Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.12, Issue 38, December 2023

Measuring the amount of land subsidence using radar interferometry technique (Case study: Earthquake-affected areas west of Kermanshah)

Rahman Maleki[1], Hassan Khavarian[2*], Sayyad Asgari[3]

1. Master Graduate of Remote Sensing & GIS, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. *Corresponding Author*, Assistant Professor of Remote Sensing, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Associate Professor of Geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 06 July 2022
Revised: 15 October 2023
Accepted: 18 October 2023

Keywords:
West Kermanshah Earthquake, Subsidence, Radar Interferometry.

ABSTRACT

Land subsidence is one of the ecological crises that especially cause damage to human facilities such as communication networks and buildings. Many factors affect the subsidence of the earth, and earthquakes can be one of those factors. The current research examines the effect of the November 2017 earthquake in the western region of Kermanshah on subsidence. For this purpose, the differential radar interferometric method and Sentinel 1 satellite data have been used to investigate the subsidence of the region. Pair processing of radar images in the study area between 11/11/2017 and 11/30/2017 showed that the amount of vertical displacement in the study areas is between -41.72 and -42.99 cm. According to the obtained results, the average displacement of subsidence in the opposite direction of view is -304.16 and -33.1265 cm, which was observed along the fault lines. Also, the average uplift movement rate in the studied area is 17.53 and 34.53 cm per year in line with the satellite view. The evaluation of the displacement map of the region shows that the greatest amount of subsidence was in the eastern, southern, and western parts of Salas Babaji City and the southern and western parts of Sarpol-Zahab city.

Cite this article: Maleki, R., Khavarian Nehzak, H., & Asghari, S. (2023). Measuring the amount of land subsidence using radar interferometry technique (Case study: Earthquake-affected areas west of Kermanshah). Journal of Natural Environmental Hazards, 12(38), 23-30. DOI: 10.22111/jneh.2023.42823.1911

© Hassan Khavarian
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2023.42823.1911

* Corresponding Author Email: h5_khavari@uma.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۸، دی ۱۴۰۲

اندازه‌گیری مقدار فرونشست زمین با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری (مطالعه موردی: مناطق زلزله زده غرب کرمانشاه)

رحمان ملکی[۱]، حسن خاوریان[۲*]، صیاد اصغری[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۲. استادیار سنجش از دور، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل (نویسنده مسئول)
۳. دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۷/۲۶

واژه‌های کلیدی:
زلزله غرب کرمانشاه،
فرونشست، تداخل سنجی راداری..

چکیده

فرونشست زمین یکی از بحران های بوم شناختی می باشد که به ویژه باعث خسارت به تاسیسات انسانی از قبیل شبکه های ارتباطی و ساختمان ها می شود. عوامل متعددی بر روی فرونشست زمین تاثیر دارند که زلزله می تواند یکی از آن عوامل باشد. تحقیق حاضر، اثر زلزله ماه نوامبر سال ۲۰۱۷ منطقه غرب کرمانشاه ،بخصوص در شهرستان سر پل ذهاب و شهرستان ثلاث باباجی، را بر روی فرونشست بررسی می‌کند. بدین منظور، جهت بررسی فرونشست منطقه از روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری و داده‌های ماهواره سنتینل یک استفاده شده است. پردازش زوج تصویر راداری در منطقه مطالعاتی در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۱/۳۰ نشان داد که مقدار جابه-جایی عمودی در مناطق مورد مطالعه بین ۴۱,۷ تا ۴۳- سانتی متر می باشد. مطابق نتایج بدست آمده، متوسط جابجایی فرونشست در خلاف جهت دید، ۱۶,۳- و ۳۳,۱- سانتی‌متر می‌باشد که در راستای خطوط گسلی مشاهده شده است. همچنین متوسط نرخ جابجایی بالاآمدگی در منطقه مورد مطالعه ۱۷,۵ و ۳۴,۵ سانتی‌متر در سال و در راستای دید ماهواره به دست آمده است. ارزیابی نقشه جابجایی منطقه بیانگر این است که بیشترین مقدار فرونشست در قسمت‌های شرق، جنوب و غرب شهرستان ثلاث باباجی و قسمت‌های جنوب و غرب شهرستان سرپل‌ذهاب بوده است.

استناد: ملکی, رحمان, خاوریان نهزک, حسن, اصغری سراسکانرود, صیاد. (۱۴۰۲). اندازه‌گیری مقدار فرونشست زمین با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری (مطالعه موردی: مناطق زلزله زده غرب کرمانشاه). مخاطرات محیط طبیعی, ۱۲(۳۸) ، ۳۰-۲۳.

DOI: 10.22111/jneh.2023.42823.1911

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© رحمان ملکی، حسن خاوریان*، صیاد اصغری.

*- حسن خاوریان (نویسنده مسئول)

Email: h5_khavari@uma.ac.ir

مقدمه

پدیده‌ی فرونشست زمین در دهه‌های اخیر معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده‌ها و کانال‌های آبرسانی در بسیاری از مناطق ایران بوجود آورده است. اگر چه اثرات و مخاطرات پدیده‌ی فرونشست همانند سیل و زلزله به وضوح مشهود نیست ولی به جرأت می‌توان خطرات این پدیده را بیشتر و حساس‌تر دانست. پدیده‌ی فرونشست زمین عبارت از نشست رو به پایین سطح زمین است که می‌تواند دارای بردار جابجایی افقی اندک باشد. این پدیده تحت تأثیر عواملی چون استخراج نفت، گاز، آب‌های زیرزمینی، استخراج معادن، انحلال املاح، مسائل تکتونیکی و عوامل طبیعی و غیر طبیعی بوجود می‌آید (شریفی‌کیا، ۱۳۹۱، احمدی، ۱۳۹۴، حشمی و المدرسی، ۱۳۹۴، آقایاری و همکاران، ۱۴۰۱). قبل از روش‌های سنجش از دور، مطالعات فرونشست به مشاهدات میدانی و همچنین مدل‌سازی عددی محدود می‌شدند، اما ویژگی‌های داده‌های ماهواره‌ای، باعث شده تا پژوهشگران از آنها برای اندازه‌گیری نشست زمین استفاده کنند (خرمی، ۱۳۹۶). تصاویر راداری قادر به اندازه‌گیری جابه‌جایی سطح زمین در قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا می باشند که می تواند به صورت یکی از بهترین روش‌های سنجش از دور برای محاسبه تغییرات زمین محسوب شود (جانباز فوتمی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین با بهره‌گیری از تکنیک‌های راداری که به منظور هشدار، شناسایی و همچنین کاهش خسارات استفاده می شود، می‌توان خسارات ناشی از بحران هایی از قبیل فرونشست زمین را کاهش داد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹). تداخل‌سنجی با استفاده از تصاویر راداری با پنجره مصنوعی (سار)[1] روش دقیقی برای استفاده از حداقل دو تصویر راداری از یک منطقه می باشد، که این توانایی را دارد که با دقت قابل توجهی در حد میلی‌متر تغییرات جابه‌جایی ارتفاعی را در سطح وسیع در طی بازه‌های زمانی مختلفی را اندازه‌گیری کند (کوه‌بنایی و همکاران، ۱۳۹۸).

در زمینه استفاده از تکنیک‌های راداری برای شناسایی و مشخص نمودن تغییرات سطح زمین، بررسی های مختلفی در سطح ایران و جهان انجام شده است که می توان از آن ها به احمدی و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد که فرونشست و مخاطرات دشت خرمدره را با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری، ۴۹ میلی‌متر بر سال در راستای خط دید ماهواره برآورد کردند. فروغ‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) به آنالیز سری زمانی تداخل‌سنجی راداری مبنی بر پراکنشگرهای دائم، با استفاده نمودن از تصاویر سنتینل 1A[2] و انویست ایسار[3]، برای برآورد پدیده‌ی فرونشست در شهر تهران پرداختند. نتایج نشان دهنده فرونشست چشمگیری در قسمت جنوبی منطقهٔ مطالعاتی می باشد. مقصودی و همکاران (۱۳۹۸) فرونشست غرب تهران را با استفاده کردن از تصاویر سنتینل ۱ و همچنین تکنیک تداخل‌سنجی راداری، بررسی کردند. آنها مقدار سالانه جابجایی را در قسمتهای منطقه مورد مطالعه که منتهی به دشت شهریار و تهران می شود را حدود ۱۵ سانتی متر برآورد کردند. شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) فرونشست آبخوان دشت نورآباد را با استفاده از داده‌های سنتینل 1A در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ با استفاده از روش تداخل سنجی راداری بررسی کردند. نتایج حاصل از کار آن ها نشان داد که میانگین سالانه اندازه نشست ۴ سانتی متر می باشد. مردای و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی فرونشست زمین را با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری، پیزومتری و همچنین اطلاعات چاه‌های ژئوتکنیکی در منطقه شهری ۱۸ تهران پرداختند. نتایج نشان داد که حداکثر میزان فرونشست تقریبا ۴۳۰

1 Synthetic Aperture Radar (SAR)
2 Sentinel-1A
3 ENVISAT-ASAR

میلیمتر می باشد که در محدوده محله یافت‌آباد قرار دارد. آقایاری و همکاران (۱۴۰۱) به برآورد میزان فرونشست با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری دردشت اردبیل پرداختند و مقدار فرونشست را طی بازه زمانی ۵ ساله ۲۲ میلی‌متر بدست آوردند. فتوحی و همکاران (۱۴۰۲) فرونشست زمین را با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری تفاضلی در دشت نهبندان- سهل‌آباد بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان فرونشست مربوط به محدوده‌ی زمین‌های کشاورزی در مرکز و شمال دشت، حدود ۱۳,۴ سانتی‌متر در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ است.

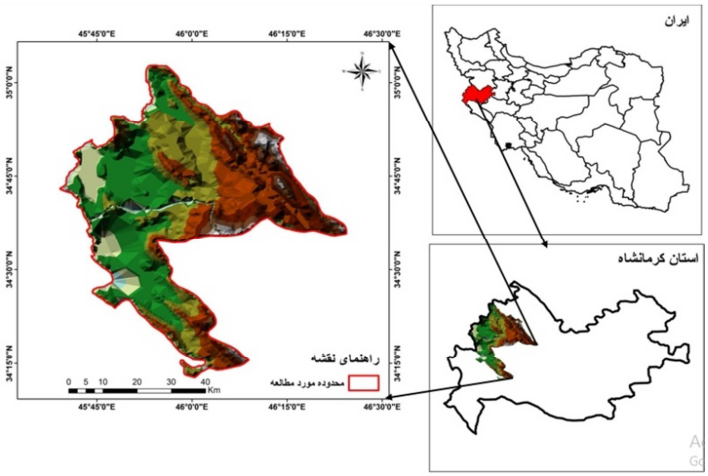
راسپینیا[1] و همکاران (۲۰۱۴)، در دلتای شمال یونان، پدیده فرونشست را با استفاده از مدل‌سازی ژئوتکنیک و همچنین تداخل سنجی بررسی کرده و برای بازه زمانی ۶ ساله، مقدار متوسط سالانه فرونشست را ۴,۵ سانتی‌متر بدست آوردند. لیوسیس[2] و همکاران (۲۰۱۸) به پایش فرونشست زمین در منطقه روستایی الواگان[3] واقع در ایالات متحده عربی با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی SAR پرداختند. نامبردگان مقدار فرونشست را در طی دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۰۳، ۱۸ سانتی‌متر در سال محاسبه کردند. الکمالی[4] و همکاران (۲۰۲۱) فرونشست زمین در منطقه ریماه[5] امارات متحده عربی، را با استفاده از تکنیک تداخل سنجی پراکنده پایدار موازی[6] و داده‌های زمینی در حدود ۴۰ میلی‌متر در سال محاسبه کردند. کاپلی[7] و همکاران (۲۰۲۲) نرخ فرونشست زمین در دهلی نو را با استفاده از تکنیک تداخل سنجی پراکنده پایدار در حدود ۲۰ سانتی‌متر در سال برآورد کردند. با توجه به موارد مذکور، هدف از تحقیق حاضر هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری مقدار فرونشست زمین با استفاده نمودن از تکنیک تداخل سنجی راداری در مناطق زلزله زده غرب کرمانشاه طی بازه زمانی۲۰۱۷/۱۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۱/۳۰ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از استان کرمانشاه می‌باشد که در غرب این استان و در محدوده‌ی عرض شمالی ′۵ °۳۴ تا ′۵ °۳۵ و طول شرقی′۳۵ °۴۵ تا ′۲۵ °۴۶ طول شرقی واقع شده است. قبل از هر چیزی منطقه مورد مطالعه را باید یک دشت نامید، زیرا بیشتر پهنه‌های این منطقه را نواحی کم ارتفاع تشکیل داده‌اند. پست‌ترین نقطه منطقه دارای ارتفاع ۴۰۰ متر است و بلندترین نقطه منطقه دارای ارتفاع ۲۴۰۰ متر می‌باشد. از نظر تقسیمات اداری، منطقه‌ی مورد مطالعه شامل دو شهرستان: شهرستان‌های سرپل ذهاب و ثلاث باباجانی می‌باشد. این دو شهرستان دارای مساحتی حدود ۲۵۷۸ کیلومتر مربع می‌باشد که حدود ۱۰ درصد از کل مساحت استان کرمانشاه را شامل می-شود. ناحیه‌ی مذکور از سمت شرق به شهرستان‌های جوانرود و اسلام آباد غرب از سمت جنوب به شهرستان گیلان-غرب و از سمت غرب و شمال با کشور عراق همسایه می باشد. ارتفاع متوسط آن نیز از سطح دریاهای آزاد تقریبا ۱۲۰۰متر می باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) درج شده است.

1 Raspinia
2 Liosis
3 Alwagan
4 El Kamali
5 Remah
6 Parallelized-Persistent Scatterer Interferometry
7 Kapil



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه. *منبع: نگارنده*

روش تحقیق

در تاریخ ۲۱ آبان ۱۳۹۶ (۱۲ نوامبر ۲۰۱۷) زلزله ای با بزرگی ۷,۳ ریشتر در استان کرمانشاه اتفاق افتاد. کانون زلزله در نزدیکی شهر ازگله از توابع شهرستان ثلاث جانی بود و بیشترین آسیب انسانی در شهر های قصرشیرین، سر پل ذهاب و ثلاث باباجانی ثبت شد. برای ارزیابی مقدار فرونشست در منطقه زلزله‌زده شهرستان‌های ثلاث باباجانی و سرپل‌ذهاب استان کرمانشاه، داده های ماهواره ای سنتینل ۱ در طی بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۱/۳۰ مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق، برای انجام روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری از نرم‌افزار تخصصی انوی[1] و ساراسکیپ[2] استفاده شد.

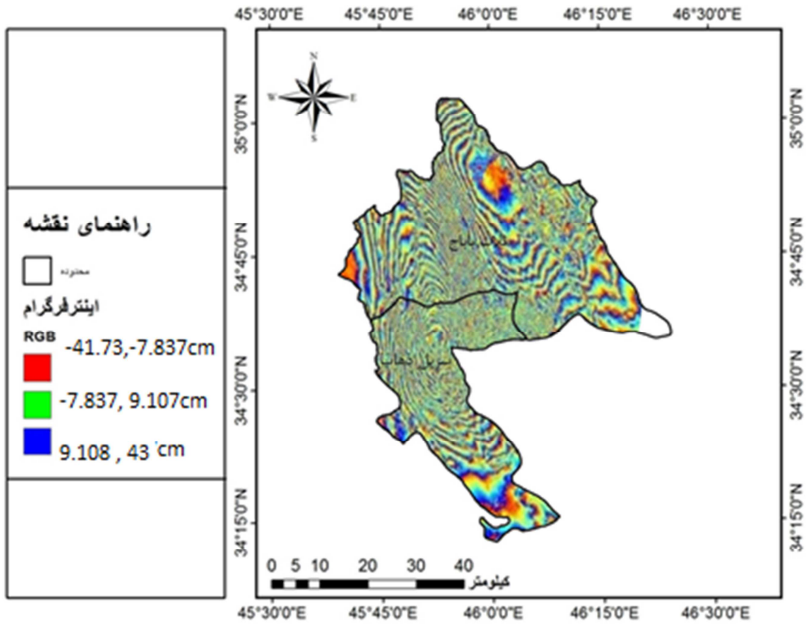
بعد از دریافت تصاویر، ابتدا تصویر فرعی در تصویر مرجع ثبت هندسی شد؛ این عمل موجب می‌شود تا موقعیت اهداف زمینی در راستای بُرد و آزیموت در هر دو تصویر فرعی و مرجع، دارای مختصات یکسان گردند. سپس با تفاضل فازهای نقاط متناظر دو تصویر، تداخل‌نگاشت اولیه حاصل شد. از آنجایی که تداخل‌نگاشت‌های به دست آمده علاوه بر میزان تغییر شکل در سطح زمین دارای تاثیر اتمسفر، توپوگرافی، کرویت زمین و همچنین خطای مداری ماهواره بودند، این اثرات از تداخل‌نگاشت‌ها حذف شدند. بعد از انجام این مراحل، تداخل‌نگاشت اصلاح شده در طی بازه زمانی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. از آنجایی که تداخل‌نگاشت حاصل شده امکان دارد حاوی نویزهایی باشد که باعث پایین آمدن کیفیت تداخل‌نگاشت گردد، لازم می باشد، که تا با اجرای فیلترهای تطبیقی تاثیرات این نویزها از روی تداخل‌نگاشت حذف شود. نتایج این فرآیند علاوه بر حذف نویز از فاز مربوطه به جابه‌جایی و همچنین بهبود کیفیت بصری فرینج‌های تداخل‌نگاشت، سبب تولید نقشه همدوس هم خواهد شد که نقشه یاد شده به نوبه-خود شاخص مناسب و مطلوبی برای کیفیت تداخل‌نگاشت و نسبت آن برای ادامه فرآیند پردازش تداخل‌نگاری خواهد بود. در بررسی حاضر با استفاده از فیلتر تطبیقی گلدشتاین[3]، نویزهای تداخل‌نگاشت کاهش یافت.

1 ENVI
2 SARScape
3 Goldstein

بعد از اعمال فیلتر بر روی تداخل‌نگاشت بازیابی فاز نهان انجام شده است که در حقیقت این امر یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین مراحل در پردازش تداخل‌نگار مرحله بازیابی فاز می باشد. همانطور که فاز تداخل‌نگاری فقط می‌تواند به اندازه 2π تغییرکند اما در این مرحله امکان دارد تغییرات حاصل از آن بیشتر از مقدار ذکر شده باشد. فرآیند بازیابی فاز سبب شده است تا مقادیر واقعی فاز تداخل‌نگار مجدداً مورد محاسبه قرار گیرد و به این صورت ابهام 2π اصلاح گردید. در این راستا، الگوریتم زیادی ارائه شده است که در این پژوهش از روش الگوریتم جریان با کمترین هزینه[1] استفاده شد. در نهایت جهت تعیین جابه‌جایی و همچنین تغییر شکل زمین، تداخل‌نگاشت‌های به دست آمده، زمین مرجع شدند و نقشه‌ی میزان جابه‌جایی حاصل گردید.

نتایج تحقیق

نتایج این تحقیق بصورت نقشه اینتروفروگرام (شکل ۲) و نقشه فرونشست (شکل ۳) ارائه شده است. نقشه اینترفروگرام حاصله نتیجه حاصلضرب تصویر راداری ثبت شده در تاریخ ۲۰۱۷/۱۱/۱۱ در مختلط مزدوج تصویر راداری ثبت شده در تاریخ ۲۰۱۷/۱۱/۳۰ می باشد.

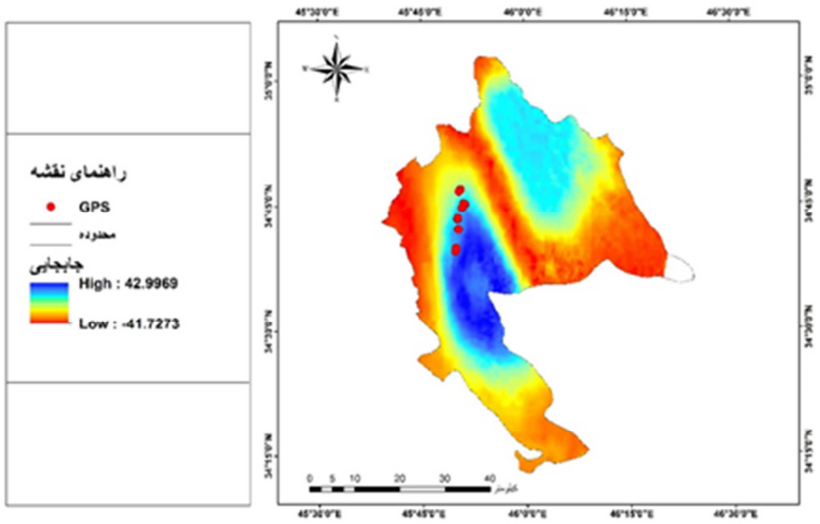


شکل۲: نقشه اینترفروگرام تولید شده با استفاده از تداخل‌سنجی راداری منطقه مورد مطالعه. *منبع:نگارنده*

در نقشه اینترفروگرام حاصله (شکل ۲)، هر فرینج[2] حدود ۳ سانتیمتر جابجایی زمین را نشان می دهد که بیانگر اختلاف فاصله تا زمین بین گذرهای ماهواره در روزهای ۱۱ و ۳۰ نوامبر ۲۰۱۷ می باشد. این اختلاف فاصله، بعد از

1 Minimum-cost flow
2 Fringe

حذف اثرات سایر عوامل موثر، نشاندهنده تغییر شکل سطح زمین بین دو گذر مختلف می باشد. در نقشه‌ی تهیه شده مقادیر مثبت جابجایی مربوط به بالا آمدگی زمین و به عبارت دیگر حرکت سطح زمین به سمت دید راداری و مقادیر منفی بیانگر فرونشست و یا دور شدن سطح زمین از سنجنده در راستای دید راداری است.



شکل۳: نقشه فرونشست منطقه مورد مطالعه. *منبع: نگارنده*

در نقشه فرونشست (شکل ۳)، کلاس های مختلف جابجایی عمودی با رنگ های مختلف نمایش داده شده است. رنگ قرمز بیشترین مقدار فرونشست را نشان می دهد. این کلاس دارای محدوده جابجایی عمودی ۲۴,۸- تا ۴۱,۷- سانتی متر می‌باشد که مقدار متوسط آن ۳۳,۱- سانتی‌متر می‌باشد. وسعت این کلاس، ۳۷۰۵۹ هکتار بوده که ۱۴,۶ درصد از کل منطقه را شامل می شود. رنگ زرد نشاندهنده محدوده جابجایی عمودی ۲۴,۷- تا ۷,۸- سانتی متر می باشد که مقدار متوسط فرونشست آن ۱۶,۳- سانتی متر محاسبه شده است. این کلاس، ۵۹۶۰۵ هکتار وسعت داشته و ۲۳,۵ درصد منطقه مورد مطالعه را در بر می گیرد. رنگ سبز کمترین مقدار جابجایی عمودی را نشان می دهد. محدوده جابجایی آن بین ۷,۸- تا ۹,۱ سانتی متر با مقدار متوسط ۰,۶ سانتی‌متر می باشد. این کلاس وسعتی برابر با ۵۷۴۲۰ هکتار داشته که ۲۲,۶ درصد منطقه را شامل می شود. رنگ آبی کمرنگ نشاندهنده مقدار جابجایی بین ۹,۱ تا ۲۶,۱ سانتی متر و مقدار متوسط ۱۷,۸ سانتی‌متر می‌باشد. مساحت این کلاس ۶۸۰۸۶ هکتار بوده که ۲۶,۸ درصد از منطقه مورد مطالعه را در بر می گیرد. رنگ آبی بیشترین مقدار بالاآمدگی را در منطقه نشان می دهد. در این کلاس مقدار جابه‌جایی بین ۲۶ تا ۴۳ سانتی متر و مقدار متوسط بالا آمدگی ۳۴,۵ سانتی‌متر است. وسعت این کلاس برابر با ۳۱۵۴۶ هکتار بوده که ۱۲,۴ درصد منطقه را شامل می شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، فرونشست زمین مورد اندازه‌گیری قرار گرفته شده است و به صورت مطالعه موردی، نرخ فرونشست مناطق زلزله زده غرب کرمانشاه (شامل شهرستان‌های سرپل ذهاب و ثلاث باباجانی) اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله از

این پژوهش نشان داد که با تصحیح فازی، یک فاز مطلق تولید می‌شود که نشان‌دهنده جابجایی‌های رخ داده در سطح زمین در طول زمان ثبت دو تصویر راداری است. این فرآیند بر روی تداخل سنج های به دست آمده از داده های سنتینل یک اعمال می شود.

نتایج حاصل از اجرای روش تداخل‌سنجی راداری در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی مورد مطالعه که تصاویر مربوط به زمان قبل و بعد زلزله رخ داده در منطقه می‌باشد نشان داد که، تغییر سطح جابجایی در منطقه بین ۴۲/۹۹- تا ۴۱/۷۲ سانتی‌متر بوده است. متوسط نرخ بالاآمدگی با مقدار عددی ۳۴/۵۳ سانتی‌متر در قسمت مرکزی منطقه مورد مطالعه و شمال شهرستان سرپل‌ذهاب مشاهده می‌شود. همچنین متوسط نرخ بالاآمدگی با مقدار ۱۷/۵۸۴ سانتی‌متر در شمال منطقه که منطبق بر شمال و قسمت مرکزی شهرستان ثلاث‌باباجانی می‌باشد، مشاهده می‌گردد.

متوسط مقدار فرونشست با میزان ۳۳/۱۲۶۵- در قسمت‌های شرق، جنوب و غرب شهرستان ثلاث باباجی و قسمت-های غربی و جنوبی شهرستان سرپل‌ذهاب مشاهده می‌شود. همچنین متوسط مقدار فرونشست با میزان ۱۶/۳۰۴- سانتی‌متر به صورت نوار باریکی بیشتر در شمال و جنوب شهرستان سرپل‌ذهاب و در قسمت‌های شرقی، مرکزی و غربی شهرستان ثلاث باباجانی مشاهده می‌گردد. با در نظر قرار دادن انطباق نزدیکی نتایج بدست آمده از روش تداخل‌سنجی راداری مقدار جابه جایی محاسبه شده از داده‌های GPS، می‌توان بیان نمود که روش تداخل‌سنجی راداری روشی مناسب و مطلوبی جهت مطالعه تغییرات جابجایی در سطح زمین می‌باشد.

منابع

آقایاری، لیلا؛ عابدینی، موسی؛ اصغری سراسکانرود، صیاد. (۱۴۰۱). برآورد میزان فرونشست با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری و پارامترهای آبهای زیرزمینی و کاربری اراضی(مطالعه موردی: دشت اردبیل). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال یازدهم، شماره‌ی ۱، صص ۱۳۲-۱۱۷.

ابراهیمی، عطرین؛ قاسمی، افشان؛ گنجائیان، حمید. (۱۳۹۹). پایش میزان فرونشست محدوده شهری پاکدشت با استفاده از روش تداخل-سنجی راداری، جغرافیا و روابط انسانی، دوره‌ی ۲، شماره ۴، پیاپی ۸، صص ۴۱-۲۹.

احمدی، نعیمه؛ موسوی، زهرا؛ معصومی، زهره. (۱۳۹۷). مطالعه فرونشست دشت خرمدره با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری و بررسی مخاطرات آن، انجمن سنجش از دور و GIS ایران، سال دهم، شماره سوم، صص ۵۲-۳۳.

احمدی، نعیمه. (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل مخاطرات توسعه‌ی شهری با تاکید بر فرونشست دشت زنجان با استفاده از تداخل سنجی راداری. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-نقشه‌برداری، دانشگاه زنجان، ص ۲.

جانباز فوتمی، مهدیه؛ خلقی، مجید؛ عبده کلاهچی، عبدالنبی؛ روستایی، مه‌آسا. (۱۳۹۹). بررسی فرونشست زمین ناشی از تغییرات سطح ایستایی آب زیرزمینی با استفاده از روش تداخل‌سنجی تفاضلی راداری: مطالعه موردی استان قزوین. تحقیقات منابع آب ایران، سال شانزدهم، شماره ۳، صص ۱۴۷-۱۳۳.

حشمی، شیما؛ المدرسی، سیدعلی. (۱۳۹۴). مدل‌سازی فرونشست دشت نیشابور با استفاده از سری‌های زمانی و تکنیک DINSAR. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۶، پیاپی ۵۷، شماره‌ی ۱، صص ۸۴-۶۷.

کوه‌بنایی، حمیدرضا؛ یزدانی، محمدرضا؛ حسینی، سیدکیوان. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی گستره‌ی خطر فرونشست زمین با بهره‌گیری از تداخل-سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت کاشمر و خلیل‌آباد). نشریه مدیریت بیابان، شماره ۱۳، صص ۷۶-۶۵.

مقصودی، یاسر؛ امانی، رضا؛ احمدی، حسن. (۱۳۹۸). بررسی رفتار فرونشست زمین در منطقه غرب تهران با استفاده از تصاویر سنجنده سنتینل-۱ و تکنیک تداخل سنجی راداری مبتنی بر پراکنش‌گرهای دائمی. تحقیقات منابع آب ایران، سال پانزدهم، شماره ۱، صص ۳۱۳-۲۹۹.

مرادی، آیدین؛ عمادالدی، سمیه؛ صالح، آرخ؛ رضائی، خلیل. (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، صص ۱۷۶-۱۵۳.

فتوحی، صمد؛ المدرسی، سیدعلی؛ دلارام، رقیه. (۱۴۰۲). بررسی میزان فرونشست زمین با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری(D-InSAR) در دشت نهبندان- سهل‌آباد. نشریه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۱۴، شماره ۲.

فروغ‌نیا، فاطمه؛ نعمتی، صادق؛ مقصودی، یاسر. (۱۳۹۷). آنالیز سری زمانی تداخل‌سنجی راداری مبتنی بر پراکنشگرهای دائم، با استفاده از تصاویر Sentinel-1A و ENVISAT-ASAR، برای برآورد پدیده‌ی فرونشست شهر تهران. انجمن سنجش از دور و GIS، سال دهم، شماره اول، صص ۷۲-۵۷.

قنادی، محمدامین؛ عنایتی، حمید؛ خصالی، الهه. (۱۳۹۷). تولید مدل رقومی ارتفاعی زمین با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و تکنیک تداخل‌سنجی راداری، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۱۰۸، صص ۱۲۱-۱۱۰.

شفیعی، نجمه.، گلی مختاری، لیلا.، امیر احمدی، ابوالقاسم؛ زندی، رحمان. (۱۳۹۹). بررسی فرونشست آبخوان دشت نورآباد با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری، پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی، سال هشتم، شماره۴، صص ۱۱۱-۹۳.

شریفی‌کیا، محمد. (۱۳۹۱). تعیین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری در دشت نوق-بهرمان. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره‌ی شانزدهم، شماره‌ی ۳، صص ۷۷-۵۶.

خرمی، محمد. (۱۳۹۶). تخمین فرونشست مشهد با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری و ارزیابی آن با توجه به مشخصات ژئوتکنیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۲.

عزیزی فاطمه، فلاحی صغری، اسدی سامانی مجید، گودرزیان مریم(۱۳۹۳)، گروه‌بندی سویه‌های مختلف باکتری اشریشیاکلی با استفاده از تعیین توالی ژن thrB و مقایسه آن با روش مولتی‌پلکس PCR. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره۲۴، شماره ۱۵، صص۱۱۲-۱۰۱. http://jmums.mazums.ac.ir/article-4115-1-fa.html

عساکره, حسین, خجسته, آتوسا. (۱۳۹۹). فراوانی ورود چرخندهای مدیترانه ای به ایران و اثر آن ها بر بارش های فراگیر. مخاطرات محیط طبیعی, ۱-۱. doi: 10.22111/jneh.2020.33171.1632

El Kamali, M., Papoutsis, L., Loupasakis, C., Abuelgasim, A., Omari, K., Kontoes, C. (2021). Monitoring of land surface subsidence using persistent scatterer interferometry techniques and ground truth data in arid and semi-arid regions, the case of Remah, UAE. Science of the Total Environment, 776, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145946.

Kapil, M., Dheeraj, K., Daniele, P., Biswajeet, P. (2022). Estimation of ground subsidence of New Delhi, India using PS-InSAR technique and Multi-sensor Radar data, Advances in Space Research, Volume 69, Issue 4, Pages 1863-1882, https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.08.032.

Liosisa, N., ReddyMarpua, P., Pavlopoulos, K., Ouarda, T. B.M.J. (2018). Ground subsidence monitoring with SAR interferometry techniques in the rural area of Al Wagan, UAE, Remote Sensing of Environment, Volume 216, Pages 276-288, https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.07.001.

Raspinia, F., Loupasakis, C., Rozos., D., Adam, N., Moretti, S. (2014). Ground subsidence phenomena in the Delta municipality region (NortherntGreece): geotechnical modeling and validationawithPersistentsScatterer Interferometry, ELSEVIER Internationa Journal, vol28, pp78-89, doi:10.1016/j.jag.2013.11.010
https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2014IJAEO.28.78.

University of Sistan and Baluchestan

Journal of Natural Environment Hazards

Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385

Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Ahmadi, N. (2015). Analysis of urban development risks with emphasis on subsidence of Zanjan plain using radar interferometry, M.Sc. Thesis in Civil Engineering-Surveying, Zanjan University, P 2. [In Persian].

Ahmadi, N., Mousavi, Z., Masoumi, Z. (2018). Study of subsidence of Khorramdareh plain using radar interferometry technique and its hazards, Iranian Remote Sensing and GIS Association, Year 10, Issue 3, pp 33-52. [In Persian].

Aghaari, L., Abedini, M., Asghari Saraskanrod, S. (2022). Estimating the amount of subsidence using radar interferometric technique and parameters of underground water and land use (case study: Ardabil plain). Quantitative geomorphology researches, year 11, number 1, pp. 117-132. [In Persian].

Ebrahimi, A., Ghasemi, A., Ganjaeian, H. (2020). Monitoring the subsidence of Pakdasht urban area using radar interference method, geography, and human relations, Volume 2, Number 4, 8, pp 41-29. [In Persian].

Foroughonia, F., Nemati, S., Maghsoudi, Y. (2018). Time series radar interference analysis based on permanent dispersers, using Sentinel-1A and ENVISAT-ASAR images, to estimate the subsidence phenomenon in Tehran, Remote Sensing Association and GIS, Year 10, Number 1, pp 57-72. [In Persian].

Fatuhi, S., Al-Madrasi, S A., Delaram, R. (2022). Investigating the amount of land subsidence using radar interferometric technique (D-InSAR) in Nehbandan-Sahlabad plain. Journal of remote sensing and geographic information system in natural resources, volume 14, number 2. [In Persian].

Gannadi, M. A., Enayati, H., Khesali, E. (2018). Production of Digital Earth Altitude Model Using Sentinel-1 Images and Radar Interference Technique, Geographical Information Quarterly, Volume 27, Number 108, pp110-121. [In Persian].

Hashmi, S., Almodaresi, S. A., (2015). Neishabour plain subsidence modeling using time series and DINSAR technique, geography and environmental planning, year 26, consecutive 57, number 1, pp 67-84. [In Persian].

Janbaz Futmi, M., Khalkhi, M., Abdo Kalachi, A N., Rural, f. (2019). Investigating land subsidence caused by changes in the static level of underground water using differential radar interferometric method: a case study of Qazvin province. Iran water resources research, year 16, number 3, pp. 147-133. [In Persian].

Khorami, M. (2017). Estimation of Mashhad subsidence using radar interferometry technique and its evaluation according to geotechnical specifications, Master Thesis in Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, p 2. [In Persian].

Kouh-Banaei, H., Yazdani, M., Hosseini, S. (2018). Land subsidence risk zoning using radar interferometry (case study: Kashmar Plain and Khalilabad). Desert Management Journal, No. 13, pp. 65-76. [In Persian].

Moradi, Aydin., Emadeddi, S., Saleh, A. (2020). Rezaei, Khalil Land subsidence analysis using radar interferometry technique, geotechnical and piezometric well information (Case study: Tehran 18 urban area), Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards, Year 7, No. 1, pp 153-176. [In Persian].

Maghsoudi, Y., Amani, R., Ahmadi, H. (2019). Investigation of Landslide Behavior in the West of Tehran Using Sentinel-1 Sensor Images and Radar Interferometry Technique Based on Permanent Dispersers, Iran Water Resources Research, Year 15, No. 1, pp 299-313. [In Persian].

Shafiee, N., Goli Mokhtari, L., Amir Ahmadi, A., Zandi, R. (2020). Investigation of subsidence of Nurabad plain aquifer using radar interferometry method, Geomorphological researches, 8th year, No. 4, pp 93-111. [In Persian].

Sharifikia, M. (2012). Determining the amount and extent of land subsidence using radar interferometry method in Nogh-Bahrman plain, Spatial Planning and Planning, Volume 16, Number 3, pp 56-77. [In Persian].

References (in English)

El Kamali, M., Papoutsis, L., Loupasakis, C., Abuelgasim, A., Omari, K., Kontoes, C. (2021). Monitoring of land surface subsidence using persistent scatterer interferometry techniques and ground truth data in arid and semi-arid regions, the case of Remah, UAE. Science of the Total Environment, 776, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145946.

Kapil, M., Dheeraj, K., Daniele, P., Biswajeet, P. (2022). Estimation of ground subsidence of New Delhi, India using PS-InSAR technique and Multi-sensor Radar data, Advances in Space Research, Volume 69, Issue 4, Pages 1863-1882, https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.08.032.

Liosisa, N., ReddyMarpua, P., Pavlopoulos, K., Ouarda, T. B.M.J. (2018). Ground subsidence monitoring with SAR interferometry techniques in the rural area of Al Wagan, UAE, Remote Sensing of Environment, Volume 216, Pages 276-288, https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.07.001.

Raspinia, F., Loupasakis, C., Rozos., D., Adam, N., Moretti, S. (2014). Ground subsidence phenomena in the Delta municipality region (NortherntGreece): geotechnical modeling and validationawithPersistentsScatterer Interferometry, ELSEVIER Internationa Journal, vol28, pp78-89, doi:10.1016/j.jag.2013.11.010

https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2014IJAEO.28.78.