مجله مهندسی عمران هورین، اردیبهشت ۱۴۰۲، دوره ۱، شماره ، ص ص ۱-۶

مجله علمی مطالعات پژوهشی

در مهندسی عمران آینده

Journalhi.com/com

استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور در بررسی پیشرفت فرونشست زمین

لیلا رنجبرلاری*[۱]

۱- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه پادووا، پادووا، ایتالیا

* ایتالیا ، دانشگاه پادووا، پادووا.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: ۱۶ اسفند ۱۴۰۱

پذیرش: ۱۱ فروردین ۱۴۰۲

ارائه در سایت: ۳ اردیبشت ۱۴۰۲

کلید واژگان:

فرونشست زمین

ایمنی

محیط‌زیست

سنجش‌ازدور

توسعه پایدار

چکیده

تکنولوژی پیشرفته هوش مصنوعی قابلیت استفاده در جراحی‌های رباتیک، دستیارهای مجازی، تشخیص پزشکی، تجزیه و تحلیل تصویری، امنیت اطلاعات پزشکی، پیش بینی ریسک پزشکی، آزمایشات و موارد دیگر کمک خواهد کرد. هر چه قدر تعداد کاربردهای هوش مصنوعی در پزشکی زیادتر شود؛ اثربخشی راه حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نیز زیادتر خواهد شد. اغلب چیزهایی که ما در باب هوش مصنوعی می‌شنویم به یادگیری ماشین اشاره دارد؛ یعنی زیرمجموعه‌ای از الگوریتم‌های هوش مصنوعی که از داده‌ها، الگوها را برون‌یابی می‌کنند و از تحلیل این داده‌ها برای پیش‌بینی اتفاقات آتی استفاده می‌کنند. هر چه این الگوریتم‌ها بیشتر داده جمع‌آوری کنند، پیش‌بینی‌های آن‌ها نیز دقیق‌تر خواهد بود. عدم اطلاع دقیق و کامل از سوابق بیماری افراد یکی از دلایل مهمی است که می تواند منجر به خطاهای پر هزینه و مرگ آور پزشکی شود. به نظر می رسد هوش مصنوعی به تنهایی و یا در همکاری با یادگیری ماشین یک راه حل موثر برای افزایش کیفیت پزشکی شخصی و برای سرعت دادن ریتم تکامل برای تکنیک های تشخیصی و درمان دقیق مانند در زمینه ژنتیک، مولکول کوچک و درمان های فوق العاده هدف است. با توجه به همه این اطلاعات، هوش مصنوعی می تواند با سرعت بسیار زیادی یک بیماری را پیش بینی و یا تشخیص دهد.

The use of remote sensing technique in investigating the progress of land subsidence

Leila Ranjbarlari *[1]

1- Master of Environment, University of Padua, Padua, Italy
* Italy, University of Padua, Padua

Article Information

Original Research Paper
Received 2022-04-05
Accepted 2023-03-31
Available Online2023-04-23

Keywords:
subsidence of the earth
Safety
Environment
Remote Sensing
Sustainable development

Abstract

Today, overuse of natural resources is one of the issues raised in the world and in Iran. The increasing progress of science and technology as well as excessive use of natural resources have caused problems and endangered environmental resources. Discussions related to sustainable development and its goals as well as optimal design from the point of view of safety and security of environmental parameters are important in the process of construction and operation of a project. Therefore, the aim of the current research is to identify the environmental parameters that influence the subsidence of the earth, which mainly uses the remote sensing technique to prepare these information layers. The research method has been carried out in the form of in-depth study and document content analysis; The results of document content analysis obtained in this research show that vegetation, underground water level and density of wells, etc. are environmental parameters that influence land subsidence. According to the results of surveys, areas with high density of wells and lower underground water level have more subsidence.

۱- مقدمه

فرونشست یکی از پدیده‌های ژئوتکنیکی است که می‌تواند به سبب عوامل متعددی رخ دهد. شایع‌ترین عامل فرونشست برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی است که امروزه با پیشرفت شهرنشینی و نیاز روزافزون به منابع آب به یک مشکل فزاینده تبدیل شده است و بسیاری از مناطق دنیا با مخاطرات آن روبرو هستند. برای اندازه‌گیری نرخ فرونشست و بررسی رفتار کوتاه مدت و بلند مدت فرونشست با کمک فن‌های سنجش از راه دور فرونشست، می¬توان ازنقطه‌نظر شرایط زمین‌شناسی، ساختاری و هیدرولوژی منطقه ، فراهم آوری داده‌های فضایی و مکانی جهت مدل‌سازی فرونشست (شامل داده‌های InSAR، زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوتکنیکی و لرزه‌نگاری در صورت امکان) و تعیین و تحلیل هرکدام از داده‌های مذکور بررسی را انجام داد (عدالت،۱۳۹۵). پدیده فرونشست زمین، حرکت در جهت پایین سطح زمین را می‌گویند که به دلیل روند کند آن به سهولت قابل شناسایی و اندازه‌گیری نیست. مصارف بی رویه و کنترل نشده منابع آب سطحی و زیرزمینی، کاهش نزولات جوی، تمرکز مصرف در برخی نقاط (عدم تعادل بین تقاضا و پتانسیل تأمین آب)، الگوی کشت نامناسب و عدم آبیاری صحیح و حفر چاه های متعدد و بهره‌برداری بی برنامه از آن‌ها در چند دهه اخیر باعث بحرانی شدن وضعیت منابع آب زیرزمینی در اکثر دشت‌های کشور شده است. به نحوی که سطح آب زیرزمینی در اغلب آبخوان‌های کشور به طور مداوم سیر کاهشی داشته و متوسط افت سالانه در طول ۱۵ سال گذشته در حد ۱۲متر بوده است. کاهش سطح تراز آب زیرزمینی دشت‌ها اثرات زیادی دارد و باعث افزایش هزینه استحصال آب و افزایش مصرف انرژی، کاهش کیفیت آب و ظهور پدیده فرونشست زمین می‌گردد. هرکدام از این عوامل پیامدهای منفی ثانویه نیز دارد. به عنوان نمونه با کاهش حجم آب قابل برداشت منابع زیرزمینی و افزایش هزینه استحصال آب، سطح زیرکشت محصولات کاهش و قیمت محصولات افزایش می‌یابد. یکی دیگر از عواملی که باعث بحرانی شدن وضعیت منابع آب زیرزمینی شده است، تغییر شرایط و رژیم تغذیه طبیعی سفرهای آب زیرزمینی است. در برخی از دشت‌ها، ساخت و سازهای هیدرولیکی نامناسب بر روی رودخانه‌ها انجام شده و باعث کاهش تغذیه مناسب آبخوان پایین دست شده است. برخی از سدها و پروژهای آبیاری و زهکشی و پروژه های ساماندهی رودخانه‌ها تاثیر نامطلوبی در تغذیه طبیعی مخازن آب زیرزمینی دارند. بدون شک رفتارهای واقعی یک سیستم طبیعی مستلزم یک سری تحقیقات دراز مدت برای هر منطقه خاص می‌باشد. با توجه به وضعیت کنونی و محدودیت‌های موجود، بر همین اساس است که به کارگیری مدل‌های عددی به عنوان ابزاری مفید و کارآمد، مطرح بوده و نتایج رضایت بخشی حاصل نموده است (مرانی،و دیگران،(۱۳۹۸)

۲- مبانی نظری تحقیق

فرونشست زمین احتمالاً یکی از بارزترین اثرات زیست محیطی پمپاژ آب‌های زیرزمینی است. در سطح جهان ، تقاضای آب شیرین دلیل اصلی این پدیده است. فرونشست زمین ناشی از زهکشی سیستم آبخوان می‌تواند مقادیر کلی تا ۱۴.۵ متر برسد. گسترش فضایی این پدیده معمولاً گسترده است و تعریف آن اغلب دشوار است. تراکم آبخوان به بسیاری از اثرات اقتصادی-اجتماعی و هزینه‌های بالای مربوط به زیرساخت کمک می‌کند. در حال حاضر ، روش‌های زیادی برای تجزیه وتحلیل تراکم آبخوان استفاده می‌شود. این‌ها شامل رابطه اساسی بین هد آب زیرزمینی و جهت جریان آب زیرزمینی ، فشار آب و قابل فشردگی ماتریس سفره آب است. چنین راه حل‌هایی نتایج مدل‌سازی رضایت بخشی را فراهم می‌کنند. بااین‌حال ، تحقیقات بیشتری لازم است تا مدل‌سازی کارآمدتری از تراکم سفره فراهم شود. اخیراً ، تداخل سنجی راداری ماهواره‌ای (InSAR) به پیشرفت چشمگیری در نظارت و تعیین توزیع‌های فرونشست زمینی- زمینی در سراسر جهان کمک کرده است. بنابراین ، اجرای این روش می‌تواند راه را برای توسعه مدل‌های فشرده‌سازی آبخوان کارآمدتر هموار کند.(Gazy.etal2020)

فرونشست زمین یکی از مهم‌ترین خطرات زمین‌شناسی در پکن چین است و دامنه و بزرگی آن طی چند دهه گذشته به‌سرعت در حال رشد است که دلیل اصلی آن برداشت طولانی‌مدت آب‌های زیرزمینی است. از رادار دیافراگم مصنوعی تداخل سنجی (InSAR) برای نظارت بر تغییر شکل در پکن استفاده‌شده است، اما کمبود تحلیل تحول مکانی طولانی مدت نشست زمین وجود دارد. در مطالعه انجام‌شده باهدف شناسایی و توصیف تغییرات مکانی - زمانی در نشست زمین در دشت پکن با استفاده از تداخل‌سنج پراکنده پایدار (PSI) و تجزیه‌وتحلیل مکانی جغرافیایی متمرکزشده است. فرونشست زمین در طی سال‌های ۲۰۰۳–۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر ENVISAT ASAR (2003–2010، RADARSAT-2 (2011–2015) و TerraSAR-X (2010–2015) کنترل شد ، با نتایج مطابق با اندازه‌گیری‌های تسطیح مستقل. سرعت تغییر شکل مبتنی بر رادار از ۱۳۶.۹ to تا +۱۵.۲ میلی‌متر در سال طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۳ و از ۱۴۹.۴ to تا +۸.۹ میلی‌متر در سال در سال ۲۰۱۱-۲۰۱۵ نسبت به نقطه مرجع متغیر بود. مناطق اصلی فرونشست شامل مناطق چائویانگ ، تونگژو ، شونی و چانگپینگ است که هفت کاسه نشست بین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۵ مشاهده‌شده است. روش تجزیه‌وتحلیل فن برابر (EFAM) نشان می‌دهد که حداکثر جهت گسترده به سمت شرق بوده است ، با سرعت رشد ۱۱.۳۰ کیلومترمربع در سال . مناطق فرونشست دیفرانسیل عمدتاً در مرزهای هفت کاسه نشست قرار داشتند ، همان‌طور که توسط شیب نرخ فرونشست نشان داده‌شده است. قابل‌ذکر است منطقه بیشترین فرونشست به‌طورکلی با الگوهای کاهش آب زیرزمینی در دشت پکن سازگار بوده است.. (Zhou, etal .2018)

طبق مطالعه انجام‌شده خصوصیات و مکانیزم تغییر شکل یک سیستم سفره آب زیرزمینی را در پاسخ به نوسانات فصلی سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد که پمپاژ آب زیرزمینی پس از تجربه نشست طولانی‌مدت زمین به‌شدت تنظیم‌شده است. دو گمانه با عمق ۱۲۲۶ متر و ۹۰۵ متر در دو سایت متفاوت از منطقه ساحلی تیانجین که فرونشست شدید زمین از دهه ۱۹۵۰ رخ داده بود ، حفر شد. نتایج پژوهش بیانگر این مطلب است که فرونشست زمین تحت نظارت نشان می‌دهد که آبخوان کم‌عمق به عامل اصلی فرونشست زمین تبدیل شده است و هنوز هم تراکم غیر الاستیک در سفره‌های زیرزمینی وجود دارد که سطح آب زیرزمینی بهبود یافته است. تنش‌های قبل از تحکیم نشان می‌دهد که خاک‌های رسی در عمق کمتر از ۱۰۰ متر تحت یکپارچه هستند و خاک‌های رسی عمیق حالت نرمال تا بیش‌ازحد را نشان می‌دهند. اثرات نوسان سطح آب زیرزمینی حلقوی بر تغییر شکل با استفاده از آزمون بارگیری و تخلیه مکرر بررسی شد. تغییرات نسبت باطل در چرخه‌های بارگیری / تخلیه نشان می‌دهد که سرعت تغییر شکل غیر الاستیک به‌تدریج کاهش می‌یابد و میزان تغییر شکل کشسان با افزایش تعداد چرخه‌ای تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. تغییر شکل نمونه‌های خاک از ۱۰۰ تا ۴۰۰ متر بیشتر برای کشش تنش در محدوده تنش بیش‌ازحد کشسان است. این یافته‌ها حاکی از آن است که آبگیری زیرزمینی در آبخوان کم‌عمق (عمق کمتر از ۱۰۰ متر) هدف اصلی برای کنترل فرونشست زمین خواهد بود. نوسانات سطح آب زیرزمینی بالاتر از مقدار قبل از تحکیم در ۱۰۰-۴۰۰ متر فقط منجر به تغییر شکل الاستیک و

قابل بازیابی می‌شود حتی تغییر شکل دائمی باقی مانده کوچک نیز ممکن است برای مدت طولانی ادامه یابد. نتایج بهبود درک تغییر شکل در سفره‌های زیرزمینی شهری پیچیده تحت تأثیر نوسانات سطح آب زیرزمینی و اهمیت مدیریت برنامه‌ریزی شهری برای کنترل فرونشست زمین در شهرهای ساحلی را برجسته می‌کند (Yang,etal.2019).

مخاطرات طبیعی عبارت‌اند از تغییرات شدید در سامانه زمین که منجر به تلفات انسانی و نیز سبب آسیب به تأسیسات ارزشمند ازجمله ساختمان‌ها می‌شود. پدیده ی فرونشست زمین، درز و شکافهای ایجاد شده درطرح تغذیه ی مصنوعی جنوب نیروگاه شهیدمفتح همدان به صورت نمونه ای تحقیق شده است. پدیده ی ایجاد شده در زمین شناسی و آب زیرزمینی نادر است. که در این تحقیق مشخصات هندسی درز و شکافهای استخرهای تغذیه اندازه گیری شده است. چاه نگار های زمین شناسی موجود از محل بررسی و نتایج گویای وجود الیه های ریز دانه در ساختمان زمین شناسی آبخوان است که بر اثر بهره برداری بی رویه آب زیرزمینی جابه جا شده اند، که ماسه دهی چاه های آب نیروگاه و اطراف آن شاهدی بر این ادعا است. در جایگاه تغذیه ی مصنوعی بررسی شده این تحقیق تفاوت کیفیت آب تغذیه و آب آبخوان به ناپایداری و تحرک بیشتر به ته نشست های دانه ریز و جابه جائی آنها شدت بخشیده، و افزون بر آن، عدم رعایت خصوصیات هیدرولیک چاه های تغذیه باعث ایجاد جریان آشفته و جابه جائی بیشتر ته نشست های ریز دانه، و در نتیجه فرونشست زمین در استخرهای تغذیه شده است.(خورسندی اقایی،۱۳۹۸)در سال های اخیر افت سطح آب های زیرزمینی باعث فرونشست زمین در دشت کاشمر بردسکن در استان خراسان رضوی شده است. این فرونشست باعث ایجاد و توسعه ی گسترده ی درز و شکاف های کششی در این دشت شده است. به منظور شناخت این مخاطره ی زمین شناسی با استفاده از تصاویر ماهواره های Envisat و ۱ Sentinel در سال های ۲۰۱۰-۲۰۰۳ و ۲۰۱۷-۲۰۱۴ محدوده های فرو نشست دشت و گسترش این شکاف ها بررسی گردید. برای مطالعه ی شرایط زیرسطحی و ارتباط آن با موقعیت شکاف ها با استفاده از اطلاعات چاه های مشاهده ای و نتایج مطالعات ژئوالکتریک، ضخامت و بافت رسوبات و توپوگرافی سنگ کف برای دشت ترسیم شده است. موقعیت درز و ترک ها در دشت تعیین و با مقادیر فرو نشست و نوع رسوبات زیرسطحی و توپوگرافی سنگ بستر مقایسه شده است. نتایج تصاویر ماهواره ای نشان می دهد که انطباق مکانی بالایی بین محل درز و شکاف ها با مناطق فرونشست دیده می شود و تفاوت در میزان فرونشست زمین مهم ترین علت تشکیل درز و شکاف ها در منطقه ی موردمطالعه است. بیش ترین تعداد شکستگی ها در غرب این دشت مشاهده می شود. در این منطقه دو پروفیل در راستای مختلف ترسیم گردید. در این پروفیل ها تغییرات سطح آب زیرزمینی، جنس و ضخامت رسوبات و گسترش افقی و عمودی آن ها، مقدار فرونشست، توپوگرافی سنگ بستر و محل درز و شکاف ها با یکدیگر مقایسه شده اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که ارتباط مستقیم میان فرونشست زمین با افت سطح آب زیرزمینی و جنس رسوبات وجود دارد. علاوه بر آن، انطباق درز و شکاف ها با نقاط افزایش شیب یا پرتگاه های سنگ بستر که در آنجا مقدار فرونشست و در نتیجه استرس کششی افقی به بیش ترین مقدار می رسد، هم خوانی دارد. راستای غالب درز و شکاف ها بر اساس نمودار گل سرخی، دارای روند شمال شرق-جنوب غرب است. (سعیدی،بهار ۱۳۹۸)

فرونشست زمین شامل دو فرآیند پایین رفتن ملایم و فرورفتگی ناگهانی بخش‌های گسسته سطح خاک می‌شود. جابجایی اصولاً به سمت پایین است، اگر چه تغییر شکل افقی مرتبط اغلب تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. استخراج آب زیرزمینی با ایجاد تراکم آبخوان حساس نقش مستقیمی در فرونشست زمین بازی می کند. استخراج مایعاتی مثل: آب، نفت خام، گاز طبیعی از سازندهای زیرسطحی از مهمترین دلایل فرونشست زمین (شامل انسانی و طبیعی) می‌باشند. مشکلات اصلی ناشی از فرونشست شامل: ۱) تغییرات متفاوت در ارتفاع و شیب کانال‌های جریان، زه کشی‌ها و ساختارهای حمل آب ۲) خرابی چاه‌های آب به علت فشارهای زیاد ایجاد شده توسط فشردگی سیستم‌های آبخوان ۳) تجاوز جزر و مدی در مناطق ساحلی دشتی و ۴) در مناطق فرونشست شدید باعث افزایش شدت فشردگی و کشیدگی در سازه‌های مهندسی می‌شود. روش‌های ژئودتیک هوابرد و فضابرد مانند تداخل‌سنجی تفاضلی فضابرد و روش‌های LiDAR هوابرد که در دو دهه گذشته پیشرفت‌های زیادی داشته‌اند، می‌توانند تغییرات را در موقعیت سطح زمین اندازه‌گیری کنند. InSAR از سیگنال‌های راداری برای اندازه‌گیری تغییر شکل پوسته زمین در جزئیات مکانی و قدرت تفکیک اندازه‌گیری بالا استفاده می‌کند. روش InSAR می‌تواند جابجایی زمین را با دقت زیرمیلیمتر در جزئیات مکانی بالا (قدرت تفکیک ۱۰-۱۰۰ متر) و در پوشش‌های مکانی بالا (۱۰۴- ۱۰۵ کیلومتر مربع) در راستای خط دید ماهواره اندازه‌گیری کند. InSAR میلیون‌ها داده نقطه‌ای را در منطقه-ای بزرگ فراهم نموده و اغلب ارزان‌تر از ترازیابی و نقشه‌برداری‌های GPS می‌باشد. هرچند تکنیک های GPS به لحاظ دقت مورد قبول و تایید است ولی به لحاظ مسائلی چند مانند هزینه ی بالای اجرا در نصب و پایش ایستگاه‌های دائم، گستره‌ی زمین لغزش، نابسامانی در دوره‌ی زمانی پایش به واسطه‌ی تغییر در بودجه و اعتبارات سالیانه و در نهایت عدم نظارت و مدیریت پیوسته از گذشته تا حال در ایران موفق نبوده و از حد چند مورد و تعداد محدودی از سال‌ها تجاوز نکرده است (شیروانی و همکارن، ۱۳۹۳،ص۲). تکنیک تداخل سنجی راداری(D-InSAR) روشی است که با مقایسه فازهای دو تصویر راداری که از یک منطقه در دوزمان مختلف اخذ شده اند قادر به محاسبه ی جابه جایی سطح زمین در آن بازه زمانی است. (حشمی،شیما؛المدرسی،علی ،ص ۷) که برای اولین بار به منظور شناسایی و اندازه گیری میزان فرونشست زمین در منطقه ایی از کالیفرنیا به کمک تصاویر سی ست در سال ۱۹۸۹ بکار برده شد (گابریل و همکاران،۱۹۸۹،ص۹۱۸۳) از سال ۱۹۹۰،نظارت بر حرکت زمین در مقیاس وسیع با استفاده از تکنیک D-InSAR پیشرفت چشمگیری داشته است (گراندین و همکاران، ۱۳۹۵،ص۱) و به طور خاص این تکنیک می‌تواند جابجایی سطح زمین را با دقت یک سانتی متر یا کمتر فراهم سازد. (گابریل و همکاران، ۱۹۸۹،ص ۱). این تکنیک با برخورداری از پوشش زمینی وسیع و نیز قدرت تفکیک زمانی و مکانی زیاد، یکی از دقیق ترین و کم‌هزینه ترین فنون سنجش از دور برای شناسایی و پایش جابه‌جایی‌های بوجود آمده در سطح زمین است (خوش‌باطن، محبوبه، ۱۳۹۵، ص۱). از مزایای این تکنیک می‌توان به قابلیت کار در تمام شرایط بد جوی و طول شب و روز و برخورداری از پوشش زمینی وسیع و قدرت مکانی وزمانی زیاد و دقت در مقیاس میلی‌متر و هزینه کم در شناسایی جابه جایی های اتفاق افتاده در سطح زمین (خوش‌باطن، ۱۳۹۵، ص۲، به نقل از گابریل و همکاران، ۱۳۶۸، ص۲) و از معایب این روش، ناتوانی این روش در مناطق با پوشش گیاهی متراکم و یا نرخ تغییرات سطحی بالا به دلیل از بین رفتن همدوسی در جفت تصاویر انتخابی اشاره کرد.(احمدزاده، حسن، ۱۳۹۳، ص ۲۰) برای ساخت اینترفروگرام دو تصویر راداری SAR با همدوسی مناسب نیاز است،این دو تصویر میتواند از دو آنتن نصب شده رویی یک سکو بدست آید (تداخل سنجی راداری تک مسیر) یا از گذرهای متفاوت در زمان های مختلف(تداخل سنجی راداری گذر تکراری) بدست آید(Masont and Figel, 1998, p. 442)

در روش تداخل سنجی مسیر مجدد فاکتورهای زیادی مثل فاصله ی بین آنتن و نقاط زمینی ،توپوگرافی سطح،مدار ماهواره، ویژگی های ضریب دی الکتریک سطح زمین، اتمسفر و سیستم نویز، همگی روی تداخل سنج تاثیر می گذارند (Benfert et al., 2001) پس می بایست این اثرات تا حدممکن تعدیل شوند (رستمی،۱۳۹۷). مناسب‌ترین روش استفاده از داده‌های راداری و تکنیک تداخل سنجی تفاضلی است. ازآنجایی‌که فشردگی فیزیکی و افت فشار ازجمله عوامل اصلی فرونشست در مکان‌هایی هستند که آب ازآنجا استخراج‌شده است، پهنه‌بندی یکپارچه D-InSAR و بررسی هم‌زمان آن با عوامل زیرسطحی، الگوی بی‌هنجاری تغییر شکل که توسط عوامل زیرسطحی ایجادشده را به‌خوبی نمایان می‌کند و نشان می‌دهد که کاربرد D-InSAR در پیمایش فرونشست مفید واقع‌شده است. بدین منظور در منطقه کرمان روش تداخل سنجی تفاضلی داده‌های راداری D-InSAR بر روی‌داده‌های ماهواره‌های ENVISAT و PALSAR راداری به ترتیب از سنجنده ASAR و ALOS در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ به کار گرفته شد. خشکی محیط اثر تغییر فاز ناشی از ترکیبات اتمسفر را تعدیل کرد و فقدان پوشش گیاهی چالش، همدوسی در فاز تصاویر رادار را به حداقل رسانید و امکان سنجش تغییرات را در بازه زمانی سالیانه برای داده‌های راداری در باند C ,L را میسر کرد. حداکثر میزان جابجایی توسط باند C برابر با ۰.۱۴ متر و توسط باند L برابر با ۰.۱۲ متر برآورد شد. در نهایت نتایج پژوهش نشان داد که رابطه معناداری بین میزان فرونشست منطقه و برداشت آب زیرزمینی وجود دارد (امامی، و دیگران، زمستان ۱۳۹۹)

همچنین پژوهش دیگری که توسط محرابی در تابستان ۱۳۹۸ در زمینه بررسی فرونشست زمین در منطقه کرمان انجام شده است نشان داد که تغییرات ارتفاعی رخداده در سطح زمین که غالباً به‌صورت فرونشست و گاهی بالاآمدگی ظاهر می‌شود، به‌عنوان یک مخاطره خاموش ولی جدی در محدوده شهرها به‌حساب می‌آید، که می‌تواند به‌مرورزمان صدمات جدی به تأسیسات شهری وارد سازد. به دلیل تغییرات رخداده در سطح آب‌های زیرزمینی شهر کرمان، پدیده فرونشست و بالاآمدگی با شدت زیادی در این محدوده وجود دارد که می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به شهر وارد نماید و هدف از تحقیقی که انجام داده‌اند پایش این تغییرات است. طبق این تحقیق با استفاده از تکنیک تداخل سنجی تصاویر راداری میزان تغییرات ارتفاعی رخداده در محدوده شهر کرمان بررسی و نحوه تغییرات مکانی آن در طول ۱۴ سال اخیر مورد پایش قرار گرفت. در این راستا از ۶ تصویر از سنجنده ASAR و ۲ تصویر از سنجنده SENTINEL1 مربوط به چهار دوره زمانی، استفاده‌شده و با انجام تکنیک تداخل سنجی، چهار تداخل‌نگاشت از محدوده مورد مطالعه تهیه گردیده است. با مطالعه تداخل نگاشت‌ها، نرخ و دامنه فرونشست و بالاآمدگی استخراج گردید. بر این اساس حداکثر نرخ فرونشست و بالاآمدگی در چهار دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۳۸۶ - ۱۳۸۳، ۱۳۸۹- ۱۳۸۶، ۱۳۸۹-۱۳۹۱و ۱۳۹۶-۱۳۹۳، به ترتیب ۷/۳، ۷/۶، ۹ و ۱۰/۶ سانتیمتر در سال فرونشست و ۶، ۶/۶، ۵ و ۴/۶ سانتیمتر در سال بالاآمدگی بوده است. استخراج عرصه در معرض مخاطره نشان داد که از مجموع مساحت محدوده در حدود ۴۳ درصد در پهنه‌های پرخطر تا نسبتاً پرخطر قرار دارد. شواهد میدانی نشان می‌دهد که علاوه بر محدوده‌های فرونشستی، در مناطق با نرخ تورم و بالاآمدگی زیاد نیز آثار و شواهد خسارات به ساختمان‌ها به‌وضوح دیده می‌شود. همچنین نقشه‌های جابجایی ایجادشده نشان می‌دهد که سطح زمین در شهر کرمان از سال ۱۳۸۳ تاکنون دچار یک‌روند فرونشست فزاینده‌ای شده است به‌طوری‌که علاوه برافزایش نرخ فرونشست، محدوده‌های بیشتری از شهر درگیر آن شده است. (محرابی، ۱۳۹۸).

طبق پژوهش انجام شده توسط حاجب در سال ۱۳۹۸ ، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای آب در سال های اخیر، سبب برداشت بی رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی شده است. برداشت آب زیرزمینی و پایین رفتن سطح آب در آبخوان‌ها معمولا می تواند فرونشست زمین و به تبع آن مختل شدن خطوط آب رسانی و راه آهن و گاز، تخریب پی ساختمان ها، تغییرات شیب زمین و کاهش ضریب ذخیره آبخوان را در پی داشته باشد. در این مطالعه، ابتدا با استفاده از داده های ماهواره ی ENVISAT و به کمک تکنیک تداخل سنجی رادار دهانه مصنوعی(InSAR) و با استفاده از آنالیز سری زمانی SBAS، نرخ فرونشست سالانه زمین در دشت های جعفرآباد و قنوات استان قم برای بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ برآورد شده است. در ادامه با استفاده از تغییرات تراز آب پیزومترهای منطقه و ضخامت لایه های ریزدانه با قابلیت فرونشست دائم، ارتباط تغییرات مکانی نرخ فرونشست در نقاط مختلف آبخوان با برداشت بی رویه آب زیرزمینی بررسی شده است. نتایج آنالیز سری زمانی تصاویر تداخل سنجی نشان می‌دهند که نرخ متوسط فرونشست در دشت های جعفرآباد و قنوات به ترتیب ۳۵و ۲۸ میلیمتر در سال در راستای خط دید ماهواره است. نقشه پهنه بندی فرونشست حاصل از پردازش تداخل سنجی راداری در تلفیق با داده های تراز آب پیزومترها و ضخامت لایه های ریز دانه حاکی از این است که فرونشست علاوه بر افت تراز آب به جنس خاک لایه های زیرین نیز وابستگی داردو بیشترین نرخ نشست در مناطقی رخ داده است که از یک سو تراکم چاه های بهره برداری آب زیاد است و از سوی دیگر لایه های ضخیم رس وجود دارد (حاجب، و دیگران، زمستان۱۳۹۸).

کشاورزی در دره مرکزی ، کالیفرنیا ، با زیرساخت های مدیریت آب های سطحی و تأمین آب زیرزمینی امکان پذیر است. با این حال ، اضافه برداشت آب زیرزمینی منجر به فرونشست زمین می شود ، که خود تهدیدی برای کنترل سیل و زیرساخت های انتقال آب است. نظارت ، مدلسازی و مدیریت فرونشست زمین برای اطمینان از تأمین آب و زیرساخت های آن برای آینده بسیار مهم است. تشخیص فرونشست زمین دشوار است زیرا تغییر شکل تدریجی سطح زمین در مناطق وسیعی است که می تواند ۱۰ کیلومتر گسترش یابد. رادار دیافراگم مصنوعی تداخل سنجی (InSAR) برای تشخیص تغییر شکل در طول زمان با استفاده از یک سری تصاویر تکراری که به پوشش ابر نفوذ می کنند ، استفاده می شود. تکنیک های سری زمانی InSAR ماهواره ای و هوابرد توسعه مناطق فرو نشست در دره و خطرات محلی و زیرساخت های فردی را شناسایی و رصد می شود. (Jones,etal.2020)

همچنین دشت میناب در استان هرمزگان در دهه های اخیر با توسعه کشاورزی رشد جمعیت را تجربه کرده است. میزان کم بارندگی در سالهای اخیر ، خشکسالی های پی در پی ، و محدودیت منابع آب سطحی ، شیوه های آبیاری نامنظم در بخش کشاورزی در منطقه مورد مطالعه ، همراه با الگوی کشت نامناسب ، باعث استخراج چاه های آب در منطقه شده است. استخراج این چاه ها و منابع آب زیرزمینی منجر به عدم تعادل سفره آب در منطقه و کاهش سطح آب های زیرزمینی شده است. پیامدهای این روند باعث ایجاد و گسترش فرونشست در منطقه شده است. (Arvin,2019) مرکز دره San Joaquin یکی از پربارترین مناطق کشاورزی در ایالات متحده است. کشاورزان برای تأمین تقاضای آب آبیاری ، به انحرافات آبهای سطحی اعتماد زیادی می کنند. با این حال ، خشکسالی های ۲۰۰۷-۲۰۱۰ و ۲۰۱۲-۲۰۱۷ باعث افزایش شدید پمپاژ آبهای زیرزمینی شده است که باعث فرونشست زمین با تنوع شدید در مکان ، بزرگی (کل فرونشست) و میزان فرونشست می شود. در مطالعاتی که انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که فرونشست زمین در مناطقی واقع شده

است که تقاضای آب برای کشاورزی و تراکم چاه های آب زیرزمینی بیشترین است ، در حالی که میزان فرونشست به شدت بر میزان آبهای سطحی محلی و وارداتی و منابع آب زیرزمینی تأثیر می گذارد (Jeanne,etal.2019) ..

۳- روش تحقیق

این پژوهش ازلحاظ روش تحقیق، توصیفی تحلیلی است و با توجه به ماهیت موضوع و شاخص‌های موردبررسی رویکرد حاکم بر این پژوهش از نوع پیمایشی با استفاده از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای انجام شده است. روش تحقیق تحلیل محتوا از روش‌های اسنادی است که به بررسی نظام مند، عینی، کمّی و تعمیم پذیر پیام‌های ارتباطی می‌پردازد. این روش در دسته‌بندی روش‌ها، پنهانگر محسوب می‌شود و از آن برای بررسی محتوای آشکار پیام‌های موجود در یک متن می‌پردازد و در نتیجه وارد تاویل و نشانه شناسی محتوای پیام نمی‌شود. تحلیل محتوا روشی مناسب برای پاسخ دادن به سؤال‌هایی درباره محتوای یک پیام است. هر چند در رویکردهای اولیه، ادعا می‌شد که تحلیل محتوا می‌تواند علاوه بر محتوای پیام، به ویژگی‌های مؤلف و تأثیر بر مخاطب بپردازد، اما امروزه دو کارکرد اخیر را تنها در روش‌های تلفیقی میدانی و اسنادی امکان‌پذیر می‌دانند.(Neondorf, 2016)

تحلیل محتوا، فرآیند تبدیل کیفیت ها به کمیت ها و سپس تبدیل همین کمیت به کیفیت است. این روش، بیش تر در روند پژوهی، پژوهش های تلفیقی، بررسی تصویر واقعیت ها و نیز بررسی میزان انطباق برنامه ها با ویژگی ها و ویژگی های ساختاری و محتوایی بکار برده می شود. روش تحلیل محتوا بر این فرض بنا شده است که با تحلیل پیام های زبانی می توان به کشف معانی، اولویت¬ها، نگرش ها، شیوه های درک و سازمان یافتگی جهان دست یافت. این روش که در رشته های گوناگون علوم اجتماعی همچون ارتباطات، جامعه شناسی، علوم سیاسی و روان شناسی، کاربرد دارد، پژوهشگران نسبت به آن (به منزله روشی انعطاف پذیر برای تحلیل داده ها)، توجهی ویژه دارند. روش تحلیل محتوا، بین دو قطب عینی و ذهنی قرار می گیرد. به بیان دیگر، رویکرد تلفیقی تحلیل محتوا، امروزه می تواند کاربردی تر (از کمی گرایی یا کیفی گرایی صرف در تحلیل محتوا) باشد (قائدی و همکار، ۱۳۹۵).

۴- یافته ها

تکنیک تداخل سنجی راداری روشی است که با مقایسه فازهای دو تصویر راداری که از یک منطقه در دوزمان مختلف اخذ شده اند قادر به محاسبه ی جابه جایی سطح زمین در آن بازه زمانی است. (حشمی،شیما؛المدرسی،علی ،ص ۷). که برای اولین بار به منظور شناسایی و اندازه گیری میزان فرونشست زمین در منطقه ایی از کالیفرنیا به کمک تصاویر C set در سال ۱۹۸۹ بکار برده شد (Gabriel et al., 1989, p. 9183).از سال ۱۹۹۰،نظارت بر حرکت زمین در مقیاس وسیع با استفاده از تکنیک D-InSAR پیشرفت چشمگیری داشته است و به طور خاص این تکنیک می‌تواند جابجایی سطح زمین را با دقت یک سانتی متر یا کمتر فراهم سازد. این تکنیک با برخورداری از پوشش زمینی وسیع و نیز قدرت تفکیک زمانی و مکانی زیاد، یکی از دقیق ترین و کم‌هزینه ترین فنون سنجش از دور برای شناسایی و پایش جابه‌جایی‌های بوجود آمده در سطح زمین است. (خوش‌باطن، محبوبه، ۱۳۹۵، ص۱). از مزایای این تکنیک می‌توان به قابلیت کار در تمام شرایط بد جوی و طول شب و روز و برخورداری از پوشش زمینی وسیع و قدرت مکانی وزمانی زیاد و دقت در مقیاس میلی‌متر و هزینه کم در شناسایی جابه جایی های اتفاق افتاده در سطح زمین (خوش‌باطن، ۱۳۹۵، ص۲، به نقل از (Gabriel etal, 1989, p. 2) و از معایب این روش، ناتوانی این روش در مناطق با پوشش گیاهی متراکم و یا نرخ تغییرات سطحی بالا به دلیل از بین رفتن همدوسی اشاره کرد.(احمدزاده، حسن، ۱۳۹۳، ص ۲۰) در روش تداخل سنجی مسیر مجدد فاکتورهای زیادی مثل فاصله ی بین آنتن و نقاط زمینی ،توپوگرافی سطح،مدار ماهواره،ویژگی های ضریب دی الکتریک سطح زمین ،اتمسفر و سیستم نویز ،همگی روی تداخل سنج تاثیر می گذارند (Benfert et al.,2001) پس می بایست این اثرات تا حدممکن تعدیل شوند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

فرونشست از جمله پدیده‌های ژئوتکنیکی است که می‌تواند به سبب عوامل متعددی رخ دهد. شایع‌ترین عامل فرونشست برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی است که امروزه با پیشرفت شهرنشینی و نیاز روز افزون به منابع آب به یک مشکل فزاینده تبدیل شده است و بسیاری از مناطق دنیا با مخاطرات آن روبرو هستند. امروزه استفاده بیش از پیش از منابع طبیعی از جمله مسائل مطرح در جهان و ایران است. پیشرفت روز افزون علم و تکنولوژی و همچنین استفاده بیش از حد از منابع طبیعی موجب بروز مسائل و مشکلاتی شده است و منابع زیست محیطی را به خطر انداخته است. مباحث مزبوط به توسعه پایدار و اهداف آن و همچنین طراحی بهینه از نقطه نظر ایمنی و امنیت پارامترهای زیست محیطی در فرایند ساخت و بهره برداری از یک پروژه دارای اهمیت هستند. لذا هدف پژوهش حاضر شناسایی پارامترهای زیست محیطی تاثیر گذار بر فرونشست زمین است که عمدتا از تکنیک سنجش از دور در تهیه این لایه های اطلاعاتی بهره گرفته شده است. روش پژوهش بصورت مطالعه عمیق و تحلیل محتوای محتوای اسنادی انجام گرفته است؛ نتایج تحلیل محتوای اسنادی حاصل شده در این پژوهش در بیانگر این مطلب است پارامترهای زیست محیطی تاثیر گذار بر فرونشست زمین شامل: پوشش گیاهی، سطح آب زیرزمینی و تراکم چاه ها و ... می باشند. همچنین طبق نتایج بررسی ها، در مناطق با تراکم چاه های بالا و سطح آب زیرزمینی پایین تر دارای فرونشست بیشتر می باشند.

۶- مراجع

[۱] امامی،صدیقه:المدرسی،سیدعلی: سنجره ای موسایی، محمد،(۱۳۹۹).رویکرد تحلیل راداری در سنجش وضعیت تغییرات هیدرومورفوتکتونیک مرکز ایران (دشت یزد اردکان).

[۲]حاجب،زهرا؛موسوی،زهرا:معصومی،زهره،رضایی،ابوالفضل،(۱۳۹۸).مطالعه فرونشست دشت قم با استفاده از تداخل سنجی راداری و ویژگی های هیدروژئولوژیکی آبخوان. فصلنامه علوم زمین، پیاپی ۱۱۴ (زمستان ۱۳۹۸)، صص ۲۵۱ -۲۵۸.

[۳] خورسندی آقایی ،احمد،(۱۳۹۸). بررسی فرونشست زمین، مطالعه موردی: فرونشست زمین استخرهای تغذیه مصنوعی جنوب نیروگاه همدان، شمالغرب ایران، نشریه: مهندسی منابع آب، عضو هیت علمی پردیس صنعت آب و برق دانشگاه شهید بهشتی .

[۴] رستمی،عارف:خاوریان،حسن:المدرسی،علی:اصغری،صیاد.(۱۳۹۷) پایش زمین لغزش ها به روش اینتروفرومتری تفاضلی پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

[۵] سعیدی، حمید: لشکری پور،غلامرضا :غفوری، محمد،(۱۳۹۸) . ارزیابی درز و شکاف های حاصل از فرونشست زمین در دشت کاشمر-بردسکن در شمال شرق ایران، فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، پیاپی (۳۵). ۷۴ -۸۸
مجله مخاطرات محیط طبیعی، پیاپی ۲۶ (زمستان ۱۳۹۹)، صص ۱ -۲۰.

[۶] قائدی، محمدرضا؛ گلشنی، علیرضا،(۱۳۹۵)، "روش تحلیل محتوا، از کمی گرایی تا کیفی گرایی."نشریه روش ها و مدل های روان شناختی، سال ۷، شماره ۲۳، ۵۷-۸۲.

[۷] عدالت،علی:خداپرست،مهدی،(۱۳۹۵)، ارزیابی و مدلسازی فرونشست دشت علی آباد قم با استفاده از شبکه عصبی م دانشگاه قم، دانشکده فنی و مهندسیصنوعی و داده های تداخل سنجی راداری.دکترای تخصصی ((phd دانشگاه قم، دانشکده فنی و مهندسی.

[۸] محرابی،علی:غضنفرپور،حسین:(تابستان۱۳۹۸)پایش روند تغییرات ارتفاعی سطح زمین در شهرکرمان و تعیین مناطق پرخطر با استفاده از تصاویر راداری ASAR و SENTINEL نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، پیاپی ۳۰ (تابستان ۱۳۹۸)، صص ۱۶۷ -۱۸۲.

[۹] مرانی،سعید: شاهرخی، مهدی، (۱۳۹۸) . روش‌های زمین آماری در مدلسازی کمی و کیفی آبخوان‌ها مطالعه موردی دشت سیرجان با GIS & GMS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه غیاث‌الدین جمشید کاشانی، دانشکده عمران و مکانیک.

[10] Neondorf, Kimberly E., (2016), "Guide to Content Analysis", translated by Hamed Bakhshi and Vajihe Jalaian .

[11] Arvin, A., Vahabzadeh, G., Mousavi, S. R., & Bakhtyari Kia, M. (2019). Geospatial modeling of land subsidence in the south of the Minab watershed using remote sensing and GIS. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 10(3), 19-34.

[12] Guzy, A., & Malinowska, A. A. (2020). State of the art and recent advancements in the modelling of land subsidence induced by groundwater withdrawal. Water, 12(7), 2051.

[13] Jones, C. E., Farr, T. G., Liu, Z., & Miller, M. M. (2020). Measuring Subsidence in California and Its Impact on Water Conveyance Infrastructure. In Advances in Remote Sensing for Infrastructure Monitoring (pp. 211-226). Springer, Cham.

[14] Jeanne, P., Farr, T. G., Rutqvist, J., & Vasco, D. W. (2019). Role of agricultural activity on land subsidence in the San Joaquin Valley, California. Journal of hydrology, 569, 462-469.

[15] Yang, J., Cao, G., Han, D., Yuan, H., Hu, Y., Shi, P., & Chen, Y. (2019). Deformation of the aquifer system under groundwater level fluctuations and its implication for land subsidence control in the Tianjin coastal region. Environmental monitoring and assessment, 191(3), 1-14.

[16] Zhou, C., Gong, H., Zhang, Y., Warner, T. A., & Wang, C. (2018). Spatiotemporal evolution of land subsidence in the Beijing plain 2003–2015 using persistent scatterer interferometry (PSI) with multi-source SAR data. Remote Sensing, 10(4), 552.