیر مستقل صفر باشد

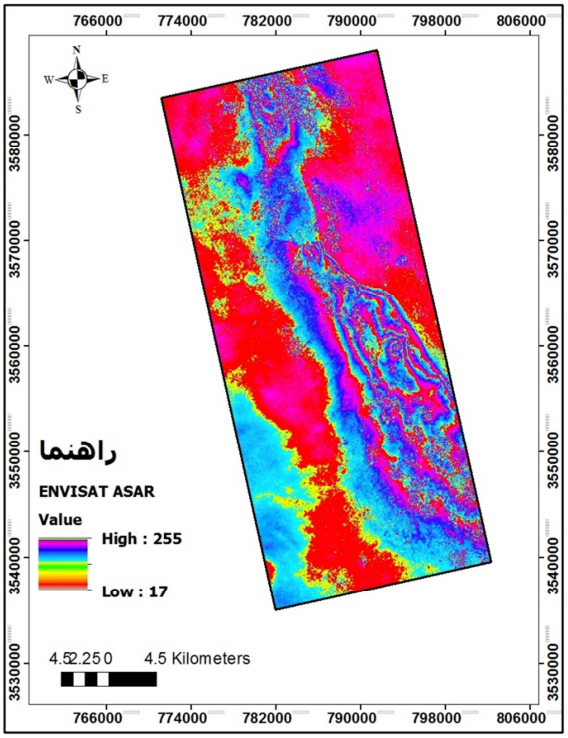
b = شیب خط یا ضریب رگرسیون

x= مقادیر متغیر مستقل: برداشت آب چاه‌های پیزومتری

نتایج و بحث

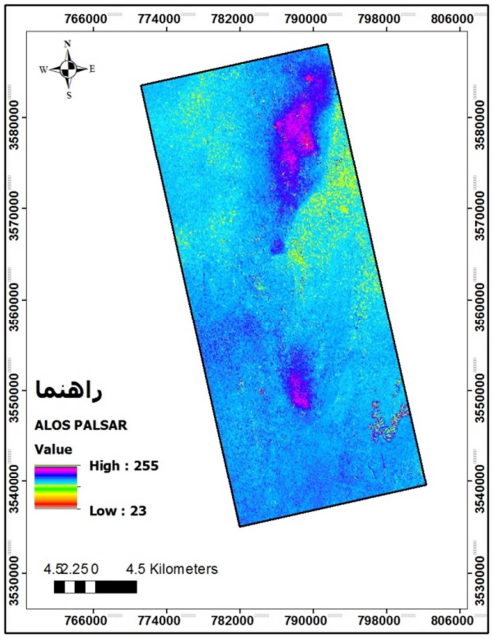
اینترفروگرام تصاویر ENVSAT ASAR و ALOS PALSAR

اینترفروگرام تصاویر ENVSAT ASAR زوج تصویر سالهای ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در (شکل ۵) نشان داده شده است.



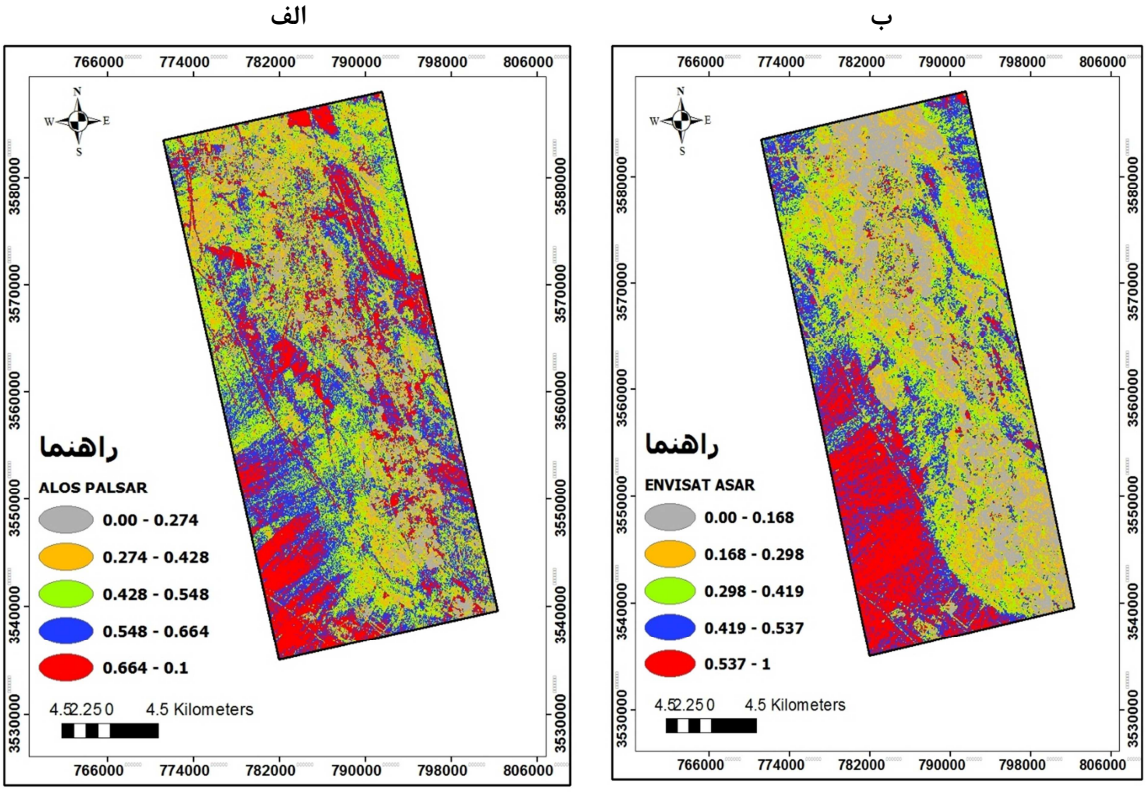
شکل ۵: نقشه اینترفروگرام با فرمت fint تصاویر: ENVSAT ASAR

اینترفروگرام تصاویر ALOS PALSAR زوج تصویر سالهای ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در (شکل ۶) نشان داده شده است.



شکل ۶: نقشه اینترفروگرام با فرمت fint تصاویر ALOS PALSAR

نقشه کوهرنسی تصاویر ENVSAT ASAR و ALOS PALSAR

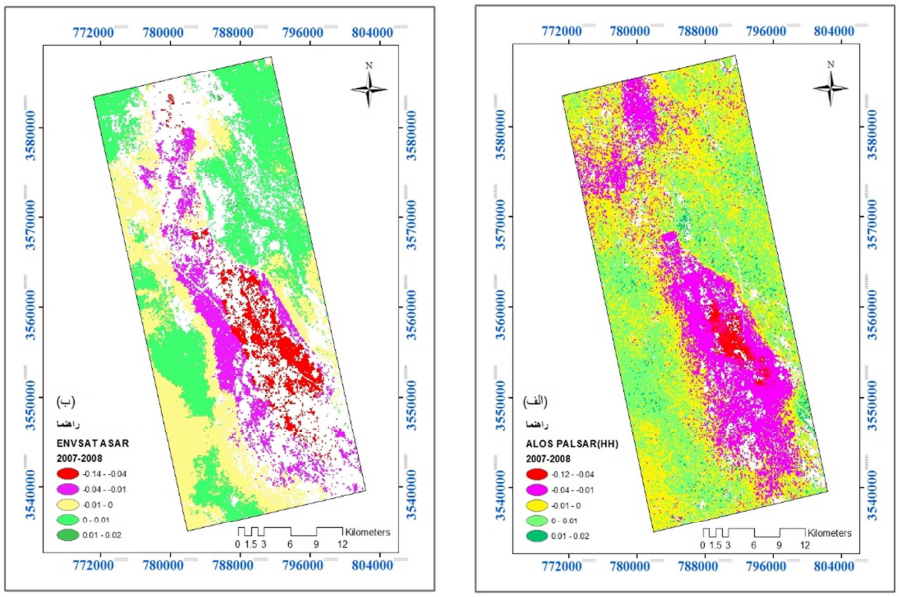


شکل ۷: نقشه کوهرنسی تصاویر: الف) ALOS PALSAR ب) ENVSAT ASAR

میزان فرونشست

نتایج حاصل از این تکنیک، تولید نقشه فرونشست منطقه بوده است که محدوده‌های دارای فرونشست و همچنین میزان حداکثر نشست را در بازه‌های زمانی مشخص را بیان کرده است (شکل ۸). توصیف میزان فرونشست در جدول (۲) آمده است.

امار پایه	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
C	-۰,۱۴۱۶۳۳	۰,۰۳۵۲۶۰	-۰,۰۰۲۱۸۸	۰,۰۱۱۵۱۲
L	-۰,۱۲۰۷۹	۰,۱۷۶۸۶۲	-۰,۰۰۲۴۰۵	۰,۰۰۷۹۰۱

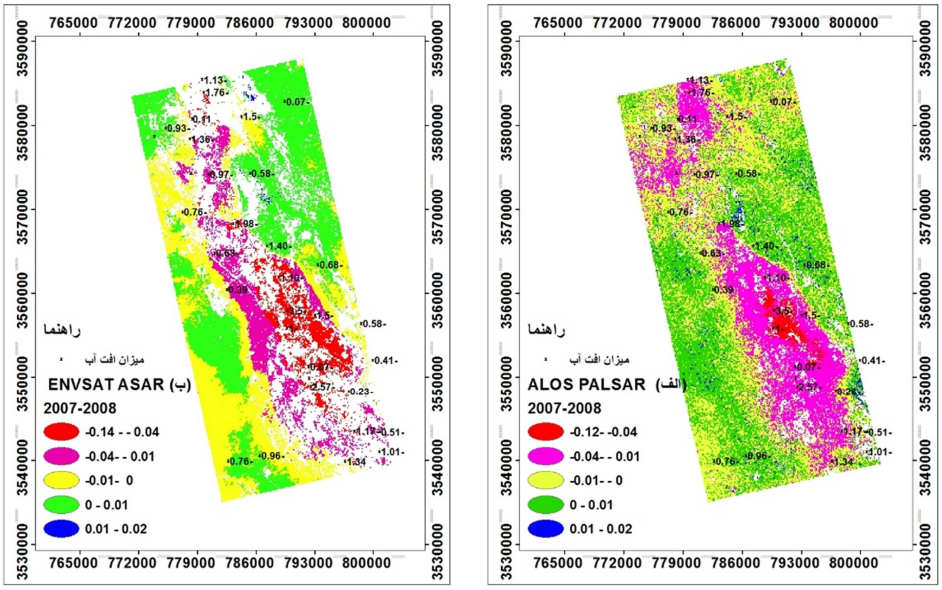


شکل ۸: نقشه فرونشست زمین تصاویر: الف) ALOS PALSAR ب) ENVSAT ASAR

در نقشه فرونشست زمین، اعداد منفی میزان فرونشست زمین و اعداد مثبت میزان بالا آمدن زمین سطح در فاصله زمانی تصاویر ماهواره ای را نشان داده است. میزان فرونشست در تصویرALOS PALSAR حداکثر فرونشست در منطقه رستاق برابر با ۰,۱۲ متر برآورد گردید. میزان تغییرات سطح زمین در بقیه مناطق را نیز نشان داده است(شکل۹ الف). در تصویر ماهواره ENVSAT ASAR حداکثر فرونشست در منطقه رستاق برابر با ۰,۱۴ متر برآورد گردید. میزان تغییرات زمین در بقیه مناطق را نشان داده است(شکل۸ب). بعضی نواحی به دلیل عدم توسعه عرصه کشاورزی و عدم برداشت آب زیرزمینی در معرض نشست کمتری قرار دارند.

مدل سازی میزان برداشت آب با فرونشست زمین ALOS PALSAR(HH), ENVISAT ASAR

بهره برداری بی رویه منابع آب، عامل فراهم آوری امکان فشردگی لایه های زیرزمینی و نشست سطح زمین است. کانون های حداکثر نشست منطبق بر قسمت‌هایی از منطقه است که دارای بیشترین تعداد چاه‌ها بودند و مناطقی که تعداد چاه کمتر می‌باشد شاهد میزان فرونشست کمتری هستیم. بیشترین میزان فرونشست دراطراف چاه اکتشافات شمسی واقع در منطقه رستاق است، که میزان کاهش آب موجود در آن چاه بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷، با توجه به داده های چاه پیزومتری تهیه شده از سازمان آب منطقه ای شهرستان یزد ۳/۵ متر بوده است(شکل۹ الف و ب) .



شکل ۹: نقشه انطباق میزان افت آب چاههای منطقه و میزان فرونشست زمین تصاویر(متر) : الف) ALOS PALSAR ب) ENVSAT ASAR

منبع: یافته های تحقیق

متغیر وابسته

بیشترین میزان فرونشست در محل چاههای پیزومتری منطقه در تصاویر ENVISAT ASAR و(ALOS PALSAR(HH به ترتیب برا بر با ۰/۱۳ و ۰/۱۲می باشد.

جدول ۲: متغیر فرونشست زمین در موقعیت چاه های پیزومتری(متر)

آمار پایه		مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
ENVISAT ASAR	۱۳۸۷-۱۳۸۵	-۰/۱۳۱۱	۰/۰۱۰۲	۰/۰۱۹۶	۰/۰۲۶
ALOS PALSAR(HH)	۱۳۸۷-۱۳۸۵	-۰/۱۲۱۱	۰/۰۰۷۲	-۰/۰۱۵	-۰/۰۲۲

متغیر مستقل

بیشترین برداشت آب زیرزمینی در فاصله زمانی تصاویر استفاده شده ۳/۵متر برآورد شده است.

جدول ۳: توصیف متغیر تغییرات برداشت آب چاه‌های پیزومتری(متر)

آمار پایه		مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
ENVSAT ASAR	۱۳۸۵-۱۳۸۷	-۳/۵	۰/۳۹۰	-۰/۹۶۹	۰/۷۵۶
ALOS PALSAR(HH)	۱۳۸۵-۱۳۸۷	-۳/۵	۰/۳۹	۰/۸۷۶	۰/۷۵۹

رگرسیون خطی

به منظور تجزیه تحلیل آماری از نرم افزار spss و روش رگرسیون خطی استفاده شده است. متغیر میزان فرونشست به عنوان متغیر وابسته و متغیر میزان برداشت آب زیرزمینی متغیر مستقل تعریف شده است. نتایج حاصل در جداول ۴ و۵ مشاهده می شود.

جدول ۴: خلاصه مدل

مدل		ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل یافته
ENVSAT ASAR	۱	۰/۷۲۶	۰/۶۵	۰/۶۱۰
ALOS PALSAR(HH)	۲	۰/۷۴۰	۰/۵۹	۰/۵۳۱

میزان همبستگی نشان دهنده شدت رابطه بین ارتفاع آب زیر زمینی با فرونشست در منطقه با تصویر ASAR می‌باشد. که طبق جدول ۴، میزان همبستگی ۰/۷۲۶ می‌باشد. ضریب تعیین نشان می‌دهد ۰/۶۵ میزان فرونشست به برداشت آب بستگی دارد و ۳۵ درصد به عوامل دیگر بستگی دارد. اشکال این ضریب این است که تعداد درجه آزادی را در نظر نمی گیرد. به همین دلیل برای رفع این مشکل معمولاً از ضریب تعدیل شده استفاده می‌گردد که طبق جدول بالا ۰/۶۱۰در صد می‌باشد. میزان همبستگی بین تصاویر PALSAR(HH) و آب زیر زمینی۰/۷۴۳می‌باشد. ضریب تعیین ، ۵۹ درصد و میزان ضریب تعدیل شده ۰/۵۳ می‌باشد.

جدول ۵. ضریب رگرسیون خطیb

هم خطی بودن		سطح معنا داری	آماره تی	ضرایب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده		مدل	
عامل تورم واریانس	تلرانس			Beta	Std error	B		
۱	۱	۰/۴۳۲	۰/۷۹۸	۰/۷۲۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	ثابت	ENVSAT ASAR
		۰/۰۰	۵/۵۸۸		۰/۰۰۴	۰/۰۲۵	برداشت آب	
۱	۱	۰/۲۱۹	۱/۲۵۸	۰/۷۴۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	ثابت	ALOS PALSAR(HH)
		۰۰۰	۵/۸۱۴		۰/۰۰۴	۰/۰۲۱	برداشت آب	

توصیف نتایج رگرسیون خطی ALOS PALSAR(HH) و ENVISAT ASAR

جدول خروجی اصلی تحلیل رگرسیون از جمله مقدار ثابت، ضرایب استاندارد نشده، ضرایب استاندارد شده، آماره تی، سطح معنا داری و هم خطی بودن را محاسبه نموده است (جدول ۵). ضریب رگرسیون B نتایج به دست آمده در جدول ۵ نشان می‌دهد که ضریب رگرسیون متغیر فرونشست در تصاویر ENVSAT ASAR و ALOS PALSAR(HH) به ترتیب برابر با ۰/۰۰۴و ۰/۰۰۶و می‌باشد

ضریب استاندارد شده Beta طبق یافته های جدول ۵ میزان ضریب استاندارد شده ۰/۷۲۶ و ۰/۷۴۰ به ترتیب برای تصاویر ENVSAT ASAR و ALOS PALSAR(HH) بر آورد شده است.

ضریب استاندارد نشده طبق یافته های جدول 5 میزان ضریب استاندارد نشده برای میزان برداشت آب ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۱ به ترتیب برای تصاویر ENVSAT ASAR و ALOS PALSAR(HH) بر آورد شده است.

معنی دار بودن رگرسیون نیز در جدول۵ آمده که سطح ۹۹٪, Sig =0.0 کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد می‌توان استنباط نمود که رابطه معنی داری بین برداشت آب های زیر زمینی و میزان فرونشست زمین وجود دارد.

هم خطی

الف)تلرانس: اگر هم خطی در یک معادله رگرسیون وجود داشته باشد، مدل نمی‌تواند از اعتبار بالایی برخوردار باشد. مقدار تلرانس هر چه به عدد یک نزدیک تر باشد میزان هم خطی کمتر است. که مقدار ان در این جدول ۱ براورد شده است، بنابراین متغیرهای مستقل و وابسته ویژگی هم خطی ندارند.

ب) عامل تورم واریانس(VIF) هر چه این مقدار برای متغیر مستقل بیشتر باشد نتیجه می‌گیریم که متغیر نقش زیادی در مدل نسبت بقیه متغیر ها ندارد. هر چه این پارامتر از ۲ بزرگتر باشد هم خطی بیشتر است. جدول ۵ مقدار این پارامتر را نشان میدهد.

با توجه به نتایج حاصل می توان معادله پیش بینی میزان تغییرات سطح زمین بر اثر برداشت آب زیر زمینی به صورت زیر نوشت. که نتایج آن در معادله های ۳و۴ آمده است.

$$y=0.004+0.025\times x \quad (۳)$$

x : میزان برداشت آب

Y : فرونشست تصاویر ENVSAT ASAR

مقدار ثابت : ۰/۰۰۴

ضرایب برداشت آب: ۰/۰۲۵

نتایج مدل سازی برداشت اب زیر زمینی و میزان فرونشست زمین با استفاده از تصاویر ENVSAT ASAR بیان میکند که به ازای هر متر تغییر در برداشت آب۰۲۵ /۰ متر تغییر در ارتفاع ایجاد شده است .

$$y=0.006+0.021\times x \quad (۴)$$

X : میزان برداشت آب

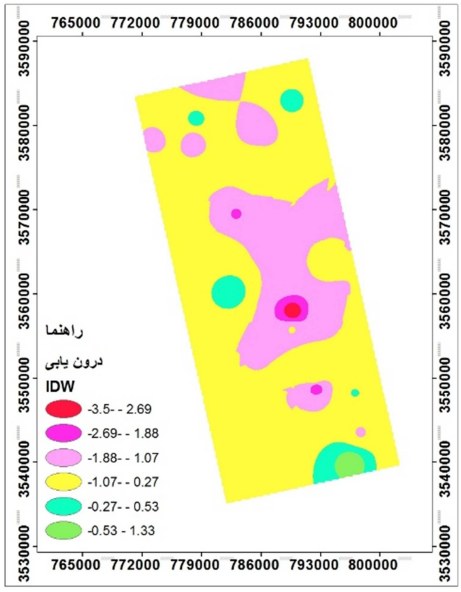
Y : فرونشست تصاویر PALSAR(HH)

مقدار ثابت : ۰/۰۶

ضرایب برداشت آب: ۰/۰۲۱

نتایج مدل سازی برداشت اب زیر زمینی و میزان فرونشست زمین با استفاده از تصاویر ALOS PALSAR نشان داد که به ازای هر متر تغییر در برداشت آب ۰/۰۲۱ متر تغییر در ارتفاع ایجاد شده است .

در پژوهش حاضر درون‌یابی داده‌ها با استفاده از روشInverse Distance Weighted: IDW انجام شده است زیرا میزان خطا کمتری نسبت به سایر روشهای درون یابی داشته است. درون‌یابی داده‌های تغییرات ارتفاع چاه‌های پیزومتری، تغییرات سطح آب چاه‌های پیزومتری را دربازه‌های زمانی مورد نظر تحت بررسی قرار داده، که کاهش ارتفاع آب چاه‌های پیزومتری را با اعداد منفی و افزایش ارتفاع آب چاه‌های پیزومتری، با عددهای مثبت نشان داده است (شکل ۱۰).



شکل۱۰: درون یابی تغییرات ارتفاع آب چاهای پیزومتری منطقه یزد اردکان (متر)

طبق مطالعه ای که آمیغ پی و همکاران از داده‌های تراز یابی بین سال‌های۱۳۷۲-۱۳۸۰ و تصاویر مربوط به ENVSAT ASAR در بازه زمانی۱۳۸۲-۱۳۸۸ در دشت یزد- اردکان استفاده نمودند به این نتیجه رسیدند که بر اساس اندازه‌گیری‌های تراز یابی دقیق حداکثر نرخ فرونشست ۱۱/۸۷ سانتی‌متر در سال و براساس اندازه‌گیری تداخل سنجی رادار حداکثر مقدار نرخ فرونشست ۱۲ سانتی متر در سال بدست آمده. نتایج تراز یابی دقیق و تداخل سنجی راداری بیانگر تطابق خوب این نتایج بوده است (آمیغ پی ،۲۰۰۷). ولی درپژوهش حاضر حداکثر میزان فرونشت در تصویر ALOS-PALSAR برابر با ۰/۱۲ و در تصویر ENVSAT ASAR به میزان ۰/۱۴ متر بوده است .

نتیجه گیری

به دلیل وجود مناطق متعدد دارای فرونشست در ایران، لزوم شناسایی، کنترل و مدیریت این مناطق امری ضروری به نظر میرسد. رویارویی با خطر فرونشست بر سه اصل پیش بینی، تشخیص و پایش استوار است. در این راستا، پیش نیاز هر گونه مدلسازی هندسی این پدیده به منظور پیش بینی و کنترل و همچنین شناسایی مناطق فرونشست، بهره گیری از ابزار های ژئودتیکی موجود بالاخص تکنیک تداخل سنجی راداری و تراز یابی دقیق می باشد. در ایران پدیده

فرونشست از سال‌های گذشته وجود داشته و در برخی از مناطق کارهای مطالعاتی انجام شده و گزارش‌هایی از وضعیت منطقه بیان شده است. در سال‌های اخیر به دلیل کاهش نزولات جوی و خشکسالی مربوط به آن افزایش استخراج آب از چاه‌های آب شدت گرفته و این عامل باعث تشدید پدیده فرونشست شده است. مهمترین علت فرونشست منطقه‌ای سطح زمین در حوضه‌های رسوبی مناطق خشک و نیمه خشک، تراکم سفره‌های آب زیرزمینی در اثر استخراج بی‌رویه از این منابع است. آزمایش‌های شیمیایی خاک وجود نمک‌های قابل حل در آب را عامل رمبیدگی یا E Kanikau نشان داد (کاسی نی و همکاران، ۲۰۱۲).

با توجه به مباحث ارائه شده نشان داده شد که بکارگیری روش تداخل سنجی راداری در این تحقیق ظرفیت مناسبی از قابلیت های آن را در تعیین میزان و دامنه فرونشست در سطح محدوده را معرفی کرد. خشکی محیط ناحیه موردمطالعه، اثر تغییر فاز ناشی از ترکیبات اتمسفر به ویژه اثر رطوبت را تعدیل کرد، دقت مناسبی از سنجش اختلاف فاز ناشی از جابجایی سطح را فراهم کرد. همچنین فقدان پوشش گیاهی چالش نا همدوسی در فاز تصاویر راداری را در باند C به حداقل رساند. و امکان سنجش تغییر فاز در بازه زمانی سالیانه برای داده باند C را میسر کرد. مقایسهٔ بین این دو نقشهٔ جابجایی نشان داد که اعداد جابجایی در دو نقشه با طول موجهای متفاوت، نزدیک میباشد. با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک منطقه مشاهده میکنیم که میزان حداکثر فرونشست در دو نقشه نهایی تقریباً مشابه می باشد. یافته های حاصل از بکار گیری این روش نشان داد که ارتباط تنگاتنگی بین کاهش سطح آب زیر زمینی و فرونشست در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. میزان فرونشست در مکان هایی که برداشت آب انجام می شود بیشتر بوده است. فرونشست بیشتر در مناطق اردکان، بفروئیه، صدوق، عقدا، رستاق و زارچ دیده شده است (شکل۹). چاههای آب این منطقه دچار افت شدید آبدهی شده و این افت همراه با نشست زمین در اطراف چاه ها می باشد. برداشت بی رویه آب دلیل اصلی فرونشست در این منطقه میباشد. برداشت آب از این سفره عمیق باعث کاهش فشار پیزومتریک شده است. این کاهش فشار موجب به هم زدن تعادل و افزایش فشار حاصل از رسوبات بالایی سفره شده است به طوری که تخلخل رسوبات کاهش یافته و در اثر افزایش تراکم، فرونشست حاصل شده است. اگر این خلل و فرج براثر آب حاصل از بارندگی یا رودخانه های موقت پر شود نتیجه آن کاهش سرعت فرونشست در منطقه است. در حالی که در منطقه یزد اردکان نزولات باران به حدی نبوده که بتواند خلل و فرج ناشی از برداشت آب را پر کند و در نتیجه فرونشست در دشت اتفاق افتاده است. در بعضی مناطق در اطراف چاه های بهره برداری آب لوله ها مشخص شده است. بعضی نواحی به دلیل عدم توسعه کشاورزی و عدم برداشت آب در معرض نشست قرار نگرفته اند. همچنین یافته های تحقیق نشان می دهد رابطه معنا داری بین میزان برداشت آب زیرزمینی و میزان فرونشت در منطقه مورد مطاله وجود دارد، در این دشت پیش بینی میشود به ازای هر متر برداشت آب ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۱ متر. فرونشست به ترتیب در تصاویر ENVSAT ASAR و ALOS PALSAR(HH) پدید خواهد آمد.

پیشنهاد می گردد به علت تداوم شرایط ایجاد مسئله نشست در این منطقه،تداوم پایش سنجش از دوری و تعبیه ایستگاه اندازه گیری GPS می تواند ضمن فراهم آوردن امکان پایش تغییرات میزان و دامنه نشست، امکان مناسبی برای سنجش دقت یافته های این روش و بهینه سازی آن را در عرصه ملی فراهم آورد و همچنین اصلاح روش مدیریت منابع آب، تغییر روش های آبیاری و تغذیه مصنوعی به عنوان روش های کنترل نشست در منطقه توصیه می شود.



الف)



(ب)

شکل۱۲: محل چاه های پیزومتری دارای فرونشست در منطقه: (الف) قبل از فرونشست، (ب) بعداز فرونشست

قدردانی

این مقاله با بهره گیری از نتایج طرح پژوهشی مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه ازاد اسلامی یزد به شماره ۱۱۰۵۲۸۸۱۲۰۱۰۰۳ تهیه گردیده و لازم از همکاری دانشگاه مذکور قدردانی گردد. همچنین از شرکت اب منطقه ای یزد و آژانس فضایی اروپا به جهت در اختیار قراردادن اطلاعات و تصاویر ماهواره ای لازم سپاسگزاری می شود.

منابع

المدرسی سیدعلی؛ حاتمی جواد و سرکارگر علی (۲۰۱۶). محاسبه خصوصیات فیزیکی برف با استفاده از تداخل رادار (SARS)، مودیس (MODIS) و (TerraSAR-X)، سیستم سنجش از دور سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال هفتم ، شماره ۲)، تابستان ۲۰۱۶، پ. ۷.

آمیغ پی معصومه ؛عربی سیاوش؛ طالبی علی و جمور یحیی (۲۰۰۷). بررسی مناطق زیرسطحی ایران بر اساس داده های زمین شناسی. بررسی ژئوماتیک. ۱۳۸۶، تهران، ایران.

آمیغ پیام معصومه ؛ عربی سیاوش و طالبی علی (۱۳۸۸). استفاده از تکنیک های رادار تداخل سنجی در مطالعات مناطق کشش (مطالعه موردی: افت یزد) مقاله مقالات ژئوماتیک ژئوماتیک ، همایش، تهران، ایران.

امامی صدیقه (۲۰۱۶). ارزیابی پویایی منطقه ای فعال با استفاده از تکنیک D Insare و مقایسه طول موج های C، L، یزد اردکان.

امیدوارکمال (۲۰۰۵). گزارش نهایی پروژه تحقیق و تحلیل سینوپتیک و تحلیل طوفانهای ماسه ای در دشت یزد اردکان، دانشگاه علوم انسانی یزد.

پورکرمانی محسن (۲۰۰۰). طرح پهنه بندی لرزه ای استان یزد، جلد اول زمین شناسی ساخت دانشگاه یزد.

کمک پناه علی (۲۰۰۷). بررسی علل تخریب زمین در دشت یزد-Darkan یزد ، تحقیقات حمل و نقل، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

زارع کمالی مجتبی؛ المدرسی سید علی و نقدی کریم (۲۰۱۷). مقایسه جابجایی عمودی زمین با استفاده از الگوریتم SBAS در باند های راداری X و) C مطالعه موردی: سرزمین تهران)، سیستم سنجش از دور سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال ۸، شماره ۳) Pitch 2017 صفحه ۲،۱۵.

سهیلی فر محمد.رضا (۲۰۱۰). رادار، انتشارات آیلار، تهران.

قبادیان (۱۹۸۲). تصویر طبیعی استان یزد در رابطه با مسائل کویری.

Cascini, F., Fornaro, G & Peduto, D.(2012). Advanced low- and full-resolution DInSAR map generation for slow-moving landslide analysis at different scales. Engineering Geology 112, 29–42.

Cigna, F., Osmano˘glu, B., Cabral-Cano, E., Dixon, T.H., Avila-Olivera, J.A., Gardu˘no- Monroy, V.H., DeMets, C & Wdowinski, S., 2012. Monitoring land subsidence and its induced geological hazard with Synthetic Aperture Radar Interferometry: a case study in Morelia, Mexico. Remote Sensing of Environment 117, 146–161.

Chaussard. E, Wdowinski, S, Cabral-Cano, E & Amelung, F. (2014). Land subsidence in central Mexico detected by ALOS InSAR time-series, Remote Sensing of Environment Volume 140, Pages 94-106.

Hanssen RF. (2001). Radar interferometry: data interpretation and error analysis. Springer Science & Business Media. B.V, page 308.

Herrera.G.Al Varez Fernandez,M,L,Tomas , R,Gonzalez-Nicieza, C,Lopez-Sanchez,J,M & Alvarez Vigil, A,E (2012). Forensic analysis of buildings affected by mining subsidence based on Differential Interferometry (part III), Engineering Failure Analysis, Volume 24, Pages 67-76.

Mather, PM, Koch, M. (2011). Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. John Wiley & Sons, 460 pp.

Paul E. (2011). Detecting Prehistoric Landscape Use through Remote Sensing in NW Arizona, USA. 2011 GSA Annual Meeting in Minneapolis, 9–12 October 2011, Page 111-14.

Rocca, F, Prati, C. & Ferretti, A. (1997). An overview of ERS-SAR interferometry, 3rd ERS Symposium, ESA, SP-414, volom1, Florence, Italy, 14-21 March 1997.

Salvi S., Stramondo S., Funning G.J., Ferretti A., Sarti F. & Mouratidis A. (2012). The Sentinel-1 mission for the improvement of the scientific understanding and the operational monitoring of the seismic cycle. Remote Sens.Environ., 120, 164-174.

USGS (United States Geological Survey), Research and Review Information Located, Assess on September 2011:http://water.usgs.gov/ogw/pubs/fs0016.

Research Article

Radar Analysis Approach to Assess the Status of Hydromorphotectonic Changes in Central Iran(Yazd Ardakan Plain)

Sedighe Emami[1], S.Ali Almodaresi[2*], Mohammad Musaei[3]

1. Graduate, GIS & RS Dep., Yazd branch. Islamic Azad University, Yazd, Iran.
2*. Associated Professor, GIS & RS Dep, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.
3. Assistant professor, Agriculture Dep., Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

Received: 03-10-2019 Final Revised: 30-05-2020 Accepted: 03-10-2020

Abstract

The phenomenon of the subsidence of the Earth is called the downward movement of the Earth's surface, which is not easily identifiable and quantifiable due to its slow evolution. The most appropriate method is to use radar data and differential interferometry techniques. Since physical compression and pressure drop are the main causes of subsidence in the places where water is extracted, D-InSAR's integrated zoning and its simultaneous investigation with subsurface factors reflect the anomalous deformation pattern created by subsurface factors. It shows well and demonstrates that the use of D-InSAR has been helpful in subsidence navigation. For this purpose, the D InSAR radar data interferometry method was applied to ENVISAT and PALSAR radar satellite data from ASAR and ALOS sensors in 2006-2008, respectively. Ambient drought moderated the effect of phase change caused by atmospheric compounds, and the lack of challenge vegetation minimized the coherence of the phase radar images and made it possible to measure changes in the C and L band radar data annually. The maximum displacement was estimated by the C band of 0.14 m and by the L band of 0.12 m. Finally, we modeled the statistical results of the groundwater of the region and the amount of subsidence estimated by the mentioned radar images by the linear regression method. There is groundwater, concerning ASAR image per meter change in groundwater level we will have 0.025 meter change in ground-level elevation and PALSAR (HH) image per meter change in groundwater level, 0.021 meter change in height we will have.

Keywords: Land subsidence, Groundwater, Differential interferometry, ENVISAT, PALSAR.

* Corresponding Author Email: Almodaresi@iauyazd.ac.ir

References

References (in Persian)

Almodaresi al Hosini, Ali, Hatami, Javad, & Sarkargar Ali. (2016). Calculation of Physical Properties of Snow Using Differential Interference Interference Interference (SARS) and Radar Transducer (MODIS) and Modis (TerraSAR-X), Remote Sensing System of Geographic Information System in Natural Resources (Seventh Year, No. 2), Summer 2016, p. 7 [In Persian].

AmighPayam, Masumeh, Arabi, Siavash, Talebi, Ali & Jomour, Yahya. (2007). A survey of subsurface regions of Iran based on geostationary data. Geomatical survey. 2007, Tehran, Iran [In Persian].

AmighPayam,Masumeh, Arabi, Siavash & Talebi,Ali 2009). the application of interferometry radar techniques in the studies of the drawdown areas (case study: Yazd drawdown) geomatics meeting articles Conference, Tehran, Iran [In Persian].

Emami, Sedighe. (2016). Evaluation of active regional dynamics using D Insare technique and comparison between wavelengths C, L, Yazd Ardakan [In Persian].

Gobadian, A, (1982). Natural Image of Yazd Province concerning Desert Issues [In Persian].

Komakapanah, Ali, (2007). Study of the causes of land degradation in Yazd plain-Darkan, Transportation Research, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran [In Persian].

Omidvar, Kamal. (2005). Final Report of the Research Project Synoptic Analysis and Analysis of Sandstorms in Yazd Plain of Ardakan, Yazd University of Humanities. [In Persian]

Porkermani, Mohsen. (2000). Seismic zoning plan of Yazd province, Volume I Geology of the construction of Yazd University. [In Persian].

Soheilifar, Mohamad. Reza, (2010). Radar, Ailar Publications, Tehran. [In Persian]

Zarea Kamali, Mojtaba, Almodaresi al Hosini, Ali & Naghdi, Karim. (2017). Comparison of vertical displacement of the ground using SBAS algorithm in radar bands X & C (Case Study: Land of Tehran). Remote Sensing System of Geographic Information System in Natural Resources (Year 8, Issue 3) Pitch 2017 Page 2,15. [In Persian]

References (in English)

Cascini, F., Fornaro, G & Peduto, D.(2012). Advanced low- and full-resolution DInSAR map generation for slow-moving landslide analysis at different scales. Engineering Geology 112, 29–42.

Cigna, F., Osmano˘glu, B., Cabral-Cano, E., Dixon, T.H., Avila-Olivera, J.A., Gardu˜no- Monroy, V.H., DeMets, C & Wdowinski, S., 2012. Monitoring land subsidence and its induced geological hazard with Synthetic Aperture Radar Interferometry: a case study in Morelia, Mexico. Remote Sensing of Environment 117, 146–161.

Chaussard. E, Wdowinski, S, Cabral-Cano, E & Amelung, F. (2014). Land subsidence in central Mexico detected by ALOS InSAR time-series, Remote Sensing of Environment Volume 140, Pages 94-106.

Hanssen RF. (2001). Radar interferometry: data interpretation and error analysis. Springer Science & Business Media. B.V, page 308.

Herrera.G.Al Varez Fernandez,M,L,Tomas , R,Gonzalez-Nicieza, C,Lopez-Sanchez,J,M & Alvarez Vigil, A,E (2012). Forensic analysis of buildings affected by mining subsidence based on Differential Interferometry (part III), Engineering Failure Analysis, Volume 24, Pages 67-76.

Mather, PM, Koch, M. (2011). Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. John Wiley & Sons, 460 pp.

Paul E. (2011). Detecting Prehistoric Landscape Use through Remote Sensing in NW Arizona, USA. 2011 GSA Annual Meeting in Minneapolis, 9–12 October 2011, Page 111-14.

Rocca, F, Prati, C. & Ferretti, A. (1997). An overview of ERS-SAR interferometry, 3rd ERS Symposium, ESA, SP-414, volom1, Florence, Italy, 14-21 March 1997.

Salvi S., Stramondo S., Funning G.J., Ferretti A., Sarti F. & Mouratidis A. (2012). The Sentinel-1 mission for the improvement of the scientific understanding and the operational monitoring of the seismic cycle. Remote Sens.Environ., 120, 164-174.

USGS (United States Geological Survey), Research and Review Information Located, Assess on September 2011:http://water.usgs.gov/ogw/pubs/fs0016.