

مدلسازی فرونشست در جنوب قم با استفاده از داده‌های راداری سنجش از دور و تکنیک تداخل سنجی

کامیار گردبگلی^۱، میثم داودآبادی فراهانی^۱

۱ گروه مهندسی نقشه برداری، موسسه آموزش عالی حکمت، قم، ایران.

نام نویسنده مسئول:

کامیار گردبگلی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶

چکیده

فرونشست یک رخداد زمین شناختی است که در صورت وقوع در یک منطقه، می‌تواند خسارات زیادی به زیرساخت‌های جاده‌ای و ریلی، ساختمان‌ها، پل‌ها و تونل‌ها وارد کند. یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی پدیده فرونشست، به کارگیری تکنیک تداخل سنجی تفاضلی راداری (D-InSAR) می‌باشد. این روش از نظر دقت، وسعت منطقه مورد بررسی، هزینه و زمان اجرا نسبت به سایر روش‌های آشکارسازی دارای مزایای قابل توجهی است و قادر است برآورد دقیقی از منطقه را تشریح نماید. به منظور انجام این پژوهش، شهر قم در یک بازه زمانی ۵ ساله مورد تحلیل قرار داده شده است. برای پردازش‌ها از داده راداری مربوط به سنجنده ASAR از ماهواره انوی ست که در باند C تهیه شده بهره برده شده است. حضور پوشش گیاهی در برخی نقاط محدوده مورد مطالعه موجب کاهش میزان هم فازی (همدوستی) در تداخل نگارها شده و این موضوع بر کیفیت مدل‌های ارائه شده برای فرونشست تأثیر گذاشته است. در بازه زمانی ۲۴۰ روزه در سال نخست میزان فرونشست بطور میانگین به ازای هر روز ۰.۰۳۶ سانتی متر، در بازه زمانی ۱۳۶ روزه مربوط به سال دوم مقدار فرونشست بصورت میانگین به ازای هر روز ۰.۰۴ سانتی متر، در بازه زمانی ۳۸۶ روزه در سال سوم متوسط میزان فرونشست روزانه به اندازه ۰.۰۲۷ سانتی متر، در محدوده زمانی ۱۴۱ روزه در سال چهارم میزان فرونشست بصورت میانگین به ازای هر روز ۰.۰۴۲ سانتی متر و در بازه زمانی مربوط به سال پنجم مورد مطالعه که محدوده زمانی ۶۸ روزه بود میزان فرونشست بطور میانگین، روزانه به اندازه ۰.۰۴۸ سانتی متر بوده است. تحقیقات نشان می‌دهد که در نواحی جنوبی و شمالی که تعداد چاه‌های آب کمتری موجود است، اندازه فرونشست و جابجایی در راستای قائم نیز کمتر است. در مقابل، مناطق با بیشینه فرونشست، با نواحی دارای بیشترین تعداد چاه‌های آب زیرزمینی هم‌پوشانی دارند. همچنین، در بخش‌های غربی محدوده مورد بررسی بخاطر اینکه سطح تراز آب در عمق پایین‌تری نسبت به نواحی شرقی است، نیروی ناشی از وزن لایه‌های بالایی بیشتر است. به همین دلیل، میزان فرونشست

در نواحی غربی بیشتر از مناطق شرقی است. بررسی داده ها مربوط به سطح تراز ایستابی در سفره های آب زیرزمینی نشان داد که فرونشست در منطقه به طور همزمان با کاهش سطح تراز آب زیرزمینی رخ می دهد و این دو پدیده ارتباط مستقیمی با یکدیگر دارند. به طوری که از زمان آغاز تحقیق، سطح ایستابی حدود ۳ متر کاهش یافته و روندی نزولی داشته است. این موضوع نشان دهنده ارتباط بین فرونشست در یک منطقه و برداشت بی رویه آب از سفره های زیرزمینی آن منطقه است.

واژگان کلیدی: فرونشست، مخاطره، ماهواره، رادار، تداخل سنتزی تفاضلی، قم.

مقدمه

به دلیل برداشت بیش از حد آب از سفره های زیرزمینی شاهد افزایش میزان تنش در لایه های آبدار^۱ و لایه های نشتی^۲ هستیم. این امر همچنین منجر به کاهش فشار منفذی در این لایه ها می شود و نتیجه این فرآیند، فشرده شدن لایه ها و کاهش ضخامت آنهاست که در سطح زمین به صورت فرورفتگی ها نمایان می شود (Phein et al, 2006). فشار منفذی در تعامل با فشار ناشی از وزن لایه های بالایی خاک، وضعیت تعادلی در آبخوان ایجاد می کند. زمانی که آب از آبخوان پایین می آید، حفره های موجود در خاک که قبلاً پر از آب بوده اند، جای خود را به هوا می دهند. با کاهش فشار و از بین رفتن تعادل، نیروی ناشی از لایه های بالایی کاهش می یابد و به همین دلیل، لایه ها به تدریج فشرده شده و به سمت پایین حرکت می کنند. در نتیجه، حفره ها به یکدیگر فشرده می شوند و در نهایت فرونشست رخ می دهد. (Frans et al, 1995) امروزه فرونشست زمین ناشی از برداشت بی رویه آب از منابع زیرزمینی به عنوان یک مشکل و تهدید جدی شناخته می شود که جوامع انسانی ساکن در مناطق به شدت تحت خطر قرار می دهد. طبق ارزیابی کارشناسان، بیش از ۱۵۰ شهر از مجموع شهرهای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در معرض خطر این پدیده قرار دارند (Hu et al, 2004; Huanyin et al, 2005).

دلایل متعددی، صرف نظر از منبع و نحوه شکل گیری، موجب بروز فرونشست می شوند. از جمله این دلایل می توان به آتش سوزی های زیرزمینی، حفاری های معدنی و استخراج از منابع معدنی، برداشت نفت و گاز، برداشت بی رویه از آب های زیرزمینی، انحلال شیمیایی و حرکات تکتونیکی پوسته زمین اشاره کرد. این عوامل بخشی از عوامل مؤثر در ایجاد پدیده فرونشست به شمار می روند (شمشکی، ۱۳۸۴).

پدیده فرونشست در ایران از سال های گذشته وجود داشته و در برخی مناطق مطالعاتی در این زمینه انجام شده و گزارش هایی درباره وضعیت این مناطق ارائه شده است. منطقه رفسنجان یکی از نخستین مناطقی است که این پدیده در آن شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته است (سازمان زمین شناسی، ۱۳۷۷). در سال های اخیر، به دلیل کاهش بارش ها و خشکسالی های ناشی از آن، شاهد افزایش استخراج آب از طریق چاه ها بوده ایم که این امر به تشدید فرونشست کمک کرده است. مهم ترین دلیل فرونشست سطح زمین در حوضه های رسوبی مناطق خشک و نیمه خشک، تراکم سفره های آب زیرزمینی به دلیل استخراج بی رویه از این منابع است (Pacheo et al, 2006). ر ایران تقریباً شصت دشت وجود دارد که بر اساس نظر کارگروه فرونشست زمین و مدیریت منابع آب زیرزمینی، بیش از نیمی از این دشت ها در معرض پدیده فرونشست قرار دارند. در اینجا به بخشی از مطالعات انجام شده اشاره خواهیم کرد.

در سال های گذشته، گسترش محدوده فرونشست و ایجاد شکاف های ناشی از آن در اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی، موجب غیرقابل استفاده شدن بخش قابل توجهی از زمین های کشاورزی در دشت مهیار شده است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). تحقیقات انجام شده در دشت مرنند منجر به شناسایی تعداد زیادی از رخنمون های مرفولوژیکی شده است. نتایج این فرونشست در دشت شامل ترک های ایجاد شده در ساختمان های مسکونی، تأسیسات و زیرساخت های ارتباطی، و همچنین برآمدگی تأسیسات نصب شده بر روی چاه ها می باشد (سورکی، ۱۳۹۰).

¹ Aquifers

² Aquitards

تحلیل پدیده فرونشست زمین در نواحی اطراف شهر دامغان نشان می‌دهد که این فرونشست به آرامی باعث ایجاد شکاف‌های طولی به طول چند صدمتر و عرض حداکثر ۸۰ سانتیمتر شده است (اکبری و همکاران ۱۴۰۰). تحقیق‌ها و تحلیل‌های دیگری که در این حوزه صورت گرفته‌اند، شامل موارد زیر می‌باشند

- کبودر آهنگ در استان همدان (هاشمی، ۱۳۸۱؛ امیری، ۱۳۸۴)
- یزد و اردکان در استان یزد (عالمی، ۱۳۸۱؛ کمک پناه، ۱۳۸۶؛ آمیغ پی، ۱۳۸۸)
- قرچک ورامین، اسلامشهر و هشتگرد در استان تهران
- مشهد، نیشابور و کاشمر بردسکن در استان خراسان رضوی
- کاشان و گلپایگان در استان اصفهان (جنت، ۱۳۸۸؛ مصلحی، ۱۳۸۹)
- رفسنجان، کرمان زنگی آباد و زرنند در استان کرمان
- سلمان در آذربایجان (Molaienea, 2009)
- نوق، بهرمان در استان کرمان (شریفی کیا، ۱۴۰۱)
- دشت سیستان در استان سیستان و بلوچستان (رهنماراد و فیروزان، ۱۳۸۱).

در ایران، تشخیص پدیده فرونشست ابتدا به صورت میدانی و از طریق پیمایش انجام می‌شد. در برخی موارد نیز از روش‌های مکانیک خاک بهره‌برداری شده است. به عنوان مثال، دستگاه‌های کشش‌سنجی برای بررسی خاک‌های سست به کار گرفته می‌شدند. نتایج به دست آمده از این دستگاه‌ها در مدل‌سازی‌های ژئوتکنیکی و تحلیل تغییرات سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گرفت (Holdah, 1991; Pope & Burbe, 2003). یکی از روش‌های قدیمی که در گذشته به عنوان تنها راه تحلیل فرونشست در مناطق مختلف مورد استفاده قرار می‌گرفت، حفر چاه‌های مشاهده‌ای بود. در این روش، کاهش سطح آب در این چاه‌ها به عنوان نشانه‌ای از کاهش ضخامت لایه آبدار در منطقه تلقی می‌شد. اما امروزه این روش به عنوان یک مکمل برای بررسی صحت نتایج به دست آمده از سایر روش‌ها به کار می‌رود. به طور کلی، تحلیل چاه‌های آب مشاهده‌ای و اندازه‌گیری تغییرات سطح آب در این چاه‌ها می‌تواند نشان‌دهنده میزان فشردگی لایه آبدار باشد. در این راستا، پژوهشگران در زمینه‌های ژئوفیزیک و ژئوتکنیک تحقیقات زیادی را انجام داده‌اند (Racoles et al., 2023; Anderson et al., 2017; motagh, 2017). با توجه به اینکه پدیده فرونشست به آرامی پیش می‌رود و تأثیر آن بر مناطق وسیعی قابل مشاهده است، استفاده از روش‌های قدیمی به همراه هزینه‌های بالا و زمان‌بر بودن، نتایج دقیقی به همراه نداشته است. یکی از روش‌های دیگری که در سال‌های گذشته برای پایش مناطق دچار فرونشست به کار رفته و هنوز هم در برخی موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از جی‌پی‌اس‌ها برای تعیین میزان فرونشست است. این روش به دو صورت مشاهدات ناپیوسته و مشاهدات پیوسته از ایستگاه‌های ثابت قابل اجراست. مشاهدات پیوسته از ایستگاه‌های ثابت به دلیل بررسی رفتار در طول زمان، کارایی بالاتری دارند. با این حال، استفاده از جی‌پی‌اس نیز معایبی دارد که می‌توان به دو مورد اشاره کرد: مقیاس فرونشست به صورت نقطه‌ای (در ایستگاه‌های مشاهده‌ای) و هزینه بالای این روش. استفاده از ترازیب‌های دقیق یکی از دقیق‌ترین روش‌های ژئودتیک برای کنترل و بررسی فرونشست است. در این راستا، با فرض ثابت بودن ارتفاع نقاط خارج از محدوده فرونشست، می‌توان به تغییرات ارتفاعی نقاط ترازیبی دست یافت. ترازیبی دقیق، با وجود برتری و دقت بالا، با محدودیت‌های اندازه‌گیری فرونشست نقطه‌ای مواجه است. در این نوع اندازه‌گیری‌ها، تنها وضعیت محلی که ترازیب در آن قرار دارد، به دست می‌آید و دید کلی و دقیقی از کل منطقه ارائه نمی‌دهد. در دهه ۱۹۹۰، با قرارگیری ماهواره‌های راداری در مدار زمین، امکان بررسی تغییرات سطح زمین به کمک تکنیک تداخل‌سنجی راداری و تحلیل تغییرات فاز فراهم شد. تداخل‌سنجی داده‌های راداری به عنوان یکی از بهترین روش‌ها برای شفاف‌سازی تغییرات پوسته زمین، که ناشی از رخدادهایی مانند زلزله، زمین‌لغزش و فرونشست هستند، شناخته شده است. این روش از نظر هزینه، مقیاس و سرعت، برتری قابل توجهی نسبت به سایر روش‌ها دارد.

مواد و روش‌ها

در ابتدا بایستی به این نکته اشاره نمود که هنگام استفاده از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی از زوج تصاویر SAR استفاده میشود. در حین انجام تداخل سنجی، داده ای که در زمان قدیمی تری برداشت شده را تصویر اصلی^۳ و داده ای که جدیدتر برداشته شده را تصویر وابسته^۴ می نامند. نحوه انتخاب زوج اطلاعات ها جهت انجام تداخل سنجی میکروویو (روزنه مصنوعی) جزء مراحل مهم و موثر در فرایند تداخل سنجی تفاضلی می باشد که با توجه به مقصود نهایی و همچنین شکل انتخاب اطلاعات و داده ها با یکدیگر متفاوت می باشند.

در انتخاب زوج داده کاربردی علل و دلایل بسیاری موثر و تاثیرگذار می باشند. این عوامل بایستی به گونه ای همزمان و همراه با هم در تحلیل ها مورد بررسی قرار بگیرند. نخستین و البته اصلی ترین عامل که بمنظور انتخاب داده بهینه و مناسب بمنظور تداخل سنجی مورد تمرکز باید قرار گیرد، گزنش داده هایی می باشد که مرتبط به یک منطقه مشترک باشند، در حالتی که این اصل رعایت نگردد امکان ایجاد تداخل نگار اصلا وجود ندارد.

راهکارهای تداخل سنجی راداری توانایی تهیه نمونه ارتفاعی زمین (DEM)، اندازه گیری مقدار جابجایی ها و تغییر شکل های سطح زمین را با دقت بالا و پوشش پیوسته و وسیع شامل می باشد. روش کار در تداخل سنجی تفاضلی راداری به اینگونه است که تغییرات فاز را میان یک زوج تصویر راداری که در زمان های مختلف، از منطقه ای مشترک تهیه شده اند را اندازه گیری کرده و اندازه آن را محاسبه می نماید و مبتنی بر آن ها تغییرات شکل گرفته در پوسته زمین را بصورت کمی و کیفی عنوان می کند. در روش تداخل سنجی تفاضلی راداری با کمک از تداخل فاز سه یا بیشتر عکس راداری با روزنه مجازی منوط به یک منطقه، تغییرات سطح زمین را مشخص می کند. دقت این ارزیابی تابع طول موج تصویر است و اندازه آن برابر با ۲ است. در انجام این تحقیق از تصاویر سنجنده ASAR استفاده شده که این سنجنده در C باند تصویربرداری می کند و شامل طول موج ۶.۵ سانتی متر است.

داده های مورد استفاده

اطلاعاتی که در این پژوهش و مطالعه مورد پردازش و بررسی قرار گرفته اند تعداد ۱۴ داده راداری مربوط به سنجنده ASAR ماهواره ENVISAT می باشد که اطلاعات آن در جدول ۱-۳ نشان داده شده است. ماهواره انوی ست مربوط به سازمان فضایی اروپا است که مسیرهای گذر آن بصورت مداوم در حال برداشت می باشد و در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا اوایل سال ۲۰۱۱ در مدار زمین عمل تصویر برداری از زمین را انجام می داد. قدرت تفکیک زمانی آن ۳۵ روز و دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر می باشد. در وهله نخست تمامی این تصاویر از فرمت IMS به فرمت SLC تبدیل و به صورت زوج، زوج بمنظور انتخاب مناسب ترین زوج داده برای طی مراحل تداخل سنجی تحلیل و بررسی شدند.

جدول (۱): تاریخ های تصاویر رادار

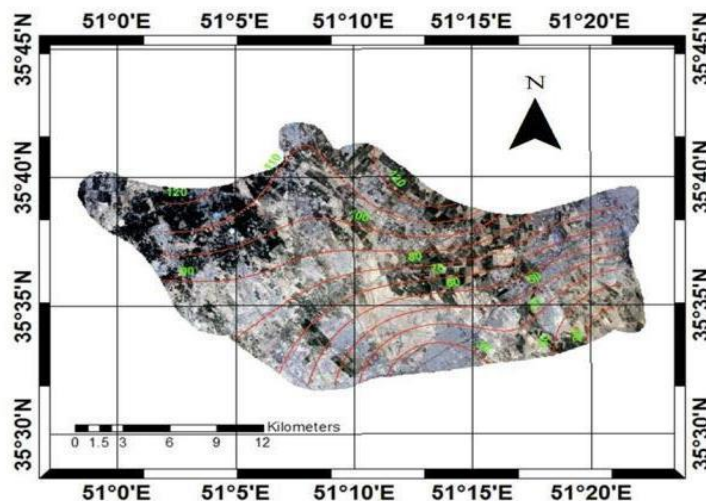
2006/03/07	2006/07/25	2007/02/20	2007/08/14	2008/05/20	2009/06/09	2010/04/20
2006/06/20	2006/11/07	2007/03/27	2008/04/15	2009/03/31	2009/12/01	2010/06/29

سطح تراز سفره های آب زیرزمینی

سطح تراز سفره های و آبخوان های زیرسطحی در حاشیه شمال غربی دشت در کمترین میزان یا بعبارتی در بیشترین عمق قرار دارد. در این منطقه عمق سفره های آبی بر اساس آمار سال آبی ۸۹-۸۸ بیش از صد و پانزده متر می رسد و به تدریج با حرکت به سمت جنوب و شرق مقدار آن کمی کاهش می یابد و در جنوب شرق در محدوده مورد بررسی در مواردی به حتی کمتر از ۵۰ متر می رسد (شکل (۱)).

³ Master

⁴ Slave



شکل (۱): سطح تراز سفره های آبی زیرسطحی

در روش مورد استفاده در این تحقیق که تداخل سنجی تفاضلی می باشد از زوج تصاویر SAR استفاده گردیده است. انجام تداخل سنجی با استفاده از تصویری که قدیمی تر می باشد بعنوان تصویر اصلی^۵ و تصویر جدیدتر بعنوان تصویر وابسته^۶ صورت می پذیرد. انتخاب این زوج تصاویر ماهواره ای بمنظور پردازش های تداخل سنجی میکروویو (روزنه مصنوعی) جزء مراحل بسیار موثر در روش تداخل سنجی تفاضلی می باشد، که بسته به مقصود نهایی انجام تداخل سنجی شرایط و نحوه انتخاب اطلاعات با یکدیگر متفاوت می باشد.

در انتخاب این داده ها یعنی زوج تصویر مناسب دلایل و عوامل بسیاری موثر می باشند که این علل بایستی بطور همزمان و همراه باهم در نظر گرفته شوند. اولین اصل در مسیر پردازش به این روش، گزینش تصاویر و داده مناسب جهت تداخل سنجی می باشد و این در حالی است که چنانچه این مهم رعایت نگردد امکان ایجاد یک تداخل نگار اصلا وجود نخواهد داشت.

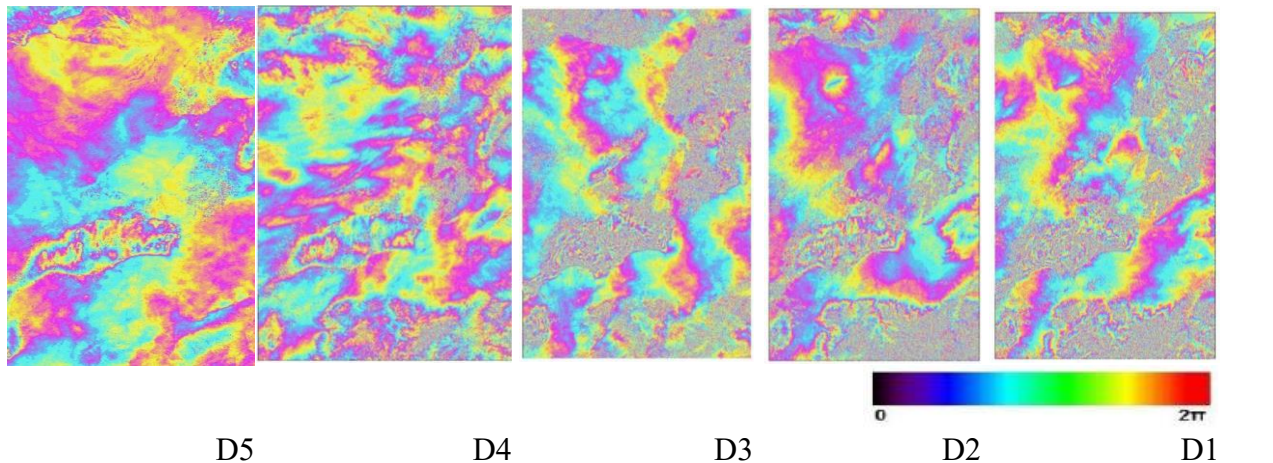
جدول (۲): داده های مربوط به زوج تصاویر استفاده شده

	Name	Normal Baseline	Critical Baseline	Range Shift	Azimuth Shift (pixel)	Doppler Centroid. diff	Critical
2006	D1	189.23	2159.744	-6.67	36.945	-4.255	1705.227
2007	D2	157.148	2159.575	-5.670	18.592	-6.827	1705.227
2008	D3	164.672	2160.633	17.32	-8.617	-2.075	1705.227
2009	D4	128.527	2159.573	22.935	-8.954	17.964	1705.227
2010	D5	96.777	2159.829	6.121	30.371	-12.15	1705.227

فیلترگذاری بر روی تصویر

تداخل نگار تفاضلی حاصل در برگزیده مقداری نویز می باشد. عامل به وجود آورنده این نویزها می تواند متفاوت باگردید، دو عامل اصلی در به وجود آمدن آنها تاثیرگذار می باشد. تصویر شکل (۲) تصاویر را پس از اعمال اصلاحات را نشان میدهد.

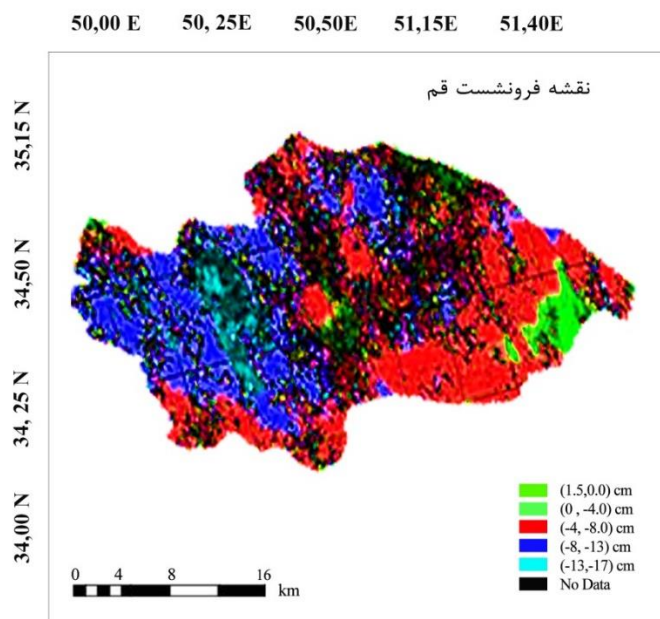
⁵ Master⁶ Slave



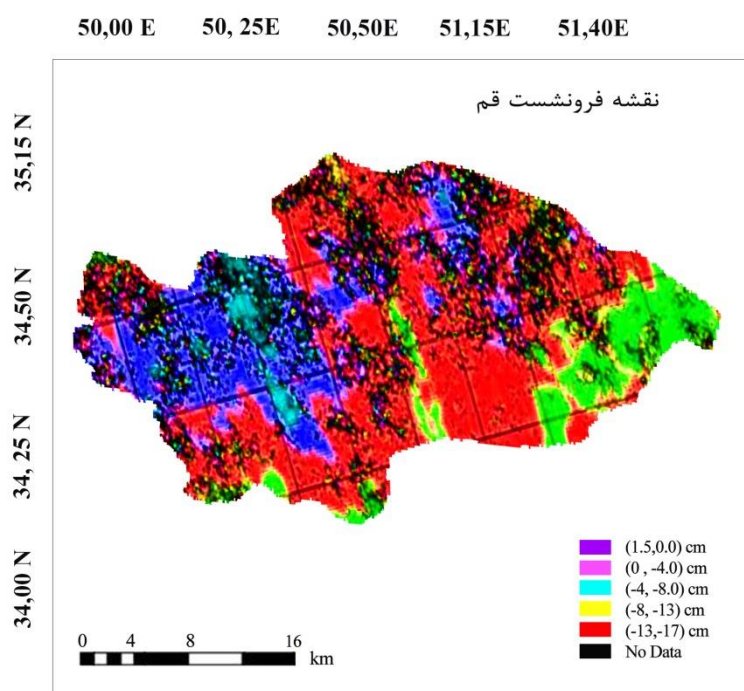
شکل (۲): زوج تصاویر پنج گانه پس از اعمال تصحیح

تبدیل فاز مطلق به جابجایی

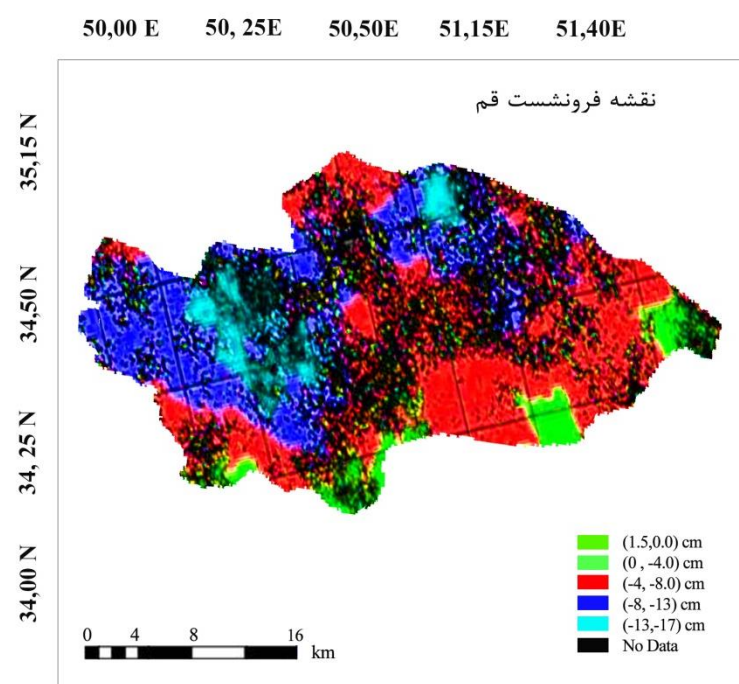
مقادیر و اندازه دامنه تغییرات فاز تعریف کننده تغییرات ارتفاعی به اندازه نیمی از طول موج می‌باشد، با در نظر داشتن این نکته که طول موج تصویربرداری و برداشت داده در سنجنده و ماهواره ASAR، ۵.۶ سانتیمتر می‌باشد و میزان تغییرات به مقدار ۲ برابر خواهد بود لذا تغییرات ارتفاعی به اندازه ۲.۸ سانتیمتر خواهد بود. با حذف نویز و اثر فاز مربوط به لرزش سکو و جابجایی‌های مداری به سادگی فاز مطلق حاصل را می‌توان تبدیل به جابجایی‌های ارتفاعی نمود. در فرایند تبدیل فاز به ارتفاع برای هر پیکسل یک مقدار معادل با میزان تغییرات ارتفاعی در همان نقطه (پیکسل) بدست خواهد آمد. همچنین با بهره‌گیری از نقشه‌ها و مدل‌های فرونشست مقدار نشست و خیزش در بخش‌های متفاوت در دسترس خواهد بود. در نقشه‌های فرونشست و جابجایی ارتفاعی مقادیر منفی بیان کننده حرکت به سوی پایین یا همان فرونشست می‌باشد. همه مراحل بیان گردیده، در این تحقیق بر روی تعداد پنج زوج تصویر از ماهواره ASAR اعمال گردیده و نهایتاً مدل و نقشه‌های فرونشست تهیه گردید. بمنظور کاهش حجم اطلاعات و همچنین افزایش دقت در محدوده مورد مطالعه از کل تصویر مربوطه صرفاً قسمت‌هایی که مربوط به به فرونشست در منطقه بود برش خورد و نقشه‌های فرونشست منطبق بر منطقه قم ارائه گردید. (شکل (۳))



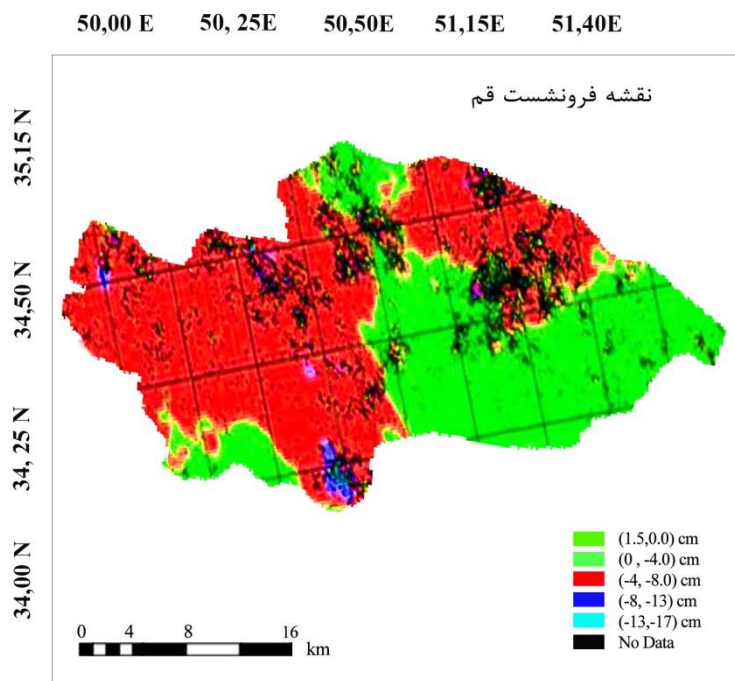
D1



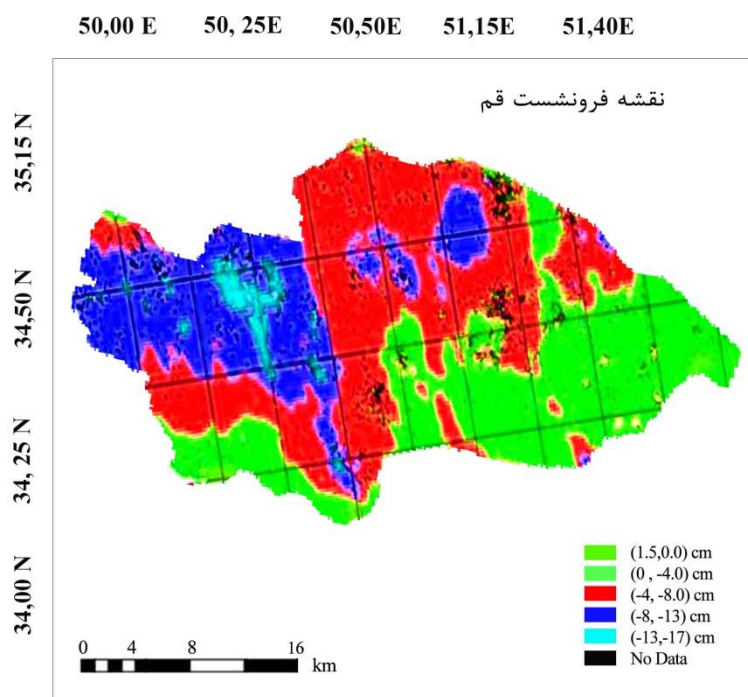
D2



D3



D4



D5

شکل (۳): نقشه های حاصله از زوج تصاویر پنج گانه برای فرونشست قم

نتیجه گیری

تحلیل های مرتبط با مدل های فرونشست و جابجایی مشخص گردید که مقادیر فرونشست مربوط به زوج تصویری که با نام مختصر D_5 معرفی شده است دارای کمترین مقدار نقاط مجهول یا همان نقاط بدون اطلاعات می باشد و به لحاظ بصری شرایط مناسب تر و مساعد تری را دارد. چندین عامل متفاوت در این زمینه موثر می باشد، دلیل اول مرتبط با خط مبنای مکانی بوده و در میان تمامی زوج تصاویر مورد بهره جویی این شرط که بایستی خط مبنای مکانی کمتر از ۲۰۰ متر باشد رعایت گردیده است ولی نباید این نکته را نادیده گرفت که مقادیر خط مبنای مکانی هر مقدار به عدد صفر متمایل تر گردد بهتر و مناسب تر می باشد. در این تحقیق زوج تصویر D_5 در مقایسه با سایر زوج تصاویر کمترین میزان خط مبنای مکانی را داراست.

عامل اثرگذار دیگر میزان هم فازی یا همدوستی میان زوج تصاویر می باشد. این مقدار در ارتباط مستقیم میان همبستگی سیگنالی میان تصاویر است و در زوج داده هایی که مقدار هم فازی کمتری را دارند همبستگی میان آن ها مقادیر کمتری به خود اختصاص می دهند. زوج تصویر D_5 بیشترین میزان همدوستی را داشته و این مهم موجب می گردد نقاط مجهول در آن محدوده که تصویر شده به مقدار زیادی کاسته شود.

عامل پایانی که موثر در کیفیت مدل های فرونشست می باشد خط مبنای زمانی بود. این عامل در حقیقت معرف بازه زمانی میان تهیه دو تصویر می باشد و با عنایت به اینکه تصاویر بهره جویی گردیده از باند C تهیه گردیده اند لذا تصاویر سنجنده مربوط به ماهواره ASAR در تحلیل های فرونشست در محدوده مورد مطالعه در بازه زمانی کمتر نتایج بهتری را ارائه می دهد. مجدداً این نتیجه ذکر می گردد که زوج تصویر D_5 کمترین خط مبنای زمانی را دارا بوده است.

با عنایت به این نکته که بطور کلی فرونشست به گونه ای ناحیه ای عمل می نماید و بر مناطق مشخصی تاثیر می دهد این امکان وجود دارد که برای نقاطی از محدوده مورد بررسی که مقادیر فرونشست و جابجایی زمین در آن ها اطلاعاتی موجود نمی باشد با بهره گیری از اطلاعات پیکسل های مجاور آن مقادیر فرونشست را تخمین زد.

با برداشت نامتعارف از منابع آب زیر سطحی کاهش فشار منفذی را خواهیم داشت. حفره های موجود در آبخوان ها که در حالت معمول از آب پر می باشند با کاهش سطح آب زیر سطحی در سفره ها از هوا پر می شوند و متعاقب آن به علت کاهش فشار میان منافذ سفره، میان نیروی وارده بر اثر وزن لایه های بالایی و فشار منفذی تعادل از بین خواهد رفت و نیروی ناشی از وزن لایه ها موجب فشرده گردیدن لایه آبدار در آن آبخوان شده و نتیجه آن کاهش ضخامت لایه ها می گردد. در شکل (۵-۲) داده های بدست آمده از چاه های آب منطقه مشاهده می گردد. چنانکه مشهود است مقدار سطح آب زیر سطحی و زیرزمینی روندی کاهشی را دارد و این افت سطح آب زیر زمینی موجب خواهد شد حفرات موجود در لایه های سفره به جای آب از هوا پر خواهد شد و به تبع آن جابجایی میان لایه ها بصورت عمودی رخ خواهد داد همچنین موجب کاهش فشار در سطح زمین و نهایتاً فرو نشست و جابجایی رخ خواهد داد.

در منطقه قم از آبان تا فروردین به علت وجود بارش در منطقه تغذیه مجدد چاه های آب زیرزمینی را شاهدیم. در مدت ذکر شده به دلیل افزایش نرخ تغذیه چاه ها در مقابل برداشت از آن ها بطور مقطعی سطح آب در چاه های زیر سطحی افزایش میکند. با آغاز فصل زراعی و نیاز زراعتگران به آبیاری زمین های کشاورزی مقادیر برداشت آبار چاه ها نسبت به تغذیه آن افزایش پیدا کرده و شاهد کاسته شدن سطح آب در چاه های زیرزمینی خواهیم بود.

مقصود نهایی از این تحقیق تحلیل پدیده فرونشست که گاه فروچاله هم نامیده می شود در منطقه قم می باشد. پدیده فرونشست به علت حرکات آرام و نرم به سادگی قابل شناسایی نیست و صرفاً در شرایطی که موجب تغییرات ملموس و مشهود در سطح زمین و پیرو آن ایجاد آسیب به تاسیسات موجود در منطقه می گردد مشاهده می گردد. چندین روش در آشکارسازی و تعیین میزان فرونشست بهره جویی می گردد که مناسب ترین آن ها بهره جویی از اطلاعات های میکروویو (روزنه مصنوعی) و راهبرد تداخل سنجی تفاضلی می باشد، از مزایای منحصر به فرد این متد هزینه کم، دقت زیاد بالا، سرعت و وسعت پژوهش ها و تحقیقاتی منطقه می توان اشاره نمود.

در این تحقیق از ده تصویر و داده راداری SAR مربوط به سنجنده انوی ست بهره گرفته شده است. این سنجنده در باند C اقدام به برداشت داده از سطح زمین می نماید. با بهره گیری از این داده ها تعداد پنج زوج تصویر برای انجام و اجرای تکنیک

تداخل سنجی بهره برده شده است. نتایج حاصل شده از اجرای این راهبرد، تولید مدل نهایی فرونشست در محدوده مورد مطالعه می‌باشد که در آن محدوده‌های دارای فرونشست که همچنان به دلیل حرکات آرام آن به خوبی مشهود نمی باشد و همچنین محدوده های دارای بیشینه فرو نشست و جابجایی نشان داده است.

منابع

- [۱] صالحی رضا، غفوری و لشگری پور و دهقانی، ۱۳۹۰، تحلیل پدیده فرونشست در دشت مهیار جنوبی و اثرات شکاف های ناشی از آن بر زمین‌های کشاورزی. هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران دانشگاه صنعتی شاهرود، شهریور ص ۷-۱
- [۲] فاطمی، باقر، رضایی، یوسف، ۱۳۸۹، مبانی سنجش از دور. انتشارات سی نور. چاپ دوم. ۱۵. فاطمی، باقر، رضایی، یوسف، ۱۳۸۹، مبانی سنجش از دور. انتشارات سی نور. چاپ دوم.
- [۳] شریفی کیا. ۱۴۰۱. تحلیل تحولات سطحی پوسته زمین حاصل از پدیده زلزله به کمک راهبردهای سنجش از دوری. مجموعه مقالات چهارمین نماینده بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام. زاهدان. ایران.
- [۴] شریفی کیا، محمد، ۱۳۹۰، سنجش و برداشت مخاطرات حاصل از پدیده نشست در اراضی مسکون تهران بزرگ، همایش مخاطرات محیطی شهر تهران، دانشگاه تربیت معلم.
- [5] Raucoules, D., Colesanti, C., Carnec, C., 2023 . Use of SARinterferometry for detecting and assessing ground subsidence. C. R. Geoscience 339, 289-302 .
- [6] Holdahl S. R. & Zilkoski D. B., 1991. Subsidence at Houston, Texas (1973-1987),(Proceedings of the Fourth Subsidence,). International Symposium on Land
- [7] Pacheco, J., Arzate, J., Rojas, E., Arroyo, M., Yutsis, V., & Ochoa, G., 2006. Delimitation of ground failure zones due to land subsidence usind gravity data and finite element modeling in the Queretaro valley, Mexico. Engineering Geology, 84:pp143-160
- [8] Gumilar Irwan., Hasanuddin. zAbidin., Heri Andreas., Teghuh. P ..Sidiq, Mahmud gamal., 2012. On mapping and evaluating the impact of land subsidence in bandung basin (indonesia), TS09F-Risk management in planning and GIS, 5638, Working week
- [9] .Li.C. Tang.X, Tuhua.M, (2006), Land subsidence caused by groundwater exploitation in the Hangzhou-Jiaxing-Huzhou Plain, China Hydrogeology Journal 14: 1652-1665 Springer ,
- [10] Schoeneberger, P.J. and Wysocki, D.A., 1997. Glossary of geology, American Geological Institute, Alexandria, National Soil Survey Center, 4th Ed, p 769. ISBN 0-922152-34-9
- [11]Turco 2011, Measured land surface subsidence in Harris & Galveston Counties using borehole extensometer, 2011 annual ground water report) ,Addicks, Northeast Houston, and Lake Houston), April 27, 2011, p 36 ,
- [12]Webb.R, Leake.S, (2006), Ground-water surface-water interactions and long- term change in riverine riparian vegetation in the southwestern United States, Journal of Hydrology 320, 302-323
- [13] M. amighpey., s. arabi., y. jamour., 2009. Monitoring Yazd subsidence, central Iran, by precise leveling and D-InSAR. Geophysical Research. Vol. 11, EGU2009-8189 .