

# بررسی عوامل ساختاری و غیرساختاری موثر بر فرونشست دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد با تلفیق نتایج روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری و اطلاعات زیرسطحی

رضوانه حمیدی<sup>۱</sup>، حجت اله صفری<sup>۲</sup> و مهاسا روستایی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان
۲. دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان
۳. استادیار، گروه سنجش از دور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۵

## چکیده

دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد که در زیربخش جنوب‌باختری بخش باختری کپه‌داغ قرار دارد، طی چند دهه گذشته درگیر فرونشست شده است. یکی از موثرترین روش‌ها در ارزیابی فرونشست، روش تداخل‌سنجی راداری است. روشی موثر و سریع با پوشش وسیع در نشان دادن میزان تغییرات وارده در سطح زمین با قدرت تفکیک مکانی بالا است. در این پژوهش این دشت برای تعیین الگوی فرونشست و ارتباط آن با ساختارها و برداشت بی‌رویه آب از آبخوان‌ها انتخاب شد تا با استفاده از تلفیق تداخل‌سنجی راداری با اطلاعات زیرسطحی رابطه بین الگوی فرونشست با این مشخص شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، بخش‌هایی از این دشت در حال برخاستگی (بیش از ۱۹+ میلی‌متر در سال) است. درحالی‌که فرونشست در این دشت بیشتر منحصر به دو نوار با امتدادهای ۵۰-۴۰ N (به پهنای ۱۴ کیلومتر) و S-N (به پهنای ۹ کیلومتر) با نرخ حدود ۹- تا ۱۴/۷- میلی‌متر در سال می‌باشند. ارتباط سنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با ساختارهای زیرسطحی شناسایی شده نشان می‌دهد، این دو نوار فرونشست بر دو ساختار اصلی زیرسطحی شناسایی شده منطبق می‌باشند. ارتباط سنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با موقعیت چاه‌های بهره‌برداری نشان می‌دهد، الگوی فرونشست حتی در مناطقی که چاهی حفر نشده و برداشتی از آب‌های زیرزمینی صورت نمی‌پذیرد نیز ادامه پیدا کرده است. یا در جاهایی، علیرغم حفر چاه‌های پرشمار و برداشت بی‌رویه، بجای فرونشست، برخاستگی ثبت شده است. به این ترتیب، این نتایج نشان می‌دهد، الگوی فرونشست دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد بیشتر تابع ساختارهای زیرسطحی اصلی است و به مقدار کمتری تابع برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** فرونشست، سنجش از دور، تداخل‌سنجی راداری، دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد، اطلاعات زیرسطحی.

## مقدمه

این پدیده گاهی به علت برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها یا انحلال و فرسایش زیرسطحی رخ می‌دهد و می‌تواند منجر به حوادث جبران‌ناپذیری مانند آسیب به زیرساخت‌ها و حتی نابودی منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق حساس از نظر ویژگی‌های

فرونشست سطح زمین می‌تواند یکی از خطرناک‌ترین پدیده‌های طبیعی باشد و به صورت حرکات قائم دیده می‌شود.

\* نویسنده مرتبط: safari.ho@gmail.com

کیا، (۱۳۹۱) و دشت رفسنجان گزارش شده است. از روش‌های مورد استفاده در پایش فرونشست دشت‌ها، اندازه‌گیری‌های صحرایی، برداشت‌های GPS و تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی راداری است. که از بین این‌ها این تکنیک روشی ارزشمند در نشان دادن میزان تغییرات وارده در سطح با قدرت تفکیک مکانی بالا می‌باشد (Beradio et al., 2002). این روش قادر به انجام محاسبه دقیق تغییرات سطح زمین در بازه‌های زمانی متفاوت است. افرادی در ایران با استفاده از تداخل‌سنجی راداری اقدام به محاسبه نرخ فرونشست در دشت‌های ایران کرده‌اند. از جمله آنها می‌توان به این موارد اشاره کرد: جنت و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از تداخل‌سنجی راداری و شکاف‌سنج، فرونشست زمین در دشت گلپایگان را پایش کردند. حقیقت مهر و همکاران (۱۳۸۹)، از تکنیک تداخل‌سنجی راداری برای تعیین نرخ فرونشست دشت هشتگرد، با استفاده از چهار تصویر راداری ENVISAT ASAR مربوط به گذر ۱۴۹، در بازه زمانی چهار ماهه (۱۱ جولای ۲۰۰۸ تا اکتبر ۲۰۰۸)، بیشینه مقدار نرخ فرونشست را در این دشت ۳۵ میلی‌متر در ماه به دست آوردند. شریفی‌کیا (۱۳۹۱) به کمک تداخل‌سنجی راداری اقدام به تعیین میزان و دامنه فرونشست در دشت نوق-بهرمان کرد. صالحی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از این روش فرونشست در دشت مهیار را بررسی کردند. میرشاهی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از تداخل‌سنجی راداری بر روی تصاویر Terra SAR-X اقدام به اندازه‌گیری فرونشست کردند.

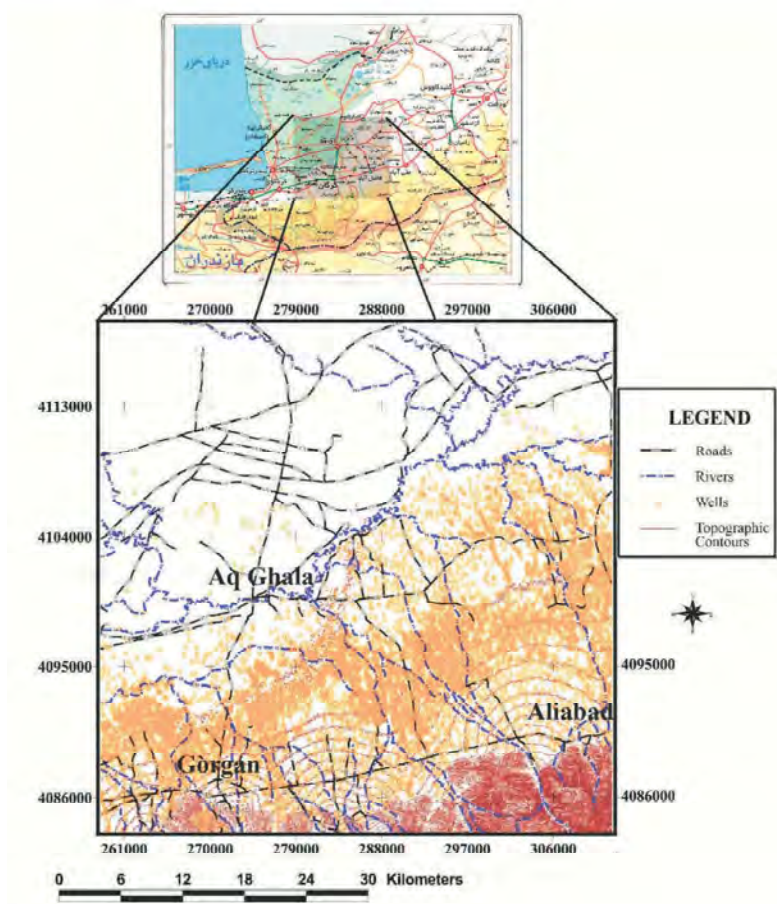
یکی از دشت‌های ایران که طی چند دهه گذشته درگیر فرونشست شده است، دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد می‌باشد. تورانی (۱۳۹۵) با انجام تداخل‌سنجی راداری در دشت گرگان-آق‌قلا به این نتیجه رسید، سیگنال فرونشست مشاهده شده در گرگان به صورت شرقی-غربی است. به نظر می‌آید فرونشست هم‌روند با گسل اصلی منطقه گسل خزر باشد و این احتمال وجود دارد فرونشست شهر گرگان در ارتباط با گسل خزر نیز است. همچنین تورانی و همکاران (۱۳۹۷) با بهره‌گیری از روش تداخل‌سنجی و استفاده از

خاک و سنگ (Amelung et al., 2000; GSOF, 2016) شود. طبق تعریف سازمان زمین‌شناسی آمریکا، پدیده فرونشست زمین شامل فروریزش یا نشست رو به پایین سطح زمین است و می‌تواند دارای بردار جابجایی افقی کمی باشد (Amigh pe and Arabi, 2009). این حرکات از نظر شدت، وسعت و میزان مناطق درگیر محدود نمی‌باشد. فرونشست می‌تواند در اثر پدیده‌های طبیعی زمین‌شناختی مانند انحلال، آب شدن یخ‌ها، تراکم نهشته‌ها، حرکات آرام پوسته (خشکی‌زایی) و خروج گدازه از پوسته جامد زمین و یا فعالیت‌های انسانی نظیر معدنکاری، برداشت آب‌های زیرزمینی و یا استخراج نفت ایجاد شود (Amigh pe and Arabi, 2009). این پدیده ممکن است به صورت نشست تدریجی یا ناگهانی سطح زمین بر اثر تغییر شکل و جابجایی ذرات خاک ایجاد شود (Nasiri Khaneghah et al., 2014). بر همین اساس ارزیابی میزان فرونشست و کنترل تغییرات سطح زمین جهت صیانت از سازه‌ها در مناطق مسکونی و آبخوان‌ها در دشت‌های زیرکشت دارای اهمیت است.

متأسفانه شدت فرونشست در دشت‌های ایران دست کم ۹۰ برابر بیشتر از بحرانی‌ترین شرایط در کشورهای توسعه‌یافته جهان است. نرخ فرونشست سالانه چهار میلی‌متر در کشورهای پیشرفته بحرانی قلمداد می‌شود، این در حالی است که در سال ۸۵ نرخ فرونشست در کشور ما ۱۷ سانتی‌متر در سال بوده که در سال ۱۳۹۰ به ۳۶ سانتی‌متر در سال افزایش پیدا کرده است (روزنامه شرق، ۱۳۹۱). بیشترین گزارش‌ها از سراسر جهان در ارتباط با فرونشست زمین مربوط به نقاط خشک و کم باران است. این پدیده در گذشته در بسیاری از نقاط دنیا مانند ایالت آریزونا و کالیفرنای آمریکا، شهرهای اوزاکا و توکیو در ژاپن و نیز در ایتالیا، بانکوک تایلند، جاکارتا در اندونزی، کلکته در هندوستان و مکزیکوسیتی در مکزیک گزارش شده است (Larson et al., 2001). فرونشست در ایران در دشت‌هایی همچون دشت کاشمر در استان خراسان رضوی (لشکری پور و همکاران، ۱۳۸۵)، دشت مشهد (لشکری پور و همکاران، ۱۳۸۵)، دشت نیشابور (Dehghani et al., 2009)، دشت نوق و بهرمان (شریفی

به این ترتیب این فرضیه شکل می‌گیرد که علاوه بر بیلان منفی آبخوان دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد (به دلیل برداشت بی‌رویه)، عوامل زمین‌ساختی (ساختاری) نیز می‌تواند بر میزان و الگوی فرونشست دشت گرگان تاثیرگذار باشد. هدف این پژوهش، تعیین الگوی فرونشست (و برخاستگی) در دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد و بررسی اثر عوامل ساختاری و غیرساختاری بر این الگو با استفاده از تلفیق نتایج روش تداخل‌سنجی راداری با روزه ترکیبی<sup>۱</sup> با نتایج حاصل از بررسی‌های ساختاری سطحی و زیرسطحی می‌باشد. پهنه مورد مطالعه در دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد و در شرق حوضه خزر جنوبی با طول جغرافیایی  $54^{\circ} 17' 04''$  تا  $37^{\circ} 51' 05''$  درجه شرقی و عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 48' 44''$  تا  $37^{\circ} 15' 05''$  درجه شمالی در بخش باختری-مرکزی استان گلستان واقع شده است (شکل ۱).

تصاویر Envisat، میزان فرونشست دشت گرگان-آق‌قلا را ۴۸ میلی‌متر در سال برآورد کرده و آن را به برداشت بی‌رویه از چاه‌های پرشمار این منطقه نسبت دادند. حمیدی و همکاران (۱۳۹۸) نیز با استفاده از تداخل‌سنجی تفاضلی راداری اقدام به شناسایی و برآورد فرونشست دشت گرگان در دو بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۰ و ۲۰۰۵-۲۰۰۷ کردند. آنها حداکثر میزان فرونشست را ۵۶ میلی‌متر برای بازه زمانی ۲۰۰۷-۲۰۰۵ به دست آورده و آن را بیشتر به عملکرد ساختارها و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی از آبخوان‌های دشت نسبت دادند. این در حالی است که فرهودی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از ترازبایی و اندازه‌گیری‌های GPS فرونشست دشت گرگان را برای بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۰۸ به میزان ۱۳۵ میلی‌متر برآورد کرده‌اند. آنها علت عمده فرونشست را خشک‌سالی و همچنین حرکات زمین‌ساختی خزر جنوبی و بخش باختری کپه‌داغ مرتبط دانستند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی و موقعیت چاه‌های منطقه مورد مطالعه

1. Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (D-InSAR)

## زمین‌شناسی عمومی منطقه

گستره مورد بررسی در بخش باختری پهنه ساختاری کپه‌داغ قرار دارد. شکل‌گیری سیمای امروزی این پهنه ساختاری-رسوبی حاصل فازهای آلپ پایانی می‌باشد. توپوگرافی این پهنه، رابطه‌ای مستقیم با ساختارهای زمین‌شناسی دارد. به گونه‌ای که تاقدیس‌ها ارتفاعات و ناودیس‌ها دشت‌های میان‌کوهی را می‌سازند و سازندهای کربناتی مزدوران (ژوراسیک بالایی) و تیرگان (کرتاسه پایینی) واحدهای سیمان ساز گستره می‌باشند (آق‌نابتی، ۱۳۸۳). از نظر ساختاری کپه‌داغ را می‌توان به سه بخش ساختاری باختری، مرکزی و خاوری با سه روند متفاوت تقسیم کرد. ساختارهای اصلی مانند روند چین‌ها، روند گسل‌های اصلی رانده و همچنین امتداد کوه‌ها و دره‌ها، در این سه بخش متفاوت می‌باشد. بخش باختری کپه‌داغ دارای روند شمال‌خاوری-جنوب‌باختری است و از باختر بجنورد تا دشت گرگان (گستره گنبدکاووس-گرگان-آق‌قلا) کشیده شده است (افشار حرب، ۱۳۷۳). بخش باختری خود به دو زیربخش تقسیم شده است، یکی زیربخش خاوری که در آن رخنمون‌های سنگی کپه‌داغ در سطح زمین قابل مشاهده است و از باختر بجنورد تا منطقه مراوه‌تپه-مینودشت کشیده شده است. در حالی که زیربخش باختری، از باختر مینودشت آغاز شده و تا شمال دشت گرگان (منطقه گرگان-آق‌قلا) امتداد یافته و به جز نهشته‌های کواترنری، هیچ‌گونه رخنمون سنگی در آن قابل مشاهده نمی‌باشد. مهم‌ترین روند گسلش در این بخش، گسل‌هایی با روند شمال‌خاوری-جنوب‌باختری می‌باشند و کم‌وبیش به موازات گسل خزر (مرز کپه‌داغ-البرز) قرار دارند و دارای مکانیسم حرکتی امتداد لغز چپ‌بر با مقداری مولفه معکوس می‌باشند. همچنین در مرز باختری کپه‌داغ با حوضه خزر جنوبی، روندی لرزه‌زا با امتداد تقریبی شمال، شمال‌باختر-جنوب، جنوب‌خاوری دیده می‌شود و به نظر می‌رسد دارای مکانیسم امتداد لغز راست‌بر باشد (رضادوست، ۱۳۹۷).

دشت‌هایی نظیر گرگان و شیروان-بجنورد از نواحی فروافتاده کپه‌داغ محسوب می‌شوند. قدیمی‌ترین واحد گزارش شده در بخش شمالی دشت گرگان، سازند

چلکن است. این سازند شامل ۱۷۵ متر رسوبات رسی قهوه‌ای‌رنگ می‌باشد و در پلیوسن رسوب‌گذاری شده است (Khajeh, 2006). سازند آکچاگیل (پلیوسن) با ضخامت ۱۸۵ متر شامل رخساره‌های رسوبی دریایی، حاشیه قاره و آتشفشانی‌زاد می‌باشد. (Khajeh, 2006). سازند آپشرون به سن پلیستوسن و ضخامت ۴۳۰ متر شامل رس‌های خاکستری کم‌رنگ تا سبزرنگ با میان‌لایه‌هایی ماسه‌سنگ است (Torres, 2007). در بخش شمالی دشت گرگان سازندهای باکو، خزر، خاولینیسکین و نئوکاسپین (کوارترنری تا هولوسن) شامل رسوبات رس و سیلت و رسوبات بادی می‌باشند (Khajeh, 2006).

## روش مطالعه

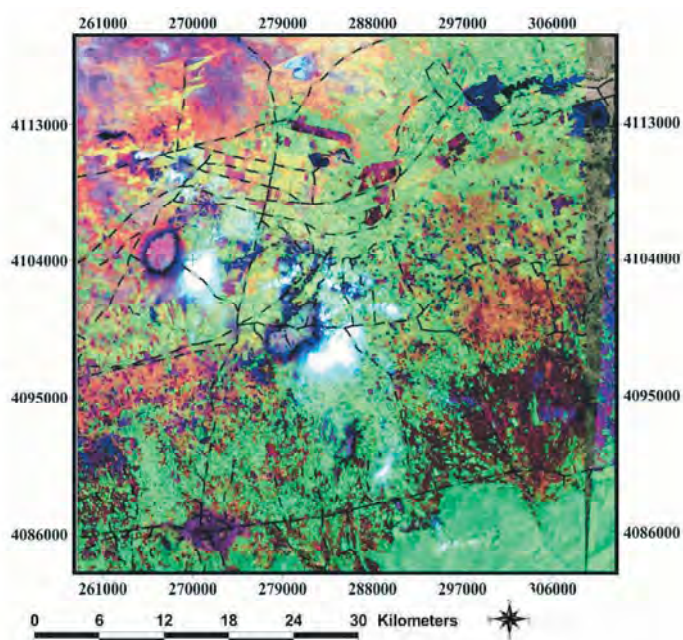
در این پژوهش از سه روش اصلی شامل روش سنجش از دور معمول برای استخراج عناصر ساختاری سطحی، روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری جهت محاسبه مقادیر فرونشست در بخش‌های مختلف گستره و همچنین تکنیک‌های GIS جهت استخراج عناصر ساختاری زیرسطحی و تلفیق اطلاعات در این محیط نرم‌افزاری استفاده شده است و به شرح زیر می‌باشند:

**الف- روش‌های سنجش از دور معمول:** اولین مرحله در سنجش از دور معمول، پیش‌پردازش است و شامل تصحیحات هندسی و اتمسفری بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat 8 ETM+ مربوط به سال ۲۰۱۰ می‌باشد و منجر به بهبود تصویر شده است. سپس برای استخراج شکستگی‌ها (و گسل‌ها) تصویر با ترکیب باند ۱-۴-۷ ساخته شده و با اعمال فیلترهای بارزکننده لبه‌ها و بالاگذر تصویر بارزسازی شد (Lillesand and Kiefer, 2000; Sobbins Floyed, 1996). همچنین برای بهبود و بالا بردن تفکیک مکانی از روش تلفیق تصاویر ترکیب ۷۴۱ (قدرت تفکیک ۲۸ متر) با باند ۸ پانکروماتیک (قدرت تفکیک ۱۴ متر) با استفاده از تکنیک PC Spectral Sharpening استفاده شد (شکل ۲).

در ادامه با اعمال فیلترهای جهت‌دار<sup>۱</sup> در جهت‌های ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه

1. Diffusion

2. Directional filter



شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای بارزسازی شده با ترکیب ۷۴۱ از ماهواره Landsat 8 ETM+

شده و تصویری به نام تداخل سنج<sup>۱</sup> تولید می‌کنند (شکل ۵). تداخل سنج تصویری است حاصل اختلاف فاز دو تصویر اخذ شده در دو زمان مختلف که از نظر هندسی به طور دقیق بر روی هم منطبق شده‌اند (Daniel et al., 2003).

این توانایی، اساسی روش تداخل سنجی راداری است و در تفاوت دامنه‌های تغییرات خط اریب<sup>۳</sup> دو موقعیت آنتن، با دقت کسری از طول موج (به شرط اختلاف فاز) می‌تواند اندازه‌گیری شود. این اختلاف فاز به دامنه تغییرات وابسته است و برای استخراج اطلاعات ارتفاع، می‌تواند ضمن پردازش یک مدل ارتفاعی رقومی تولید کند (Gabriel and Goldstein, 1988). فاز تداخل سنج حاوی اطلاعات توپوگرافی، خطاهای مداری، جابجایی هدف و تاثیرات اتمسفر است. برای به دست آوردن جابجایی سطح زمین در یک بازه زمانی، می‌بایست خطاهای مداری، اثرات توپوگرافی و نوفه<sup>۴</sup> اتمسفر از تداخل سنج حذف شود.

در این تحقیق، از باند C ماهواره ENVISAT ASAR با طول موج ۵/۷ سانتی متر مربوط به دو زوج تصویر در بازه‌های زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۰ و ۲۰۰۵-۲۰۰۷ (به عنوان کنترل) استفاده

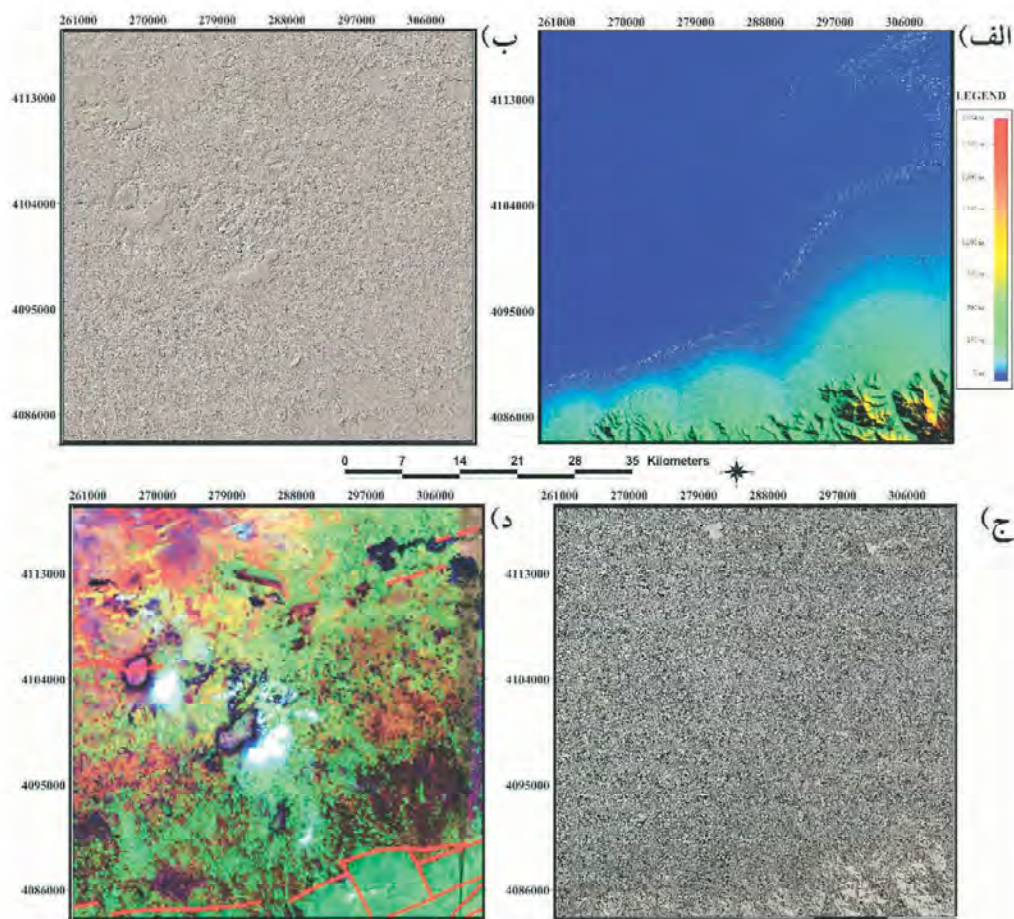
(شکل ۳-ب) شکستگی‌های موجود در منطقه شناسایی شدند (Safari et al., 2011). فیلترهای جهت‌دار نیز با مکانیسمی کم‌وبیش مشابه فیلترهای بارزکننده لبه‌ها، کلیه خط‌گونه‌ها نظیر جاده‌ها و راه‌آهن، رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، لبه تراس‌های آبرفتی، صخره‌ها، شکستگی‌ها و سایر پدیده‌های ژئومورفولوژیکی که سیمای خطی دارند را آشکار می‌کند. در نهایت، با اعمال فیلترهای جهت تابش خورشید بر روی مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM) (شکل‌های ۳-الف، ب و ج) با زاویه تابش‌ها و جهات مختلف، بارزسازی شکستگی‌ها انجام شد و بر اساس آنها و پیمایش‌های صحرائی، گسل‌ها تشخیص و به نقشه اضافه شد (شکل ۳-د). به این ترتیب نقشه ساختاری گستره شکل گرفت (شکل ۴).

**ب- روش تداخل سنجی تفاضلی راداری:** یکی از ابزارهای توانمند برای پایش پدیده فرونشست، روش تداخل سنجی راداری است. این روش با مقایسه فازهای دو تصویر راداری که از یک منطقه در دو زمان مختلف اخذ شده‌اند، قادر به تعیین میزان جابجایی قائم در سطح زمین در آن بازه زمانی می‌باشد. فاز اخذ شده از یک عارضه بر روی سطح زمین متناسب با فاصله آن تا سنجنده راداری است. در این تکنیک تصاویر مختلط راداری که حاوی مقادیر فاز و دامنه موج برگشتی از عارضه به سمت سنجنده هستند با یکدیگر ترکیب

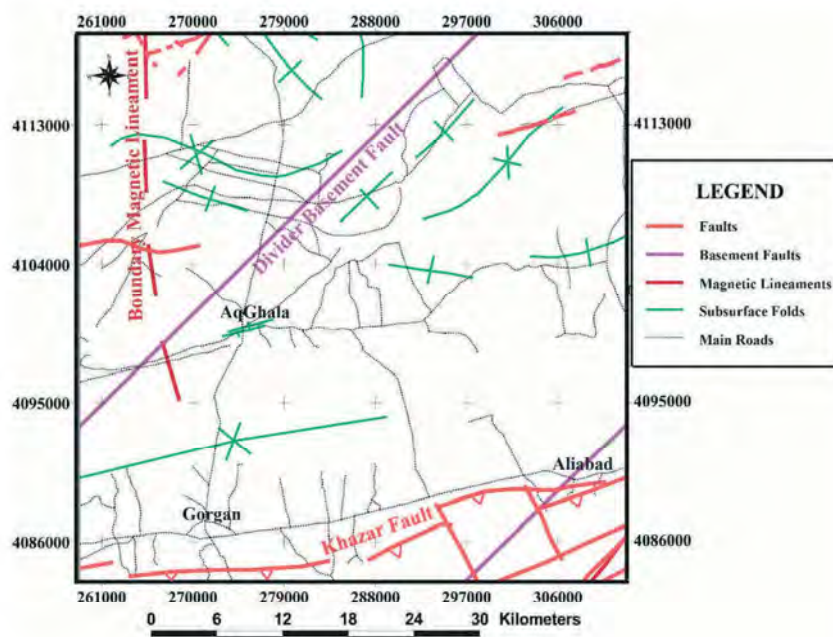
1. Digital Elevation Model (DEM)  
2. Interferogram  
3. Slant range  
4. Noise



بررسی عوامل ساختاری و غیرساختاری موثر بر فرونشست دشت گرگان ...



شکل ۳. الف) مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه، ب) اعمال فیلتر جهت‌دار بر روی باند R ترکیب (۷۴، ج) اعمال فیلتر جهت تابش خورشید بر روی DEM منطقه و د) استخراج شکستگی‌های سطحی منطقه



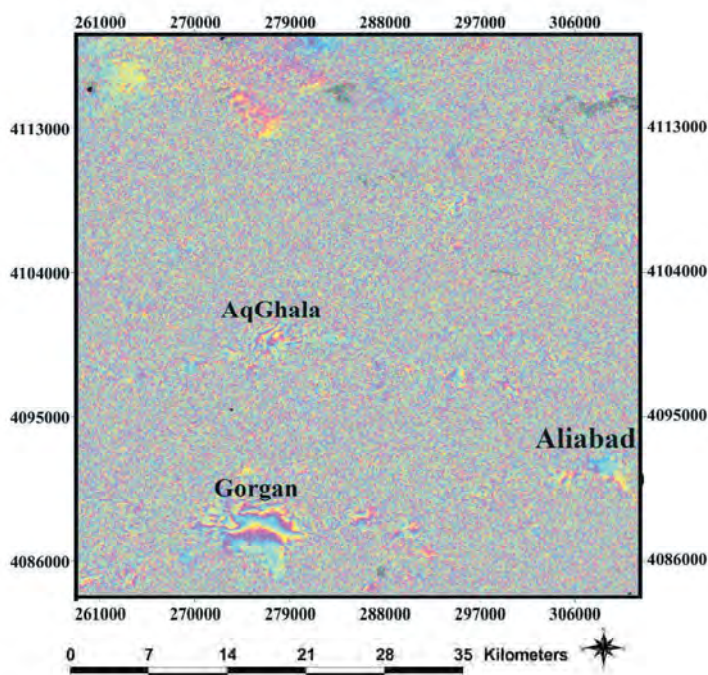
شکل ۴. نقشه ساختاری منطقه شامل ساختارهای سطحی و زیرسطحی

فرونشست استفاده شد. ابتدا دو تصویر تصحیحات هندسی و زمینگان شده تا از نظر هندسی کامل بر هم منطبق شوند. در یک تداخل سنج تفاضلی،  $2\pi$  تغییر فاز کامل معادل جابجایی ارتفاع نیمی از طول معادل جابجایی ارتفاع نیمی از طول سیگنال رادار در جهت دید ماهواره<sup>۲</sup> است.

شد. تهیه تداخل سنج زوج تصاویر به کاررفته (جدول ۱) در فضای نرم افزاری Sarscape 5.3 انجام شده است. برای تهیه تداخل سنج با داشتن زوج تصویر SLC با همدوستی به نسبت بالا، پارامترهای مداری دقیق معلوم و طول خط مبنای مناسب، به همراه یک DEM برای مطالعه

جدول ۱. مشخصات تصاویر راداری مورد استفاده گستره مورد مطالعه

Data name	Platform	Master Date	Slave Date	Track Master-Orbit Number	Track Slave-Orbit Number	Orbit Direction
West-T	ENVISAT	۲۰۰۵/۰۲/۲۵	۲۰۰۷/۰۱/۲۶	۰۰۵۶-۱۵۶۴۱	۰۰۵۶-۲۵۶۶۱	Ascending
West-NN	ENVISAT	۲۰۰۵/۰۲/۲۵	۲۰۱۰/۰۱/۱۵	۰۰۵۶-۱۵۶۴۱	۰۰۵۶-۴۱۱۹۲	Ascending



شکل ۵. تهیه تداخل سنج که در آن اختلاف فاز دو تصویر به دست آمده در دو زمان مختلف از نظر هندسی بر هم منطبق شده‌اند

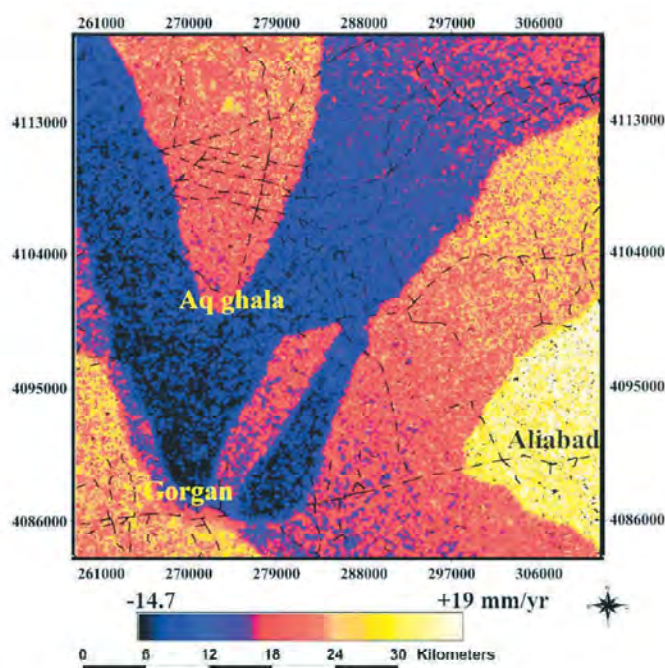
پوسته زمین است، تبدیل شوند. این تغییرات هم در جهت دید ماهواره و هم در جهت افقی و عمودی محاسبه شد. اساس تداخل سنجی راداری برای اندازه‌گیری اختلاف فاصله بین سنجنده و زمین، تفسیر اختلاف فاز است. باین‌حال، تنها مقادیر قابل اندازه‌گیری، یک بخش از این اختلاف فاز

خطاهای مداری با استفاده از اطلاعات دقیق به دست آمده توسط آژانس فضایی اروپا اصلاح شد. اثر اتمسفر به طور عمده ناشی از نوسانات بخار آب در اتمسفر، در مسیر پرتو رادار بین ماهواره و زمین است. تاخیر جوی با توجه به اینکه ساختار فرینچ آن در عرض چند تداخل سنج مستقل است می‌تواند شناسایی شود. به منظور حذف نوفه از فیلتر تطابقی<sup>۳</sup> استفاده شد. در مرحله بعدی فاز آشکارسازی<sup>۴</sup> نیز انجام شد تا فازها به مقداری که نشان دهنده جابجایی

1. Registered  
2. Line of Sight (LOS)  
3. Adaptive  
4. Unwrapping

است، یعنی مقدار اصلی، که فاصله  $(-\pi)$  و  $(\pi)$  یا  $(2\pi)$  نهفته است باعث ایجاد فرینچ‌های اینترفرومتریک می‌شود. فاز اندازه‌گیری شده را می‌توان به‌عنوان یک مقدار در فاصله  $(\pi-\pi)$  که روش آشکارسازی هاپس نامیده می‌شود (Goldstein et al., 1988) در نظر گرفت. در حالت ایده‌آل یک الگوی فرینچ مشخصه این روش است. در این مرحله ناپیوستگی‌های موجود در فاز در مناطق با وابستگی بالا از بین رفته و به‌عنوان فاز تداخل‌سنجی که به‌صورت دوره‌ای می‌باشد به‌صورت پیوسته (...-۳۶۰-۱۸۰-۰-۳۶۰-۱۸۰-۰) در می‌آید. مرحله بعد، مرحله (...-۷۲۰-۵۴۰-۳۶۰-۱۸۰-۰) در می‌آید. مرحله بعد، مرحله

مسطح‌سازی تداخل‌سنجی‌ها به‌منظور حذف مولفه فازی ناشی از اثرات توپوگرافیک می‌باشد. برای این کار یک مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۱۲ متر (برگرفته از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا) تهیه شده است. در مرحله پایانی تصویر جابجایی حاصل از تلفیق اطلاعات مراحل قبلی توسط نرم‌افزار Envi 4.8 حاصل شد (شکل ۶). در پایان برای کنترل مقادیر جابجایی ابتدا اقدام به ترسیم پروفیل‌هایی از میزان جابجایی شد (شکل ۷) و سپس در طی پیمایش‌های صحرائی، میزان جابجایی‌های قائم سطح زمین در قالب برخاستگی (شکل ۸) و فرونشست (شکل ۹) کنترل شدند.

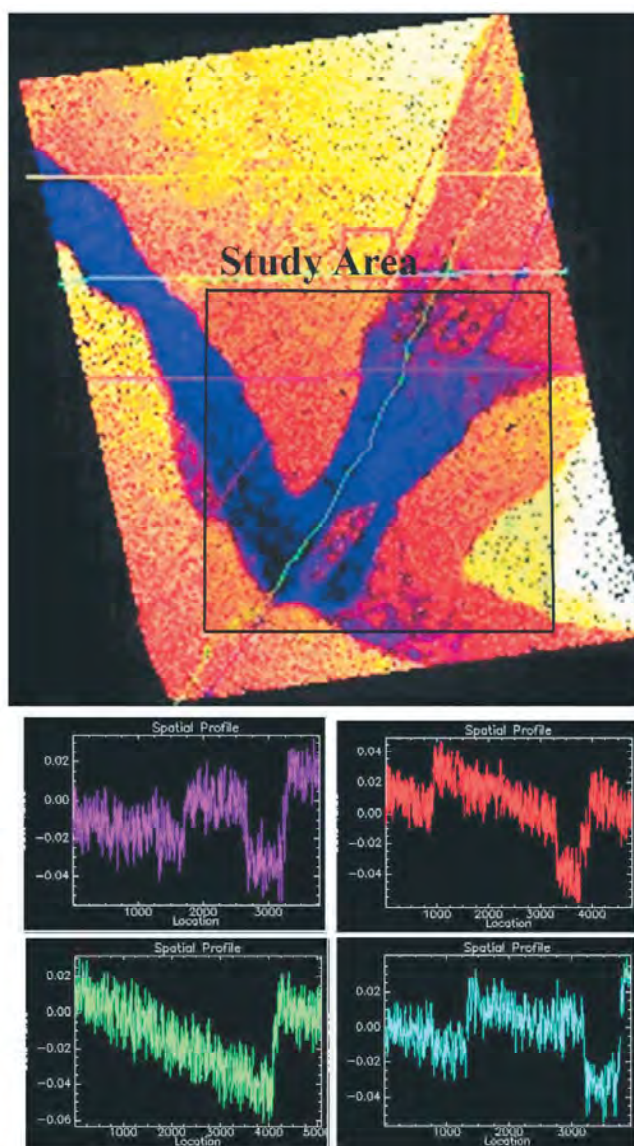


شکل ۶. تهیه نقشه میزان جابجایی قائم با استفاده از تداخل‌سنجی و اعمال فیلترها

- ج- تکنیک‌های GIS: تکنیک‌های به‌کاررفته عبارتند از:
- استخراج اطلاعات ساختاری سطحی: پس از اعمال فیلترهای مختلف بر روی تصویر ماهواره‌ای، با استفاده از روش‌های نیمه‌خودکار چشمی ساختارها شناسایی و سپس در محیط GIS رقومی شده و به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی با فرمت شیپ فایل<sup>۳</sup> (.shape\*) ذخیره شدند. در نهایت با روی هم‌انداختن لایه‌های مختلف نقشه ساختاری به دست آمد (شکل ۴).
  - استخراج اطلاعات زیرسطحی: اطلاعات زیرسطحی استفاده شده در این پژوهش شامل نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی، نقشه خطواره‌های مغناطیسی و نقشه موقعیت چین‌های زیرسطحی (برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۸۵؛ Delvin, 1999; Nogol- (e-sadat and Almasian, 1993; NIOC, 1977 می‌باشند که برای شناسایی گسل‌های بی‌سنگی و

1. Hase unwrapping  
2. High coherence  
3. Shape file



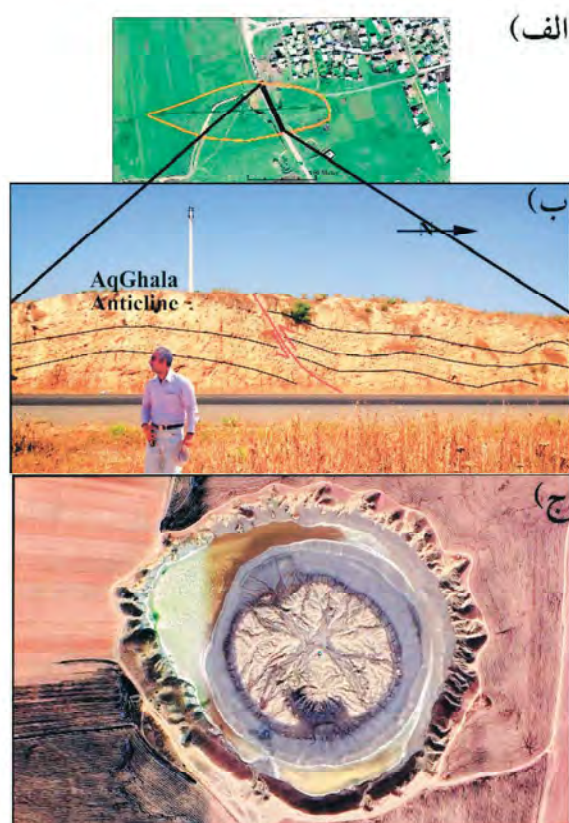


شکل ۷. تهیه چهار پروفیل از میزان جابجایی‌ها در بخش‌های مختلف

شد و سپس به‌عنوان یک لایه اطلاعاتی (شیپ فایل) ذخیره شد. در نهایت با استفاده از توابع محیط GIS این اطلاعات بر روی لایه‌های اطلاعاتی ساختاری (سطحی و زیرسطحی) انداخته شده و یک نقشه جامع جهت ارتباط سنجی الگوهای فرانشست-برخاستگی با وضعیت ساختارها به دست آمد (شکل ۱۰). همچنین در ادامه لایه اطلاعاتی فرانشست-برخاستگی بر روی محل چاه‌های بهره‌برداری انداخته شده و ارتباط الگوهای فرانشست-برخاستگی با تراکم چاه‌ها بررسی شد (شکل ۱۱).

چین‌های زیرسطحی از آنها استفاده شد. برای این کار نقشه‌های فوق ابتدا در محیط GIS زمینگان شده و سپس با استفاده از توابع این محیط رقومی شدند. در نهایت این ساختارها استخراج شده بر روی سایر ساختارهای سطحی انداخته شده و نقشه ساختاری گستره تهیه شد (شکل ۴).

- ارتباط سنجی الگوهای فرانشست-برخاستگی با ساختارها و تراکم چاه‌های بهره‌برداری: تصویر جابجایی حاصل از تلفیق اطلاعات در محیط GIS رقومی شده و سپس اقدام به شناسایی پهنه‌ها و دسته‌بندی آنها برای پی‌بردن به الگوهای فرانشست و برخاستگی



شکل ۸. الف و ب) برخاستگی در طول چین‌های در حال رشد، ج) برخاستگی مخروط گل‌فشان قارنیارق



شکل ۹. الف و ب) پدیده لوله‌زایی ناشی از ۲۵ سانتی‌متر فرونشست دشت

## بحث

شواهد صحرایی این برخاستگی‌ها را می‌توان در قالب بروز چین‌های در حال رشد (شکل‌های ۸-الف و ب) و همچنین برخاستگی مخروط‌های مربوط به گلفشان‌های منطقه (شکل ۸-ج) مشاهده کرد. این در حالی است که فرونشست در این دشت بیشتر منحصر به دو نوار با امتدادهای N40-50 (به پهنای ۱۴ کیلومتر) و N-S (به پهنای ۹ کیلومتر) با نرخ حدود ۹- تا ۱۴/۷ میلی‌متر در سال می‌باشند. این دو نوار فرونشست در حدفاصل گرگان-آق‌قلا به هم‌دیگر برخورد می‌کنند. شواهد صحرایی این فرونشست‌ها در این دو نوار را می‌توان در قالب پدیده لوله‌زایی چاه‌های در حال بهره‌برداری مشاهده کرد (شکل‌های ۹-الف و ب).

## بحث پیرامون نتایج و ارتباط سنجی بین الگوی فرونشست-برخاستگی و ساختارها

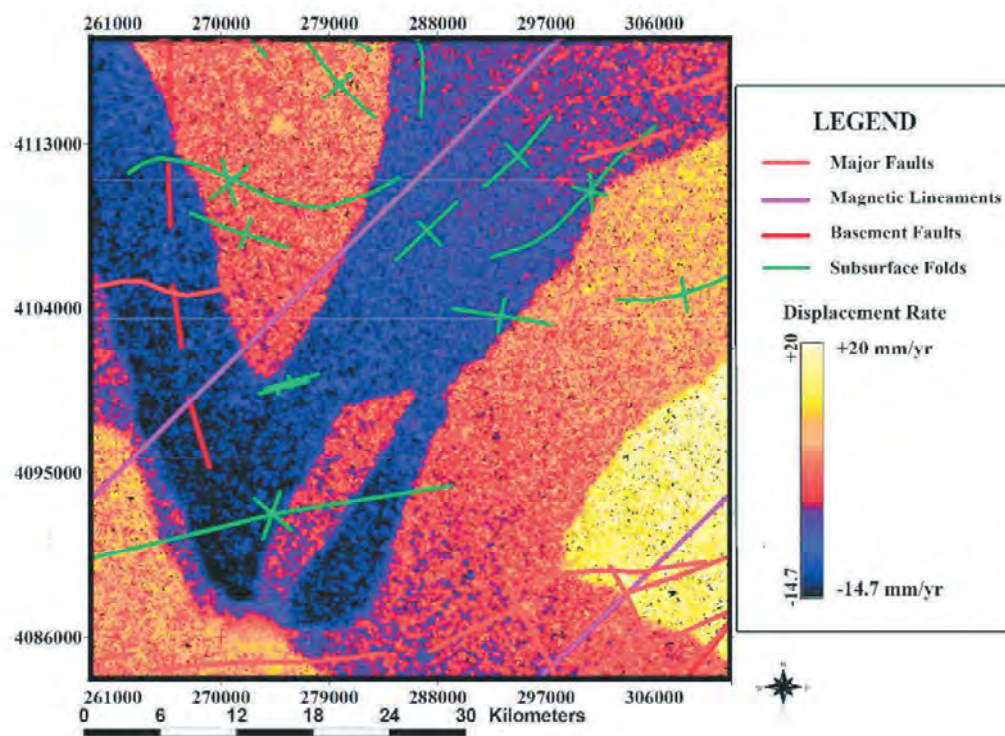
یکی از دشت‌های ایران که طی چند دهه گذشته درگیر فرونشست شده است، دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد می‌باشد و در زیربخش جنوب‌باختری بخش باختری کپه‌داغ قرار دارد. به‌جز نهشته‌های کواترنری، هیچ‌گونه رخنمون سنگی در این زیربخش قابل مشاهده نمی‌باشد. افشار حرب (۱۳۷۳) و رادفر (۱۳۹۷) نیز بدین مسئله اشاره کرده‌اند. در این بخش هیچ‌گونه رخنمون سنگی وجود ندارد و فقط در چاه‌های عمیق حفر شده برخی از سازندهای کرتاسه قابل مشاهده است. قاسمی و همکاران (۱۳۸۶) به بحث فرونشست بخش باختری کپه‌داغ پرداخته و این نبود رخنمون واحدهای سنگی را به این مسئله ارتباط دادند.

تورانی (۱۳۹۵) با انجام تداخل سنجی راداری در دشت گرگان-آق‌قلا به این نتیجه رسید، سیگنال فرونشست مشاهده شده در دشت گرگان به صورت شرقی-غربی است. به نظر می‌آید فرونشست هم‌روند با گسل اصلی گسترده یعنی گسل خزر است و این احتمال وجود دارد که فرونشست شهر گرگان در ارتباط با گسل خزر نیز باشد. ساختارهای سطحی استخراج و پیمایش شده در این پژوهش نیز نشان می‌دهد، مهم‌ترین گسلش سطحی در مرز کوه-دشت، گسل خزر می‌باشد و دارای مکانیسم حرکتی امتدادلغز چپ‌بر با

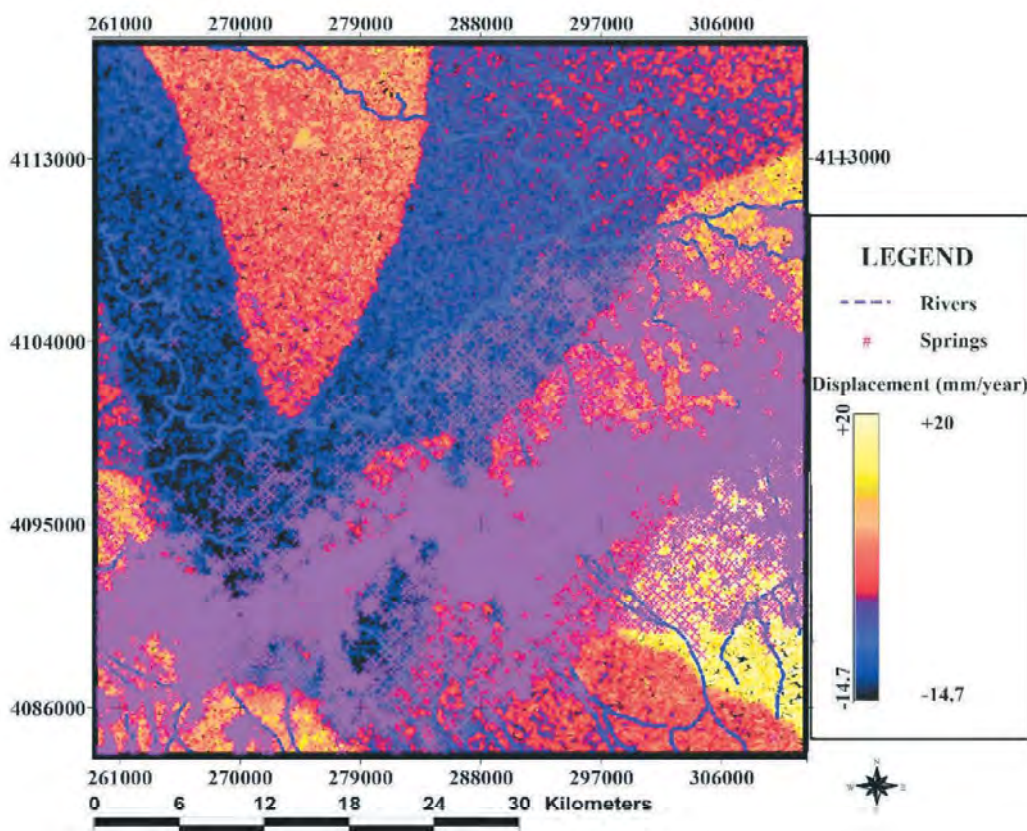
- **بررسی‌های ساختاری:** در بررسی ساختارهای سطحی، گسل اصلی خزر با امتداد تقریبی N60-70 شناسایی و به نقشه درآمد. اطلاعات صحرایی به‌دست‌آمده، نشان می‌دهد این گسل، گسلی معکوس با مقداری مولفه امتدادلغز چپ‌بر می‌باشد و عملکرد آن سبب راندگی شیست‌های منتسب به باقیمانده پالئوتتیس بر روی دشت آبرفتی جنوب گرگان شده است. در بررسی‌های ساختارهای زیرسطحی استخراج‌شده از نقشه‌های موجود، خطواره‌های مغناطیسی با روندی کم‌وبیش مشابه گسل خزر در یال شمالی البرز قرار گرفتند (شکل ۴). همچنین یک گسل پی‌سنگی با روندی کم‌وبیش N40-50 نیز از وسط دشت (شمال آق‌قلا) به‌صورت اریب عبور کرده است. در شمال این گسل زیرسطحی روندهای ساختاری (چین‌های مدفون) دچار خمشی آشکار شده‌اند (شکل ۴). از دیگر ساختارهای شناسایی شده، چین‌های زیرسطحی می‌باشند و دارای دو روند به‌طور کامل متمایز می‌باشند، به‌گونه‌ای که در مرکز و شمال خاور دشت دارای روند شمال‌خاور- جنوب‌باختری (مشابه روند بخش باختری کپه‌داغ و حتی یال شمال البرز) هستند. درحالی‌که این چین‌ها با رسیدن به یک گسل پی‌سنگی مدفون (در شمال آق‌قلا) دچار خمشی آشکار شده و ۹۰ درجه خمیده شده و دارای روند شمال‌باختر- جنوب‌خاوری در بخش شمال‌باختری دشت شده‌اند. همچنین در باختر شهرستان آق‌قلا، یک خطواره مغناطیسی با روند کم‌وبیش شمالی-جنوبی شناسایی شد که به نظر رضادوست (۱۳۹۷) مرز باختری کپه‌داغ و حوضه خزر جنوبی را تشکیل داده است.

- **بررسی الگوهای فرونشست و برخاستگی:** پس از تهیه نقشه حرکات قائم در دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد و مشاهده الگوهای فرونشست و برخاستگی در این گستره مشخص شد که علیرغم انتظار ما بخش‌هایی از این دشت به‌عنوان ادامه باختری کپه‌داغ، در حال برخاستگی است و حتی در برخی مناطق بیش از ۱۹ میلی‌متر در سال می‌باشد (شکل ۶).





شکل ۱۰. ارتباطسنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با ساختارهای زیرسطحی



شکل ۱۱. ارتباطسنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با موقعیت چاه‌های بهره‌برداری



زیرسطحی شناسایی شده منطبق می‌باشند. به‌این ترتیب، به نظر می‌رسد که این روندهای فرونشست از روندهای ساختارها پیروی می‌نمایند.

ارتباطسنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با موقعیت چاه‌های بهره‌برداری (شکل ۱۱) نشان می‌دهد، الگوی فرونشست حتی در مناطقی که چاهی حفر نشده (مناطق شمال‌باختری و شمال‌خاوری) و برداشتی از آب‌های زیرزمینی صورت نمی‌پذیرد نیز ادامه پیدا کرده است. یا حتی در جاهایی مانند جنوب‌خاوری دشت مذکور (منطقه علی‌آباد)، علیرغم حفر چاه‌های پرشمار و برداشت بی‌رویه، بجای فرونشست، برخاستگی ثبت شده است.

به‌این ترتیب، این نتایج نشان می‌دهد الگوی فرونشست دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد بیشتر تابع ساختارهای زیرسطحی اصلی است و به مقدار کمتری تابع برداشت بی‌رویه از چاه‌ها می‌باشند. به‌این ترتیب این فرضیه شکل می‌گیرد، علاوه بر بیلان منفی آبخوان دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد (به دلیل برداشت بی‌رویه)، عوامل زمین‌ساختی (ساختاری) نیز می‌تواند بر میزان و الگوی فرونشست دشت گرگان تاثیرگذار باشد. این در حالی است که فرهودی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از ترازبایی و اندازه‌گیری‌های GPS میزان فرونشست دشت گرگان را برای بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۰۸ میزان ۱۳۵ میلی‌متر برآورد کرده و بیشترین علت را علاوه بر خشکسالی، با حرکات زمین‌ساختی خزر جنوبی و بخش باختری کپه‌داغ مرتبط دانستند.

### نتیجه‌گیری

ارتباطسنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با ساختارهای زیرسطحی شناسایی شده نشان می‌دهد که دو نوار فرونشست بر دو ساختار اصلی زیرسطحی منطبق می‌باشند. با توجه به این ارتباطسنجی، می‌توان نتیجه گرفت که الگوی فرونشست دشت گرگان-آق‌قلا-علی‌آباد بیشتر تابع ساختارهای زیرسطحی اصلی است همچنین، ارتباطسنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با موقعیت چاه‌های بهره‌برداری نشان می‌دهد، که حتی در جاهایی که برداشت بی‌رویه توسط حفر چاه‌های پرشمار صورت پذیرفته

مقداری مولفه معکوس می‌باشد.

به اعتقاد رضادوست (۱۳۹۷) روندی لرزه‌زا نیز با امتداد کم‌وبیش شمالی-جنوبی، مرز باختری کپه‌داغ با حوضه خزر جنوبی را رقم زده است و دارای مکانیسم امتدادلغز راست‌بر است و تعداد زیادی گلفشان در طول آن تظاهر کرده‌اند. تحلیل اطلاعات زیرسطحی در این پژوهش نیز این گسل پی‌سنگی را به اثبات می‌رساند. همچنین این اطلاعات یک گسل پی‌سنگی دیگر با روندی کم‌وبیش 50-40 N نشان می‌دهند که از وسط دشت (شمال آق‌قلا) به‌صورت اریب عبور کرده است. در شمال این گسل زیرسطحی، روندهای ساختاری (چین‌های مدفون) دچار خمشی آشکار شده‌اند. تورانی و همکاران (۱۳۹۷) میزان فرونشست دشت گرگان-آق‌قلا را ۴۸ میلی‌متر در سال برآورد کرده و آن را به برداشت بی‌رویه از چاه‌های پرشمار این منطقه نسبت دادند. همچنین حمیدی و همکاران (۱۳۹۸) حداکثر میزان فرونشست را ۵۶ میلی‌متر برای بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۰۷ به دست آورده و آن را بیشتر به عملکرد ساختارها و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی از آبخوان‌های گستره نسبت دادند.

نتایج حاصل از برآورد میزان و الگوی فرونشست-برخاستگی در این پژوهش نشان می‌دهد، علیرغم نتایج پژوهش‌های قبلی که تنها به بحث فرونشست این دشت پرداخته‌اند؛ بخش‌هایی از این دشت (به‌عنوان ادامه باختری کپه‌داغ)، در حال برخاستگی است و حتی در برخی مناطق دارای میزان بیش از ۱۹+ میلی‌متر در سال می‌باشد. شواهد صحرایی این برخاستگی‌ها نیز در قالب رشد چین‌ها و مخروط‌های گلفشان‌های منطقه قابل مشاهده می‌باشد. این در حالی است که فرونشست در این دشت بیشتر منحصر به دو نوار با امتدادهای 50-40 N (به پهنای ۱۴ کیلومتر) و S-N (به پهنای ۹ کیلومتر) با نرخ حدود ۹- تا ۱۴/۷- میلی‌متر در سال می‌باشند. این دو نوار فرونشست در حدفاصل گرگان-آق‌قلا به‌همدیگر برخورد می‌کنند. شواهد صحرایی این فرونشست‌ها در قالب پدیده لوله‌زایی چاه‌ها دیده می‌شود.

ارتباطسنجی الگوی فرونشست-برخاستگی با ساختارهای زیرسطحی شناسایی شده (شکل ۱۰)، نشان می‌دهد که این دو نوار فرونشست بر دو ساختار اصلی

- است؛ بجای فرونشست، بعضاً برخاستگی ثبت شده است. به این ترتیب، می‌توان به این نتیجه رسید که علاوه بر تاثیر برداشت بی‌رویه از چاه‌ها که سبب بیلان منفی آبخوان این دشت شده، عوامل ساختاری (زمین‌ساختی) نیز توانسته بر میزان و الگوی فرونشست دشت گرگان تاثیرگذار باشد.
- منابع**
- افشار حرب، ع.، ۱۳۷۳. زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی کپه‌داغ، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، ۱۱، ۲۷۵.
- آقاناتی، س. ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶.
- تورانی، م.، ۱۳۹۵. ارزیابی زمین‌ساخت فعال در شرق استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه گلستان، ۹۰.
- تورانی، م.، آق‌آتابای، م. و روستایی، م.، ۱۳۹۷. مطالعه فرونشست در غرب استان گلستان با استفاده از تداخل‌سنجی راداری، مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۸، ۲۷، ۱۲۸-۱۱۷.
- حمیدی، ر.، صفری، ح.، روستایی، م. و امینی، آ.، ۱۳۹۸. تعیین میزان فرونشست زمین با استفاده از روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری در دشت گرگان، نخستین همایش دوسالانه کوهزاد البرز و دریای خزر، دانشگاه گلستان، ۴۱۸-۴۱۲.
- حقیقت‌مهر، پ.، ولدان‌زوج، م.، تاجیک، ر. و جباری، س.، ۱۳۸۹. تحلیل سری زمانی فرونشست هشتگرد با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری و سامانه موقعیت‌یابی جهانی، فصلنامه علوم زمین، ۲۲، ۸۵، ۱۰۵-۱۱۴.
- جنت، ک.، قاضی‌فرد، ا. و روستایی، م.، ۱۳۸۸. پایش فرونشست زمین در دشت گلپایگان با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری و شکاف‌سنج، ششمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.
- خواجه، م.، ۱۳۸۴. گزارش نهایی اکتشاف ید در شمال آق‌قلا-استان گلستان، وزارت صنایع و معادن، ۸۴.
- رادفر، ع.، ۱۳۹۷. تکامل ساختاری حاشیه جنوب شرقی حوضه هیدروکربنی خزر جنوبی رساله دکتری، دانشگاه گلستان، ۱۴۹.
- رضادوست، م.، ۱۳۹۷. جایگاه تکتونیکی گلفشانهای غرب استان گلستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه گلستان، ۱۵۰.
- روزنامه شرق، ۱۳۹۱. فرونشست خاک در ایران ۹۰ برابر بحرانی‌تر از دیگر کشورها، شماره ۱۳۸۶، ص ۱۱.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵. نقشه خطواره‌های تکتونیکی بر پایه داده‌های TM, DEM, RADARSAT، مقیاس: ۱/۵۰۰۰۰۰۰.
- شریفی‌کیا، م.، ۱۳۹۱. تعیین میزان و دامنه فرونشست به کمک روش تداخل‌سنجی راداری (D-In-SAR) در دشت نوق-بهرمان، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۶، ۷۷-۵۵.
- صالحی، ر.، غفوری، م.، لشکری‌پور، غ.، دهقان، م.، ۱۳۹۲. بررسی فرونشست دشت مهیار جنوبی با استفاده از تداخل‌سنجی راداری، فصلنامه علمی پژوهشی آبیاری و آب، ۱۱، ۵۷-۴۷.
- فرهودی، ق. و محبی، م.، ۱۳۸۹. بررسی برخی از وقایع تکتونیکی حاکم بر جنوب‌شرقی دریای خزر و بلوک خزر جنوبی، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، ۶، ۱، ۴۱-۲۷.
- قاسمی، م.، محمدخانی، ح. و عبداللهی، ع.، ۱۳۸۶. گذر از برپایی در کپه‌داغ به فرونشینی در کاسپین جنوبی، معرفی گسل‌های نوشناخته گنبدکاووس و یساقی، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۶.
- لشکری‌پور، غ.، باقریان، ع.، غفوری، م. و پژمان، ح.، ۱۳۸۵. بررسی نشست زمین و ایجاد شکاف در دشت سبزوار، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- میرشاهی، ف.، ولدان‌زوج، م. ج.، دهقانی، م. و هاشمی‌امین‌آبادی، س. م.، ۱۳۹۲. اندازه‌گیری فرونشست سطح زمین به کمک تکنیک تداخل‌سنجی راداری با استفاده از تصاویر Terra SAR-X، بیستمین همایش ملی ژئوماتیک.
- Amelung, F., Jonsson, S., Zebker, H. and Segall, P., 2000. Widespread uplift and trapdoor faulting on Galapagos Volcanoes observed with Radar Interferometry, Nature, 407, 993-996

- Amig Pe, M. and Arabi, S., 2009. Report of Research Project of Yazd Subsidence Survey Using Radar Interference And Precision Alignment Technique, National Mapping Agency, 46.
- Beradio, p., Fornaro, G., Lanari, R., and Sansosti, E., 2002. A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms. *IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing*, 40, 2375-2383.
- Daniel, R., C., Maisons, C., Carnec, S., Le Mouelic, C., and King S. H., 2003. Monitoring of slow ground deformation by ERS radar interferometry on the Vauvert salt mine (France) Comparison with ground-based measurement, *Remote Sensing of Environment*, 88, 468-478.
- Dehghani, M., Valadan Zoej, M.J., Entezam, I., Mansourian, A., Saatchi, S., 2009. InSAR monitoring of progressive land subsidence in Neyshabour, northeast Iran. *Geophysical Journal International*, 178(1) 47-56.
- Gabriel, A. K. and Goldstein, R. M., 1988. Crossed Orbit Interferometry: Theory and experimental results from SIR-B, *Int. J. Remote Sensing*, 9, 5, 857-872.
- Goldstein, R., Zebker, H., and Werner, C., 1988. Satellite radar interferometry: Two-dimensional phase unwrapping, *Radio Science*, 23, 4, 713-720.
- United States Geological Survey of America, <http://usgs.gov>.
- Gsof, 2016, What Is Suppressing?, *Geological Survey of Iran*, 7.
- Larson, K. J., Başağaoğlu, H., Marino, M. A., 2001. Prediction of optimal safe ground water yield and land subsidence in the Los Banos-Kettleman City area, California, using a calibrated numerical simulation model, *Journal of hydrology*, 242, 1-2, 79-102.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 2000. *Remote sensing and image interpretation*. 4th ed. John Wiley and Sons, New York, NY, USA, 20-180.
- Motagh, M., Djamour, Y., Walter, T. R., Wetzel, H. U., Zschau, J. and Arabi, S., 2006. Land subsidence in Mashhad Vally, northeast Iran: results from InSAR, level in and GPS, *International Journal of Geophysics*, 168, 518-526
- Nasiri Khaneghah, A., Khosrawi, Q., Ghafourian, H. and Islami, R., 2014, Comparison of Behavioral Conduct of the Rosshest Isfahan with GPS Network and Radar Interference Testing: Early National Conference on Water, Human, Earth.
- National Iranian Oil Company (NIOC), 1977. *Geological Map of North East of Iran*, Scale: 1/1000000.
- Sabins Floyd, F., 1996. Oil exploration in Central Arabian Arch using Landsat images. *AAPG Bulletin*, 5(CONF-960527-).
- Safari, H., Pirasteh, S., and Shattri, B.M., 2011. Role of Kazerun Fault for Localizing Oil Application of GiT, *International Journal of Remote Sensing*, 32, 1, 1-16.
- Torres, M. A., 2007. The petroleum geology of western Turkmenistan: The Gograndag-Okarem Province, in P. O.