پایش فرونشست دشت کازرون با استفاده از تصاویر SENTINEL و تکنیک تداخل‌سنجی راداری (DInSAR)

فاطمه خالویی[۱]، هیوا علمیزاده[۲]*

۱. کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران
۲. دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۶ تاریخ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۵/۱۵

چکیده

دینامیک و تحول‌پذیری چاله‌های داخلی هر چند پدیده‌ی شناخته شده‌ای است، اما فرکانس و شدت این تغییر و تحول در زمان، الگوهای متفاوتی را معرفی می‌کند. طی سال‌های اخیر فرونشست زمین به دلایل مختلف از جمله رشد بی‌رویه جمعیت، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی به همراه عوامل دیگر سبب بروز مشکلات و معضلات فراوان به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌های مسکونی، جاده‌ها، خطوط انتقال نیرو و ... شده است. در این پژوهش با هدف بررسی و پایش فرونشست دشت کازرون با استفاده از فن تداخل‌سنجی راداری از داده‌های سنتینل در بازه‌ی زمانی سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ پرداخته شده است. در این راستا با مقایسه فازهای دو تصویر راداری دشت کازرون در محیط نرم‌افزار SNAP، تغییرات سطح زمین بررسی شده است. نتایج پژوهش با توجه به مجموعه شواهد موجود نشان می‌دهد، عامل اصلی فرونشست دشت کازرون برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیرزمینی می‌باشد. به‌طوری‌که بیشترین میزان فرونشست در جهت جنوب محدوده‌ی مورد مطالعه (اطراف مقبره شیخ محمد) با مقدار ۹۰-۸۰ میلی‌متر در سال و نرخ بیشینه ۹ سانتی‌متر در سال در دشت کازرون ملاحظه می‌گردد. بنابراین استفاده از تصاویر راداری سنتینل برای بررسی جابه‌جایی‌های سطح زمین بسیار مناسب می‌باشد.

کلید واژه‌ها: فرونشست، دشت کازرون، تداخل‌سنجی راداری، سنتینل.

مقدمه

پدیده فرونشست زمین به‌عنوان پدیده‌ای مورفولوژیک، نوعی از تغییر فرم سطح زمین است که می‌تواند به‌صورت نشست تدریجی یا ناگهانی سطح زمین، دارای بردار جابجایی افقی اندک نیز باشد (Afifi, 2017; Iskandarsyah et al, 2020). به عبارتی دیگر پدیده فرونشست شامل فروریزش یا نشست رو به پائین سطح زمین می‌باشد که با دگرشکلی عمودی و یا

* نویسنده مسئول: elmizadeh@kmsu.ac.ir
DOI: http://doi.org/10.22034/JEG.2023.17.2.1019172

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

حرکت رو به پایین سطح زمین و همچنین نشست تدریجی یا دفعی مواد سطحی همراه است. این حرکت از نظر شدت، وسعت و میزان مناطق درگیر، محدود نمی‌باشد و ممکن است در اثر فعالیت آنتروپوژنیک یا عوامل طبیعی یا ایجاد شود (Fotoohi et al, 2021; Jelini et al, 2017; Mohammady et al, 2019).

فرونشست زمین می‌تواند در اثر پدیده‌های طبیعی ژئومورفیک نظیر انحلال سازندهای زیرسطحی و ریزش کارست، ضخامت قشر متراکم، انقباض خاک‌های رسی و تراکم رسوبات، شرایط تنش مؤثر در محل، وجود بارگذاری و فعالیت‌های انسانی مانند برداشت و پمپاژ آب‌های زیرزمینی یا نفت، تغییر کاربری زمین، احداث سازه‌های مهندسی و معدن‌کاری ایجاد شود (Ajourlo, 2019; Yanbo et al, 2020; Keshavarz, 2019). مهم‌ترین علت رخدادهای فرونشست در ایران، به‌ویژه در حوضه‌های رسوبی مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند محدوده مورد مطالعه، برداشت و بهره‌برداری بیش از حد از آب سفره‌های زیرزمینی و درنتیجه افت مداوم سطح آن‌ها می‌باشد (Safari et al, 2016; Sedaghat et al, 2020; Rahmani et al, 2021). این وضعیت به‌ویژه در رسوبات تحکیم نیافته که به‌صورت بین لایه‌ای با لایه‌های آبدار رسی نفوذناپذیر قرار دارد، شدیدتر بوده و شرایطی همچون فرآیندهای نئوتکتونیکی، نفوذ ریزش‌ها و وجود لایه‌های غیر مقاوم در تشکیلات رسوبی زیرین نیز منجر به توسعه پدیده فرونشست در دشت‌های مختلف کشور شده است (عرب‌عامری، و همکاران، ۱۳۹۸: مرادی و همکاران، ۱۳۹۹؛Pirouzi & Eslami, 2017).

فرونشست زمین به‌عنوان یک مخاطره، به آهستگی و به‌تدریج در سطح زمین به‌صورت جابه‌جایی‌های عمودی از مقیاس میلی‌متر تا متر و در محدوده‌های وسیع گسترش و نمود می‌یابد و ممکن است آثار سطحی حاصل از آن به‌سادگی قابل تشخیص نباشد. با این وجود می‌تواند موجب آسیب‌های ترمیم‌ناپذیر، پرهزینه و مخرب به سیستم‌های آبیاری و خاک‌های حاصلخیز کشاورزی (با پایین آوردن تراکم آن‌ها)، تأسیسات، خطوط انتقال نیرو، آبرسانی، گاز و فاضلاب، راه‌آهن شوند (Xi-Cun et al, 2019; Chatrsimab et al, 2021). این موارد در برنامه‌ریزی مسائل عمرانی کاربرد زیادی دارد و اهمیت موضوع مورد مطالعه را دوچندان می‌کنند. از این رو تشخیص و نمایان‌سازی نواحی که به دلیل خطرپذیری، مستعد فرونشست هستند ضروری به نظر می‌رسد.

در این رابطه جهت مطالعه و ارزیابی رفتارسنجی، میزان و نحوه گسترش پدیده فرونشست زمین از روش‌ها و تکنیک‌های متعددی استفاده شده است. در این میان تکنیک تداخل‌سنجی تصاویر راداری[1](InSAR) یکی از جدیدترین و مؤثرترین روش‌ها می‌باشد که با عملیاتی شدن ماهواره‌های راداری در اوایل دهه ۱۹۹۰، به‌طور گسترده در مطالعات علوم زمین مورد استفاده قرار گرفته است (Abedini et al, 2021; Hamzeh, 2021; Li et al, 2019). این تکنیک در میان روش‌های متنوع برای اندازه‌گیری و آشکارسازی تغییرات فرم‌های سطحی زمین، به‌عنوان یکی از ارزشمندترین و بهترین روش‌ها از نظر کارایی، سرعت، مقیاس و هزینه مطرح می‌باشد (Piri et al, 2018; Tourani et al, 2018; Zandi et al, 2019).

در این میان، یمانی و همکاران (۱۳۹۵ و ۱۳۸۸)، به بررسی شواهد تغییرات سطح اساس پلایای میقان و دشت قره بلاغ در کواترنری پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات سطح اساس و فرونشست تدریجی چاله هم‌زمان با برخاستگی بخش حاشیه‌ای

[1] Interferometric Synthetic Aperture Radar

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

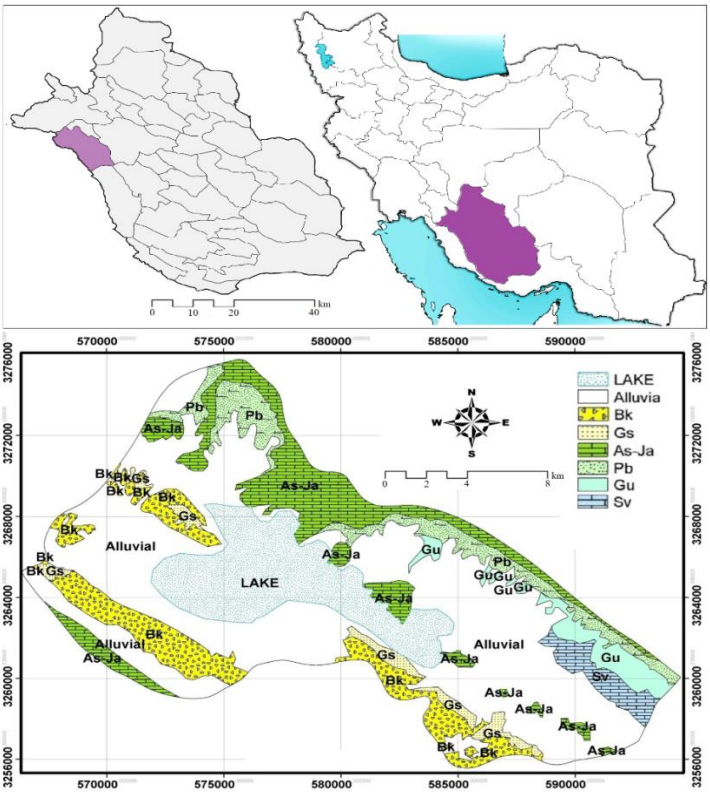
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

چاله که نشانهٔ عدم تقارن و مورفوتکتونیک است و بر مورفولوژی مخروط افکنه‌های پیرامون اثر گذاشته است. روزبان و همکاران (۱۳۹۵)، با استفاده از روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری و داده‌های راداری سنجنده سنتینل پدیده فرونشست در دشت رفسنجان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل سری زمانی نشان داد که منطقه به طور پیوسته ۲۸ سانتی‌متر در سال در حال نشست است. شرافت و همکاران (۱۳۹۸)، به پایش فرونشست دشت ابرکوه یزد با استفاده از فن تداخل‌سنجی راداری پرداختند. مطالعات آب‌شناسی در این منطقه نشان‌دهنده افت سطح آب زیرزمینی به میزان ۰/۶ متر در سال است. در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ با استفاده از ۱۲ تصاویر ماهواره‌ای Envisat، متوسط سرعت فرونشست در منطقه۲ تا ۵ سانتیمتر در سال برآورد شد. عرب عامری و همکاران (۱۳۹۸)، به منظور شناسایی و برآورد میزان فرونشست در دشت مهیار از تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی راداری و تحلیل پارامترهای مؤثر بر آن در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان فرونشست در منطقه حدود ۶/۴ سانتی‌متر در سال و در مناطق تحت کشت و در نتیجه استحصال بیش از حد آب و فرونشست سطح سفره آب‌های زیرزمینی رخ داده است. شفیعی و همکاران (۱۳۹۹)، با بررسی فرونشست آبخوان دشت نورآباد در بازه زمانی (۲۰۱۵-۲۰۱۸) نرخ نشست میانگین ۴ سانتی‌متر در سال را برآورد نمودند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹)، با پایش میزان فرونشست محدوده شهری پاکدشت نتیجه گرفتند که افت آب‌های زیرزمینی سبب ایجاد فرونشست بین ۱۵ تا ۸۵ میلی‌متر در منطقه شده است. مرادی و همکاران (۱۳۹۹)، به تحلیل فرونشست زمین با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری، اطلاعات چاه‌های ژئوتکنیکی و پیزومتری در منطقه ۱۸ تهران پرداختند که حداکثر میزان فرونشست به دست آمده ۴۳۰ میلی‌متر در محدوده محله یافت‌آباد به دست آمد. Raspini و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از ۴۲ تصویر راداری SAR در سال‌های ۲۰۰۱ - ۱۹۹۵ و روش تداخل‌سنجی به بررسی الگوهای مکانی و زمانی تغییر شکل زمین در شمال یونان در محل دلتای دشت تسلانوکی پرداختند. با توجه به افت زیاد آب زیرزمینی و سرعت جابجایی آب از جنوب-غرب و جنوب، نرخ فرونشست را در حدود ۴/۵ سانتی‌متر در سال برای این منطقه طی دوره شش ساله ارزیابی نمودند. Abidinو همکاران (۲۰۱۵) اثرات فرونشست را در مناطق شهری اندونزی بررسی نمودند و نشان دادند که میزان فرونشست دارای تغییرات فضایی و زمانی است و مقدار آن را بین ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر در سال اندازه‌گیری کردند. Faunt و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی فرونشست زمین در دره سنترال کالیفرنیا که یکی از قطب‌های کشاورزی آمریکا است، به نقش افزایش برداشت آب زیرزمینی در فرونشست پرداختند. مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده شده در ارزیابی مدیریت سطح آب زیرزمینی در این منطقه نیمه‌خشک نشان داد که تداوم خشک‌سالی بعد از سال ۲۰۰۷ موجب فرونشینی در حد ۳ - ۱/۵ سانتی‌متر شده است. Motagh و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه‌ی میزان فرونشست در دشت رفسنجان، از تحلیل سری زمانی داده‌های راداری ماهواره‌های SENTINEL، ALOS وENVISAT در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ استفاده نمودند. نتایج حاصل از این پردازش فرونشست بیش از ۵ سانتیمتر در سال را نشان می‌دهد. Bhattarai و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی و شناسایی پدیده‌ی فرونشست در روستای کاسماندو در نپال پرداختند. نتایج پردازش نشان داد که منطقه موردنظر با سرعت متوسط۴/۸ سانتیمتر در سال در حال نشست است. در این پژوهش با هدف بررسی پایش فرونشست دشت کازرون، از تصاویر سنجنده سنتینل و تکنیک تداخل‌سنجی راداری در بازه‌ی زمانی تغییرات سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ استفاده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

مواد و روش‌ها

چاله کازرون در میان سلسله جبال زاگرس، در ۱۲۵ کیلومتری غرب شیراز در ارتفاع ۸۲۰ متر از سطح آب‌های آزاد واقع شده است (شکل۱). شهر کازرون در محدوده مطالعاتی بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر غرب استان فارس با جمعیت حدود ۳۳۰ هزار نفر می‌باشد. میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی دشت کازرون ۵۱۷ میلیون مترمکعب بوده که از ۱۴۶ دهنه چشمه، ۳۹ رشته قنات و سه هزار و ۸۰۰ حلقه چاه برداشت شده است. از دیدگاه ساختاری و زمین‌شناسی، چاله کازرون یک فرونشست بسته در بستر آهکی است که در امتداد گسله‌ها و روند تکتونیکی منطقه تشکیل شده است. به طور کلی جنس رسوبات و سنگ‌های تشکیل دهنده محدوده کربناتی بوده و سنگ‌های شیلی، گچی، مارن، کنگلومرا و رسوبات ناپیوسته کواترنر نیز به‌صورت پراکنده در منطقه مشاهده می‌گردد. در حاشیه ارتفاعات شمالی دشت محدوده مطالعاتی مخروط افکنه و رسوبات آواری فراوانی دیده می‌شود. این منطقه دارای آب‌وهوای گرم و خشک با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم است. متوسط بارندگی سالیانه آن ۴۵۰ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۲۲/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالیانه نیز ۲۴۷۰ میلی‌متر است (علمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴: خالویی، ۱۴۰۰).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی

Fig. 1. Geographical location of the study area

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

در این پژوهش با توجه به کاربرد تصاویر رادار در ارتباط با رخدادهای طبیعی و تغییرات محیطی از تصاویر ماهواره سنتیل استفاده شده است (جدول۱). در این راستا از تکنیک تداخل سنجی راداری سنتی (DInSAR) به دلیل توانایی به دست آوردن اطلاعات از راه دور و به‌منظور برآورد فرونشست و تغییر شکل منطقه استفاده شده است. این روش تجزیه‌وتحلیل‌های مربوط به فرآیندها و الگوهای تغییرات در طی زمان و مکان‌های مختلف را تسهیل ساخته و از اختلاف فاز میان دو تصویر از منطقه که در دو زمان متفاوت اخذ شده‌اند، بهره می‌گیرد.

جدول۱. مشخصات داده‌های و پردازش مورد استفاده در تحقیق
Table 1. Specifications of the data and processing used in the research

تصاویر:	S1A_IW_SLC__1SSV_20150928T023018_20150928T023045_007909_00B0A9_2A63 S1A_IW_SLC__1SDV_20210908T023055_20210908T023122_039584_04ADD1_9316
تاریخ تصویر اول (Master)	2015-09-28
تاریخ تصویر دوم (Slave)	2021-09-08
بیس لاین زمانی	۲۱۷۲ روز
بیس لاین مکانی	۳۴ متر
پلاریزاسیون مورد پردازش	VVعمودی
نرم‌افزار	SNAP
تکنیک	تداخل سنجی راداری سنتی (DInSAR)

برای رفتارسنجی و اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های حاصل شده از پدیده فرونشست و بررسی تغییر شکل نیازمند بررسی زمانی پدیده در منطقه مطالعاتی هستیم. بنابراین دو تصویر در بازه‌های زمانی متفاوت (۲۰۱۵ و ۲۰۲۱) از محدوده مطالعاتی پردازش شده و چندین تداخل نگاشت بین بازه‌های زمانی متفاوت برای محاسبه نرخ تغییر شکل در محاسبات وارد گردید. بدین‌صورت که تداخل‌سنجی تفاضلی راداری تغییرات فاز را از دو زوج تصویر راداری که در زمان‌های مختلف اخذ شده‌اند، محاسبه نموده و مبتنی بر آن؛ تغییرات به وجود آمده در سطح زمین و فرونشست را به‌صورت کمی و کیفی آشکار می‌کند(Salehi Moteahd et al, 2019; Nedai'e, 2017; Goli Mokhtari et al, 2017). روش تداخل‌سنجی راداری، شناسایی مناطق در حال نشست و تعیین وسعت آن‌ها را ممکن می‌سازد. تحلیل سری زمانی جابجایی به کمک تداخل سنجی راداری به‌تازگی به‌عنوان روشی برای توصیف رفتار مکانی و زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت فرونشست توسعه یافته است. تداخل نما از حاصل‌ضرب سیگنال یک تصویر راداری در مختلط مزدوج سیگنال تصویر دوم به دست می‌آید؛ بنابراین فاز تداخل نما، اختلاف فاز زوج تصویر و دامنه آن، حاصل‌ضرب دامنه‌های زوج تصویر است (شرافت و همکاران، ۱۳۹۸). در این فرایند بر روی هر زوج از تداخل نگارهای حاصل از سنجنده سنتینل به طور مستقل اعمال شده است. بعد از پالایش و تصحیح مضاعف فاز، مقدار جابه‌جایی و متعاقب آن مختصات کارتزین هر پیکسل زمینی هم زمان به دست می‌آید. نقشه خروجی نشانگر شدت میزان جابه‌جایی به ازای هر پیکسل در واحد متریک است. در نقشه‌های حاصل مقادیر مثبت جابه‌جایی مربوط به حرکت سطح زمین به سمت دید راداری بالاآمدگی و مقادیر منفی بیانگر دور شدن سطح زمین از سنجنده در راستای دید راداری است (عرب‌عامری و همکاران، ۱۳۹۸). هر اینترفروگرام به‌طور مجزا فقط حاوی تغییرات سطح در یک بازه زمانی است با به کار بردن تعدادی اینترفروگرام به همراه تجزیه سری زمانی می‌توان تغییرات سطح را در طول زمان مورد بررسی قرار داد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

تجزیه سری زمانی با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری نرخ تغییرات سطح دشت را برآورد می‌کند و با استفاده از روش کم‌ترین مربعات مقدار جابه‌جایی سطح زمین را برای هر نقطه محاسبه و در تجزیه سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Asghari et al, 2021; Ghahroudi tali et al, 2017).

در تحقیق حاضر نزدیک بودن تاریخ اخذ تصاویر مد نظر قرار گرفته شد تا خطای ناشی از تغییرات درجات خاکستری حداقل شود. همچنین در این مطالعه به‌منظور کدنویسی، پردازش، تجزیه و تحلیل و خروجی از تصاویر، سامانه اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور و نرم‌افزار SNAP به‌عنوان ابزارهای کار مورد استفاده قرار گرفتند. پس از تلفیق و طبقه‌بندی داده‌ها و مقایسه نتایج حاصله با نقشه واقعیات زمینی که از مطالعات میدانی به دست آمده بود، داده‌ها به روش تحلیلی تجزیه‌وتحلیل گردید و با ادغام و پردازش آن‌ها به بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی اقدام و تغییرات مورد بحث و تحلیل قرار گرفته است. همچنین از طریق روش حضور بین متغیرهای مؤثر ارتباط برقرار گردید و نقشه تغییرات ارتفاعی و فرونشست دشت کازرون تهیه گردید. در تمامی این مراحل دید مستقیم و مشاهدات میدانی در انتقال داده‌های جزئی و کوچک که در تصاویر و نقشه‌ها قابل رؤیت نبوده است، مهم‌ترین تکنیک کار محسوب شده است. در نهایت نتایج حاصله تجزیه و تحلیل شده است.

نتایج و بحث

در اولین گام به‌منظور تعیین اعتبار یافته‌های تکنیک مورد استفاده و همچنین جمع‌آوری شواهد مکانی از پدیده مخاطره فرونشست، به همراه پیمایش رخنمون‌های موجود و مشاهده علل و عوامل ایجابی پدیده فرونشست، بررسی‌های میدانی و عملیات پیمایشی به انجام رسید. بررسی‌های میدانی مؤید وجود تعدادی از رخنمون‌های مورفولوژیکی ناشی از نشست زمین در عرصه مورد مطالعه است (شکل۲). با توجه به یافتن شواهد زمینی بر روی لبه فرنچ‌ها و بازدید به عمل آمده در این منطقه شواهدی دال بر وجود این مخاطره مشاهده شد[1].

[1] همچنین در زمان آبیاری غرقابی برخی از مناطق زمین شکاف‌هایی ایجاد شده که حجم زیادی از آب در زمان آبیاری به هدر رفته که این مسئله باعث کاهش سطح زیرکشت منطقه شده، که با ادامه این روند اراضی کشاورزی تبدیل به اراضی بایر شده و اقتصاد منطقه را تحت‌الشعاع قرار داده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]



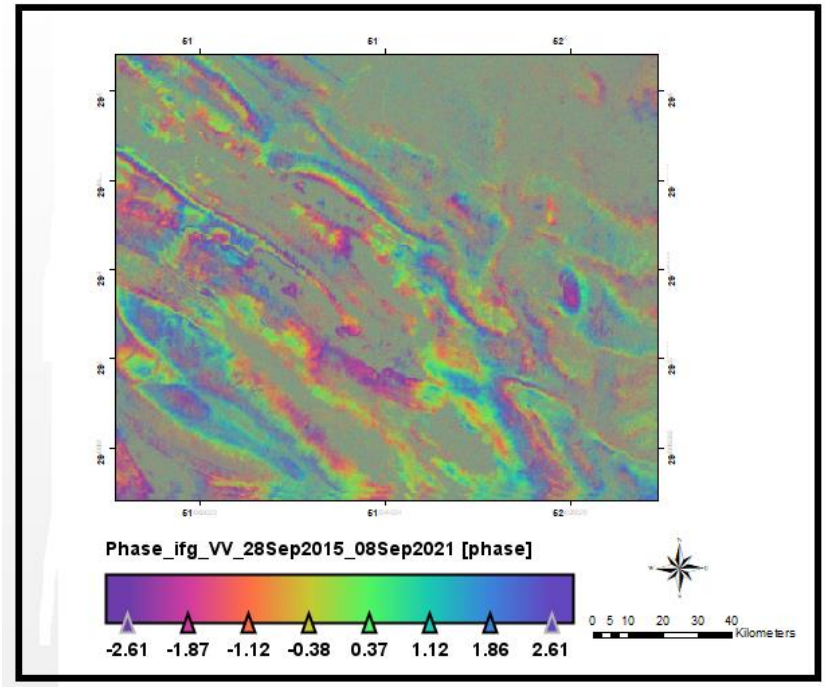
شکل ۲. تصاویر فرونشست در محدوده مورد مطالعه

Fig. 2. Images of subsidence in the study area

با توجه به نقشه به دست آمده از میزان و دامنه فرونشست از تکنیک تداخل‌سنجی راداری ملاحظه می‌گردد که مناطق خیلی وسیعی از چاله و دشت کازرون در معرض فرونشست زمین قرار گرفته است. در این رابطه نقشه نهایی نرخ میانگین فرونشست حاصل از تجزیه سری زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ برای کل منطقه فرونشست در شکل نشان داده شده است (شکل‌های ۳ و۴). در این نقشه جابجایی مناطق قرمز نشان فرونشست و مناطق با رنگ آبی نشان بالا آمدگی در بین این دو بازه است. به این ترتیب بیشینه نرخ فرونشست در منطقه حدود ۹ سانتی‌متر در سال برآورد شده است.

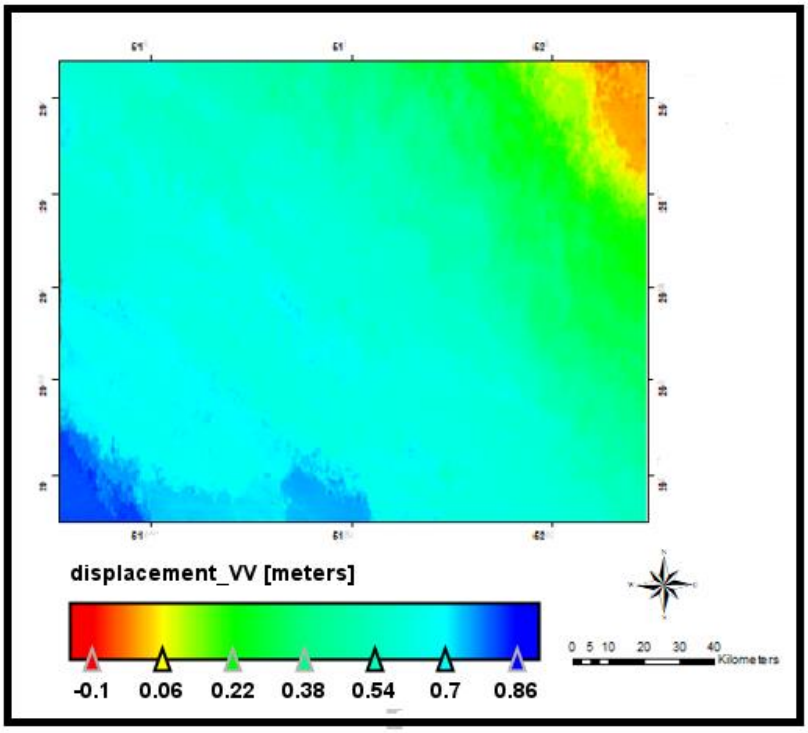
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]



شکل ۳. نقشه فرونشست دشت کازرون سال ۲۰۱۵

Fig. 3. The subsidence map of Kazerun plain in 2015



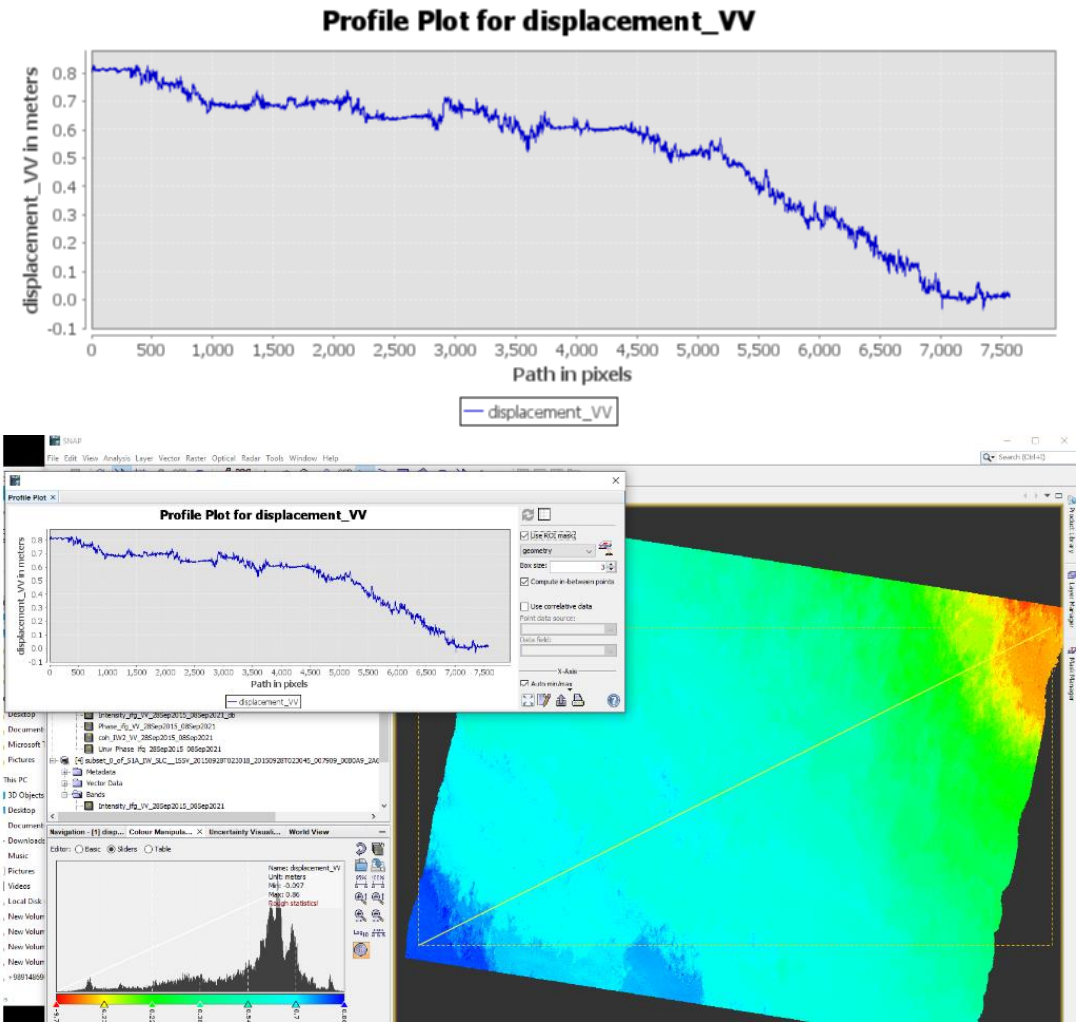
شکل ۴. نقشه فرونشست دشت کازرون سال ۲۰۲۱

Fig. 4. The subsidence map of Kazerun plain in 2021

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

داده‌های اینترفروگرام نسبت به تصاویر جابجایی در مواردی حتی بهتر می‌تواند منجر به مطالعه شود (شکل ۵). هر جایی نویزی است یعنی اطلاعات جابجایی ما نویز خواهد داشت. جایی که الگو مشاهده می‌شود نشان‌دهنده ارتفاع و یا جابه‌جایی معنادار است که با توجه به نویزهای بسیار بالا اگر جابه‌جایی باشد قابل دسترس نیست. تصویر کوهرنسی نماینده‌ای است از شرایط منطقه به زبان ساده هر جا کوهرنسی سفیدتر باشد، مکان مناسب‌تری برای مطالعه می‌باشد و اگر سیاه باشد، یعنی نمی‌توان به سادگی سیگنال جابه‌جایی از آنجا به دست آورد. با توجه به پهنه‌های فرونشست به دست آمده در محدوده مورد مطالعه ملاحظه می‌گردد که حداکثر میزان فرونشست اطراف مقبره شیخ محمد بین ۹۰-۸۰ میلی‌متر در سال نشست زمین مشاهده می‌گردد.



شکل ۵. نمودار نقاط فرونشست

Fig. 5. Chart of subsidence points

وجود درز و شکاف و ترک در ابنیه مختلف و شکاف بر روی زمین که در بازدیدهای میدانی مشاهده گردید، می‌تواند از تأثیرات فرونشست زمین در منطقه مورد مطالعه باشد. همچنین اطراف روستای برج سوخته علیا، اطراف مقبره کنار سبز و اطراف کوه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

علیمرادی دارای فرونشست بین ۳۰-۴۰ میلی‌متر می‌باشد. اطراف روستای پیرابوالحسن نیز با مقدار فرونشست بین ۲۰-۱۰ جزو مناطق پر مخاطره قرار دارد.

در ادامه اطراف شهر کازرون و خشت، شامل محدوده‌های اطراف روستاهای تل میلک، مهبدی، ولید آباد، رباملک، فتح‌آباد، جوالقیان، موردک، حسن‌آباد ریلمی، تل‌نادری، کاسکان، اطراف کوه دوان، اطراف رودخانه شاهپور در رتبه بعدی فرونشست قرار دارند و پدیده فرونشست دارای مقادیر بین ۱۰-۰ میلی‌متر می‌باشند. بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی موجب فشردگی لایه‌های زیرین و نشست این قسمت سطح دشت کازرون شده است. همچنین به سبب نشت آب در محل زهکش آن فاقد مرغوبیت لازم است؛ بنابراین با عدم توسعه عرصه‌های کشاورزی و عدم برداشت آب، در معرض نشست قرار ندارند.

دلیل دیگر فرونشست زمین در چاله کازرون علاوه بر برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی ناشی از حرکات پوسته‌ای نرم آن هم به‌صورت زوجی جهت رسیدن به تعادل است. به عبارت دیگر فرونشست دشت کازرون در یک سیستم تعادلی و همزمان با پدیده بالاآمدگی در ارتفاعات مجاور آن صورت می‌گیرد. بنابراین، دریاچه پریشان تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف طبیعت، پوسته از نظر ابعاد، شکل، تغییرات هیدرولوژیک، راستا و الگو در حال تغییر است. لذا، فرونشست چاله کازرون به‌تدریج باعث تغییر موقعیت و مورفولوژی دریاچه می‌شود. به عبارتی، وقتی در کف دشت کازرون فرونشست اتفاق می‌افتد، الگوهای ژئومورفولوژی پیرامون دشت تغییر می‌کند، این الگوها شامل تمام الگوهای ژئومورفولوژی می‌شود؛ اما بخشی از این تغییر الگوها سالیان دراز و شاید قرن‌ها طول بکشد، مانند فرسایش پوسته‌ای یا حرکت رسوب‌گذاری و بخشی دیگر واکنش زمانی کوتاه‌مدت داشته و سریع اتفاق می‌افتد. قطعاً فرونشست چاله کازرون در تمامی الگوهای ژئومورفولوژی تغییر ایجاد می‌کند و اثر مستقیمی در دگرگونی آن‌ها دارد. در منطقه مورد مطالعه روند برداشت آب و نشست زمین به‌صورت تصاعدی در حال افزایش است که با تغییر الگوهای ژئومورفولوژی، بزرگ‌ترین خطر برای زیر ساخت‌های انسان ساخت را دارد.

با توجه بررسی فرونشست چاله و دشت کازرون با تکنیک تداخل‌سنجی راداری، آب‌های زیرزمینی این محدوده در اثر برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی دچار افت شدید سطح ایستابی گردیده است. رفتارسنجی فرونشست در این مناطق با افت سطح ایستابی، بیانگر وجود رابطه مستقیم با برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد. به‌طوری‌که در (شکل‌های ۳ و ۴) می‌توان نزدیکی مکانی مناطق با نرخ فرونشست بالا در تکنیک تداخل‌سنجی راداری و مناطق با افت سطح ایستابی زیاد را مشاهده کرد. البته لازم به ذکر است در برخی از مناطق محل‌های افت شدید سطح آب زیرزمینی با محل‌های فرونشست نشست زمین تطابق کامل را ندارند.

تحلیل و بررسی ژئومورفیکی انجام شده این مسئله را این‌گونه پاسخ می‌دهد که به دلیل اینکه محل افت شدید سطح آب زیرزمینی عمدتاً در حاشیه جنوب و نزدیک به رخنمون‌های آهکی منطقه می‌باشد، ضخامت آبرفت در قسمت حاشیه دشت و نزدیک رخنمون کمتر و به همین نسبت بار وارده عمودی لایه‌ها به یکدیگر کمتر، اندازه ذرات خاک بزرگ‌تر بوده و خاک‌های درشت دانه زاویه اصطکاک داخلی بزرگ‌تری داشته و به همین دلیل مقاومت برشی بیشتری دارند. همچنین سنگ کف در عمق کمتری بوده و عوامل مذکور پتانسیل تغییر شکل را در این قسمت‌ها پایین می‌آورد. در صورتی‌که محل‌هایی که تحت تأثیر فرونشست بوده است به مرکز دشت نزدیک‌تر می‌باشند، در مرکز دشت اندازه ذرات کوچک‌تر و رسوبات سیلتی-رسی بوده و زاویه اصطکاک داخلی کوچک‌تر و مقاومت برشی کمتری دارند. از طرف دیگر ضخامت آبرفت در مرکز دشت بیشتر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

شده و وزن لایه‌ها و بار وارده لایه‌ها بیشتر می‌شود و با توجه به اینکه عمق سنگ کف بیشتر می‌باشد، پتانسیل تغییر شکل افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

فرونشست زمین، یکی از رویدادهایی است که در ایران بسیار مشاهده شده است. این پدیده در صورت عدم مدیریت صحیح، می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری را ایجاد کند. فرونشست می‌تواند باعث تغییر ناهمسان در ارتفاع و شیب رودخانه‌ها، آبراهه‌ها و سازه‌های انتقال آب، شکست و یا بیرون‌زدگی لوله جدار چاه‌ها، تنش‌های تراکمی ناشی از تراکم آبخوان‌ها، ایجاد اختلال در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، کاهش برگشت‌ناپذیر تمام یا بخشی از منابع مخازن آب زیرزمینی در نتیجه از بین رفتن یا کاهش تخلخل مفید نهشته‌ها، کاهش میزان نفوذپذیری سطحی و پیرو آن گسترش پهنه‌های بیابانی و سیلابی شده و در نهایت تخریب شریان‌های حیاتی، زیرساخت‌ها و سازه‌های مهم را موجب شود. مسلماً شناسایی محدوده‌ها و الگوی فرونشست و برآورد نرخ آن نقش به سزایی در مدیریت و کنترل این پدیده خواهد داشت.

نتایج نشان می‌دهد بالاترین میزان فرونشست محدوده‌ی مورد مطالعه به کاربری کشاورزی و کشت آبی در سطح منطقه اختصاص دارد. این مسئله می‌تواند به‌طور عمده به موضوع استحصال آب زیرزمینی به‌منظور کشاورزی و شرب و احتمالاً سایر عوامل مؤثر هم‌چون زمین‌شناسی و تکتونیکی مرتبط باشد. تمرکزپذیری نرخ بیشینه فرونشست در مناطق مسکونی شرایط زیستی نسبتاً ناامنی را برای ساکنین فراهم آورده و درجه خطرپذیری آن‌ها را از مخاطرات زمین افزایش داده است. همچنین، عامل اصلی فرونشست دشت کازرون برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیرزمینی است که با یافته‌های (روزبان و همکاران، ۱۳۹۵؛ عرب‌عامری و همکاران، ۱۳۹۸؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۹؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹؛ شفیعی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Abidin et al, 2015، Faunt, 2015، Bhattarai et al, 2017, Motagh et al, 2016, 2015) همخوانی دارد.

همچنین با در نظر گرفتن نتایج مراحل انجام یافته در رابطه با بررسی پدیده فرونشست زمین در منطقه مورد مطالعه، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که پدیده فرونشست زمین با اندازه دانه‌بندی رابطه قابل ملاحظه‌ای داشته و با افت سطح آب زیرزمینی در مناطق حاوی ریزدانه، عمل متراکم شدن به‌طور برجسته‌تری نسبت به مناطق با دانه‌درشت انجام می‌پذیرد که منجر به فرونشست زمین می‌گردد. نتایج مطالعات نشان داد که در صورت حذف فضاهای باز حاوی فعالیت کشاورزی و صنعتی، جزء مناطق پرتراکم دشت کازرون می‌باشد که در معرض خطر فرونشست قرار دارد. بنابراین، ترکیب روش‌های تداخل‌سنجی راداری با پوشش وسیع تفکیک مکانی بالا، سامانه‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زمانی زیاد و ترازیابی دقیق با دقت بسیار بالا روش مناسبی برای بررسی حرکت سطح زمین می‌باشد.

در این منطقه به سبب تأمین نیازهای آبی جامعه سکونتگاهی شامل دشت کازرون و مناطق اطراف و همچنین نیازهای آبی بخش صنعت از جمله کارخانه‌ها و فعالیت‌های کشاورزی، دست‌اندازی به منابع آبی بیشتر بوده و استحصال آب‌های زیرزمینی بسیار بالاست؛ به همین دلیل میزان افت قابل توجه بوده است که این عوامل با دخالت اقلیم خشک این منطقه باعث استعداد بالای این مناطق در بحث فرونشست شده و جزو مناطق بحرانی در نقشه فرونشست شناسایی شده است. نتایج تداخل سنجی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

راداری نشان می‌دهد که برداشت بی‌رویه از سطح ذخایر زیرزمینی دشت کازرون موجب فرونشینی بخش مرکزی آبخوان شده و همچنین وجود قنوات متعدد در سطح آبخوان خسارت‌هایی را به مراکز مسکونی وارد کرده است. در چنین شرایطی، راهکارهایی مانند جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز، به‌کارگیری شیوه‌های نوین آبیاری و استفاده از کشت‌های گلخانه‌ای برای برون‌رفت از این وضعیت بحرانی پیشنهاد می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده و ویژگی‌های تصاویر راداری سنتینل، تداخل نگاشت‌ها از هم‌دوس[1] مناسبی برخوردار هستند و همچنین امکان به دست آوردن تصاویر با فاصله زمانی چند ساله وجود دارد. به‌طوری‌که بیشترین میزان فرونشست در جهت جنوب محدوده‌ی مورد مطالعه (اطراف مقبره شیخ محمد) با مقدار ۹۰-۸۰ میلی‌متر می‌باشد. بنابراین استفاده از تصاویر راداری سنتینل برای بررسی جابجایی‌های سطح زمین بسیار مناسب می‌باشد.

سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از نتایج پایان‌نامه اجرا شده در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می‌باشد.

منابع

ابراهیمی، ع.، افشان، ق.، گنجائیان، ح.، ۱۳۹۹. پایش میزان فرونشست محدوده شهری پاکدشت با استفاده از روش تداخل سنجی راداری، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۲، شماره ۴، پیاپی ۸، ص ۴۲-۲۹.

شرافت، م.، انصاری، ع.، مجتهدزاده، ح.، ۱۳۹۸. پایش فرونشست دشت ابرکوه یزد با استفاده از فن تداخل‌سنجی راداری مبنی بر پراکنش‌گرهای پایا، دو فصلنامه علمی خشک بوم، جلد ۹، شماره ۲، ص ۱۳۸-۱۲۲.

شفیعی، ن.، گلی‌مختاری، ل.، امیراحمدی، ا.، زندی، ر.، ۱۳۹۹. بررسی فرونشست آبخوان دشت نورآباد با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۸، شماره ۴، ص ۱۱۱-۹۳.

خالویی، ف.، ۱۴۰۰. بررسی شواهد ژئومورفیک روند تغییرات خط ساحلی دریاچه پریشان در چاله کازرون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۹۷ص.

روزبان، ع.، اسماعیلی، ع.، معتق، م.، ۱۳۹۵. بررسی فرونشست زمین با استفاده از روش تداخل سنجی تفاضلی راداری (DInSAR) و با به کارگیری تصاویر سنجنده SENTINEL، دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۲۹ دی ماه ۱۳۹۵.

عرب‌عامری، ع.، رفیعی، م.، رضایی، خ.، شیرانی، ک.، محمدی‌ثابت، ن.، ۱۳۹۸. برآورد میزان سالیانه فرونشست در دشت مهیار با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری و تحلیل پارامترهای مؤثر بر آن، مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۱، شماره ۳، ص ۶۶۱-۶۷۵.

علمی‌زاده، ه.، فرهادی، س.، رزمی، م.، ۱۳۹۴. تجزیه‌وتحلیل گرانولومتری رسوبات دریاچه پریشان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۴، ص ۴۳-۳۰.

[1] Coherence

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

مرادی، آ.، عمادالدین، س.، رضائی، خ.، ۱۳۹۹. تحلیل فرونشست زمین با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری، اطلاعات چاه‌های ژئوتکنیکی و پیزومتری (مطالعه موردی: منطقه شهری ۱۸ تهران)، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۱، ص ۱۷۶-۱۵۳.

مرادی، ر.، روستا، ح.، ۱۳۹۵. روند تغییرات سطح دریاچه پریشان با پردازش تصاویر ماهواره‌ایی، اولین همایش ملی منابع طبیعی و توسعه پایدار در زاگرس مرکزی، شهرکرد.

یمانی، م.، نجفی، ا.، و عابدینی، م.، ۱۳۸۸. ارتباط فرونشست زمین و افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت قره بلاغ استان فارس. جغرافیا، ۳(۹-۸)، ۲۷-۹.

یمانی، م.، گورابی، ا.، زمان‌زاده، م.، شعبانی‌عراقی، ع.، ۱۳۹۵. شواهد تغییرات سطح اساس پلایای میقان در کواترنری و تأثیر آن بر مورفولوژی و توالی مخروط افکنه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۱، ص ۳۱-۱۵.

Abedini, M., Ebady, E., Ghale, E. 2021. Investigation of subsidence of Mahidasht plain of Kermanshah province using radar interferometry method. Geography and Planning, doi: 10.22034/gp.2021.44688.2789

Abidina, H, Aas,oI, Gumilar, T.P. 2015. Environmental Impact of Land Subsidanceain Urban Areash of Indonesia (7568) Challenges of the Modern World, Sofia, Bulgaria, pp (17-21).

Afifi, M. I. 2017. Assessment of land subsidence potential and factors affecting it (Case study: Seydan Farooq Marvdasht plain). Quantitative Geomorphology Research, 5(3), 121-132.

Ajourlo, P. 2019. Feasibility of using radar interferometry time series to monitor subsidence caused by subway construction and civil infrastructure in Tehran, Master's Thesis, Faculty of Surveying Engineering, University of Tehran.

Asghari, S., Mohamadzadeh shishegaran, M. 2021. Estimation of subsidence using radar interferometry technique and groundwater parameters and land use (Case study: shahryar plain). Quantitative Geomorphological Research, 10(1), 40-54.

Bhattarai, R., Alifu, H., Maitiniyazi, A. &Kondoh, A. 2017. Detection of landsubsidence in Kathmandu valley, Nepal using DInSAR technique, Land, 6(2), 39-54.

Chatrsimab, Z., Alesheikh, A., Voosoghi, B., Behzadi, S., Modiri, M. 2021. Investigating the effect of aquifer type and groundwater level drop on subsidence rate using radar interference technique and field data (Case study: Tehran-Karaj-Shahriar aquifer area). Advanced Applied Geology, 10(4), 683-689.

Faunt, PC; Sneed, M; Traum, J; Brandt, J, 2015. Water availability and LandnSubsidance in the Central Valley, California, USA, hydrogeol journal, 24, pages 675–684.

Fotoohi, S., Negaresh, H., Delaram, R., Sistani Badooei, M. 2021. The Role of Anthropogenic Effects In Subsidence Of Normanshir-Fahraj Plain. Journal of Radar and Optical Remote Sensing, 4(2), 25-38.

Ghahroudi tali, M., Afshari, A., Sadough, H., & Ehteshami Moinabadi, M. 2017. Evaluation of slope instability in Lorestan railway area using radar differential interferometry (DINSAR) method. Quantitative Geomorphological Research, 8(3), 183-220.

Goli Mokhtari, L., Shafi'I, N., Amir Ahmadi, A., & Zandi, R. 2017. Investigation of aquifer subsidence in Nurabad plain using radar interferometry method. Quantitative geomorphological researches, 8(4), 93-111.

Hamzeh, Z. 2021. Evaluation of Active Geodynamics via Interfering Techniques in SAR Images (Case Study: Bardsir Plain). Journal of Radar and Optical Remote Sensing, 4(1), 7-20.

Iskandarsyah, I., Supriyanto, & Syahputra, R. 2020. Geomorphology study in relation to ground subsidence on urban area with sandbox simulation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 538(1).

Jelini, M., Sepehr, A., Lashkaripoor, A.R., Rashki, A.R., 2017. Morphometric correlation of land subsidence related fissures and edaphic variability over Neyshabour Plain. Quantitative Geomorphological Research, 20, 59-75.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

Keshavarz, S. R. 2019. Comparison of optics and radar images to obtain vegetation in the forests of Zagros (Yasuj). Master's Thesis, Islamic Azad University, Yazd Branch, Iran.

Li, M., Ge, D., Liu, B., Zhang, L., Wang, Y., Guo, Xi, Wang, Yi, & Zhang, D. 2019. Research on development characteristics and failure mechanism of land subsidence and ground fissure in Xi'an, monitored by using time-series SAR interferometry. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 10(1), 699–718.

Mohammady, M., Pourghasemi, H.R., Amiri, M., 2019. Assessment of land subsidence susceptibility in Semnan plain (Iran): A comparison of support vector machine and weights of evidence data mining algorithms. Natural Hazards 99, 951–971.

Motagh, M., Shamshiri, R., Haghighi, M.H., Wetzel, H.U., Akbari, B., Nahavandchi, H., Roessner, S. & Arabi, S. 2016. Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time series and situ measurements. Engineering Geology, 218, 134-151.

Nedai'e, A. 2017. Modeling of Abarkooh floor dynamics using radar interferometry (D-INSAR) technique. Master Thesis, Islamic Azad University, Yazd Branch, Iran.

Piri, H., Amir Ahmadi, A., Adab, H. 2018. Investigating the role of duality in geomorphology using radar data in Bahadoran plain of Yazd. Journal of Radar and Optical Remote Sensing, 1(3.4), 79-93.

Pirouzi, A., & Eslami, A. 2017. Ground subsidence in plains around Tehran: site survey, records compilation and analysis. International Journal of Geo- Engineering. 8, 30. https://doi.org/10.1186/s40703-017-0069-4

Rahmani, G., Chitsazan, M., Ghafouri, H. 2021. Determining the relationship between groundwater level drawdown and land subsidence in Damaneh-Daran Aquifer by combining numerical and Analytical models. Advanced Applied Geology.doi: 10.22055/aag.2021.36217.2190

Safari, A., Jafari, F., Tavakooli Saboor, S.M., 2016. Monitoring its land subsidence and its relation to groundwater harvesting Case study: Karaj Plain - Shahriar. Quantitative Geomorphological Research 5(2), 59-75.

Salehi Moteahd, F., Hafezi Moghaddas, N., Lashkaripour, Gh. R., & Dehghani, M. 2019. Evaluation of Active Geodynamics via Interfering Techniques in SAR Images (Case Study: Bardsir Plain), Journal of Radar and Optical Remote Sensing, 4(20) 07–20

Sedaghat, M., Ghazifard, A., Ajalloeian, R., & Shirani, K. 2020. Evaluation of the subsidence hazard due to groundwater withdrawal in Isfahan Metropolis. Geotechnical and Geological Engineering 38, 297–318.

Tourani, M., Agh-Atabai, M., Roostaei, M., 2018. Study of subsidence in Gorgan using InSAR method. Geographical Planning of Space Quarterly Journal 8, 117-128.

Xi-Cun, He, Tian-Liang, Y., Shui-Long, Sh., Ye-Shuang, Xu, & Arul, A. 2019. Land Subsidence Control Zone and Policy for the Environmental Protection of Shanghai. Int J Environ Res Public Health, 16(15), 2729.

Yanbo, C., Ya-ni, W. I., Wen, F., Min, P., & Liangliang, B. 2020. Experimental study of land subsidence in response to groundwater withdrawal and recharge in Changping District of Beijing. PLOS ONE, 15(5), e0232828, 1-17.

Zandi, R., Ghahraman, K., Zanganeh Asadi, M. 2019. Monitoring the Land Subsidence and its Associated Landforms Using Remote Sensing Techniques in Feyzabad Plain (north-east Iran). Journal of Hydrosciences and Environment, 3(6), 43-51.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

Journal of Engineering Geology, Vol. 17, No. 2, Summer 2023

Monitoring the Subsidence of Kazerun Plain Using SENTINEL Images and Radar Interferometric Technique (DInSAR)

Fatemeh Khaloei[1], Heeva Elmizadeh[2*]

1. MA Student of Geomorphology, Faculty of marine natural resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology

Received: 07 Jul 2023 Accepted: 06 Aug 2023

Abstract

In this study, images from the Sentile 2 satellite have been used. In the study, the proximity of the images was taken into account to minimize the error due to changes in gray scale. Also in this study, GIS and remote sensing data and SNAP software were used as tools.According to the subsidence zones obtained in the study area, it is observed that the maximum amount of subsidence around the tomb of Sheikh Mohammad is between 80-90 mm per year of landslide. The results show that the highest rate of subsidence in the study area is due to agricultural use and irrigated agriculture in the region. This problem may be mainly related to the issue of groundwater extraction for agriculture and drinking, and possibly other factors such as geology and tectonics. The centralization of the maximum rate of subsidence in residential areas has led to relatively insecure living conditions for the inhabitants and increased their vulnerability to land hazards. Also, considering the results of the steps taken to study the phenomenon of land subsidence in the study area, it is concluded that the phenomenon of land subsidence has a significant relationship with the grain size and with the lowering of the water table. Therefore, the combination of radar interference methods with high spatial resolution with high spatial resolution, satellite positioning systems with high temporal satellite positioning systems with high temporal resolution, and precise alignment with very high accuracy, is a good way of to study the movement of the earth's surface.

Keywords: Subsidence, Kazerun plain, DInSAR, Sentinel.

Introduction

Land subsidence, as a morphological phenomenon, is a type of deformation of the earth's surface that involves vertical deformation or downward movement of the earth's surface, as well as gradual subsidence or sinking of surface materials. In other words, the phenomenon of land subsidence involves the collapse or sinking of the earth's surface, which may have a small horizontal displacement vector. This movement is not limited in terms of intensity, extent or the areas affected.

*Corresponding author: elmizadeh@kmsu.ac.ir
DOI: http://doi.org/10.22034/JEG.2023.17.2.1019172

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

Many factors cause subsidence (Moradi et al., 2019). However, various techniques and methods have been used to study the extent and nature of land expansion and to measure behavior in relation to subsidence. One of the most recent and effective methods is the technique of interfering with radar images. In general, groundwater pumping and effective stress conditions in the field, continuous compaction and viscosity and loaded soil characteristics, dense crust thickness, instantaneous loading time and the presence of loading as effective factors in subsidence generation have been introduced. (Moradi et al., 2019). Landslides can destroy irrigation systems and farmers' fertile soils (by reducing their porosity). Damage to wells in rural and urban areas is quite common, leading to well collapse and causing phenomena called well growth or piping (Amighpey, and Arabi, 2009). Since the early 1990s, with the advent of radar satellites, radar interference has also been widely used by geologists. Radar data interference (InSAR) between different methods for detecting changes in the Earth's crust is considered the best method for continuous measurement of these changes in terms , scale and speed (Arab Ameri et al., 2018).

In general, radar interferometry (InSAR) is a valuable technique for measuring ground deformation due to its high spatial resolution and ability to obtain information remotely. Differential interferometry is the phase difference between two images of the same region taken at two different times. It is used to estimate the deformation of a region. To measure the behavior of a deformation phenomenon, we need to examine the temporality of a phenomenon in a study area. Therefore, several images from different time periods should be availablefrom that area and several mapping interferences between different time periods should be included in the calculations to calculate the deformation rate (Roozban et al., 2016).

Materials and Methods

This study used images from the Sentile 2 satellite. In this study, the proximity of the images was taken into account to minimize the error due to changes in gray scale. Also in this study, GIS and remote sensing data and SNAP software were used as tools for image coding, processing, analysis and output. Geographic information systems and remote sensing data have facilitated and used analyses of processes and patterns of change over time and space. Images used:
S1A_IW_SLC__1SSV_20150928T023018_20150928T023045_007909_00B0A9_2A63.zip
S1A_IW_SLC__1SDV_20210908T023055_20210908T023122_039584_04ADD1_9316.zip.

Results and Discussion

According to the map obtained from the amount and amplitude of subsidence using the radar interference technique, it is observed that very large areas of the pit and the Kazerun plain have been exposed to land subsidence. Thus, the final map of the average rate of subsidence resulting from the analysis of the 2015 and 2021 time series for the entire subsidence area is shown in Figure (Figures 3 and 4). In this map, the redshift of the red areas indicates subsidence and the blue areas indicate an increase between the two periods - that is, in 2172 days, this amount has shifted. The maximum rate of subsidence in the region is therefore estimated to be about 9 cm per year. According to the subsidence zones obtained in the study area, it is observed that the maximum amount of subsidence around the tomb of Sheikh Mohammad is between 80-90 mm per year of landslide. The presence of joints, cracks and fissures in various buildings and cracks in the ground observed during field visits

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

may be one of the effects of land subsidence in the study area. The area around Burj Sokhteh-e-Olia village, around Kenar-e-Sabz tomb and around Alimoradi mountain also shows subsidence of 40-40 mm. The area around the village of Pirabolhassan is also a high-risk area, with a subsidence of 10-20 mm. Further, around the cities of Kazerun and Khesht, including the areas around the villages of Tel Milk, Mahbodi, Walid Abad, Rabmalek, Fatehabad, Javalghian, Mordak, Hassan-Abad Rilemi, Telenadri, Kaskan, around Mount Dovan, around the Shahpour River in Next are the subsidence lines.

Conclusions

The results show that the highest rate of subsidence in the study area is attributed to agricultural use and irrigated agriculture in the region. This problem may be mainly related to the issue of groundwater abstraction for agricultural and drinking purposes, and possibly other factors such as geology and tectonics. The centralization of the maximum rate of subsidence in residential areas has created relatively insecure living conditions for residents and increased their vulnerability to land hazards. Also, the main cause of subsidence in the Kazerun plain is the uncontrolled extraction of water from groundwater aquifers with the findings (Roozban et al, 2016; Arab Amiri et al, 2018; Moradi et al, 2016; Ebrahimi et al, 2016; Shafiee et al, 2019; Abidin et al, 2015, Faunt, 2015, et al, 2017, Motagh et al, 2016, 2015 Bhattarai) has it. Moreover, considering the results of the steps taken to study the phenomenon of land subsidence in the study area, it is concluded that the phenomenon of land subsidence has a significant relationship with grain size and with the decline in groundwater level. In areas with fine grains, compaction is more pronounced than in areas with coarse grains, leading to subsidence. The results of the population and housing studies showed that one of the densely populated areas of the Kazerun Plain is at risk of subsidence if the open spaces with agricultural and industrial activities are removed. Therefore, the combination of radar interferometry methods with wide coverage and high spatial resolution, satellite positioning systems with high temporal resolution and precise alignment with very high accuracy is a good way to study the movement of the earth's surface.

Resources

Sharafat, Matin, Ansari, Abdolhamid, Mojtahedzadeh, Seyed Hossein, 2018. Subsidence monitoring of Abarkooh plain in Yazd using radar interferometry technique based on stable scattering, Boshk Quarterly, Volume 9, Number 2, pp. 138 -122.

Shafiei, Najmeh, Glymokhtari, Leila, Amira Ahmadi, Abolghasem, Zandi, Rahman, 2019. Investigation of subsidence of Dasht-e-Noorabad aquifer using radar interferometry method, Quantitative Geomorphological Research, Year 8, No. 4, pp. 111-93.

Roozban, Ali, Ismaili, Ali, Motagh, Mehdi, 2016. Investigation of land subsidence using radar interferometry (DInSAR) method and using SENTINEL sensor images, 2nd National Conference on Spatial Information Technology Engineering, Khajeh Nasiruddin University of Technology Tusi, January 20, 2017.

AbidinaHaZ, H.Aas, oI Gumilar, T.P.Sidiq, dMtGamaltFIG WorkingrWeek 2015. Environmental Impact of Land Subsidanceain Urban Areashof IndonesiaP (7568) From, thedWisdom of theiAGgesotoothe Challenges5of the Modern World Sofia, Bulgaria, pp (17-21).

Amighpey, M. & Arabi, S. 2009. Yazd Subsidence Research Project Report Using Radar Interferometry and Precision Alignment, National Survey Organization. (in Persian).

Ajourlo, P. 2019. Feasibility of using radar interferometry time series to monitor subsidence caused by subway construction and civil infrastructure in Tehran, Master's Thesis, Faculty of Surveying Engineering, University of Tehran. (in Persian).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]

Bhattarai, R., Alifu, H., Maitiniyazi, A. & Kondoh, A. 2017. Detection of landsubsidence in Kathmandu valley, Nepal, using DInSAR technique, Land, 6 (2), 39-54.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.2.1019172]