Journal of Urban Environmental Management

Journal homepage: https://jumee.kgut.ac.ir
Vol.4, No.1; 2026.pp: 95-105

Research paper

(Received 24 Feb. 2026 Accepted 10 May 2026)

Investigating the effects of land subsidence in Rafsanjan city using field evidence and assessing the risk of its progression based on groundwater data

Fatemeh Hosseinipour*

Assistant professor in Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

Abstract

Land subsidence is one of the most significant geotechnical hazards in arid and semi-arid regions globally, primarily triggered by the over-extraction of groundwater resources. Rafsanjan County, a major urban and agricultural center in Kerman Province, has experienced widespread signs of land subsidence in recent years, including building cracking, uneven settlement of structures, and damage to urban infrastructure. This study investigates the effects and risk of land subsidence in Rafsanjan by integrating field observations, documentation of structural damage, spatial data on water wells, and information on groundwater extraction rates. Spatial analysis of damaged structures indicates that the highest severity of damage is concentrated in areas where structures are built on soils with higher density and strength compared to adjacent lands, with the damage attributed to differential subsidence. Conversely, areas underlain by relatively uniform, coarse-grained deposits have experienced less damage due to uniform subsidence. This study demonstrates that the rate and trend of increasing structural damage and subsidence intensify towards areas with a higher density of operational wells and greater volumes of groundwater extraction. This spatial correlation underscores the significant role of human activities, particularly the over-exploitation of groundwater aquifers, in the occurrence and exacerbation of land subsidence in Rafsanjan County.

Key words: Land subsidence, groundwater, structural damage, Rafsanjan

*Corresponding Author: Fatemeh Hosseinipour
Email: *fa.hosseinipour@gmail.com*
Phone: 034-3799

Doi: 10.48306/juem.2026.577867.1149

نشریه علمی مدیریت محیط زیست شهری

آدرس نشریه:https://jumee.kgut.ac.ir

سال چهارم/شماره اول/ بهار ۱۴۰۵/صفحه ۹۵-۱۰۵

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۲۰

بررسی تأثیر فرونشست زمین در شهر رفسنجان با استفاده از شواهد میدانی و ارزیابی خطر پیشرفت آن بر اساس داده‌های آب زیرزمینی

فاطمه حسینی پور*

استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

فرونشست زمین یکی از مهم‌ترین مخاطرات ژئوتکنیکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که عمدتاً در اثر برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی رخ می‌دهد. شهرستان رفسنجان یکی از مراکز مهم شهری و کشاورزی در استان کرمان است که طی سال‌های اخیر با نشانه‌های گسترده‌ای از فرونشست زمین از جمله ترک‌خوردگی ساختمان‌ها، نشست نامتقارن سازه‌ها و آسیب به زیرساخت‌های شهری مواجه بوده است. در این تحقیق، اثرات و خطر فرونشست زمین در شهرستان رفسنجان با تلفیق مشاهدات میدانی، مستندسازی آسیب‌های سازه‌ای، داده‌های مکانی چاه‌های آب و اطلاعات مربوط به میزان برداشت آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل‌های مکانی سازه های آسیب دیده نشان می‌دهد که بیشترین شدت آسیب در مناطقی متمرکز شده که سازه ها بر روی زمین هایی با تراکم و مقاومت بالاتر نسبت به زمین های مجاور بنا گردیده و آسیب دیدگی در آنها به دلیل فرونشست نامتجانس زمین بوده است. از طرف دیگر، مناطقی که بر روی زمین های نسبتا یکنواخت و درشت دانه واقع شده اند به دلیل فرونشست متجانس زمین کمتر آسیب دیده اند. مطالعه اخیر نشان میدهد که میزان و روند افزایش آسیب سازه ها و فرونشست به سمت مناطق با تراکم بیشتر چاه‌های بهره‌برداری که حجم برداشت آب زیرزمینی در آن‌ها بیشتر است افزایش می یابد. این همبستگی فضایی بیانگر نقش عمده فعالیت‌های انسانی و بالاخص بهره‌برداری بی‌رویه سفره‌های آب زیرزمینی در بروز و تشدید فرونشست زمین در شهرستان رفسنجان است.

واژگان کلیدی: فرونشست زمین، آب زیرزمینی، آسیب سازه‌ای، رفسنجان

* نویسنده مسئول: فاطمه حسینی پور

ایمیل: *fa.hosseinipour@gmail.com*

شماره تماس: ۳۷۹۹-۰۳۴

Doi: 10.48306/juem.2026.577867.1149

۱-مقدمه

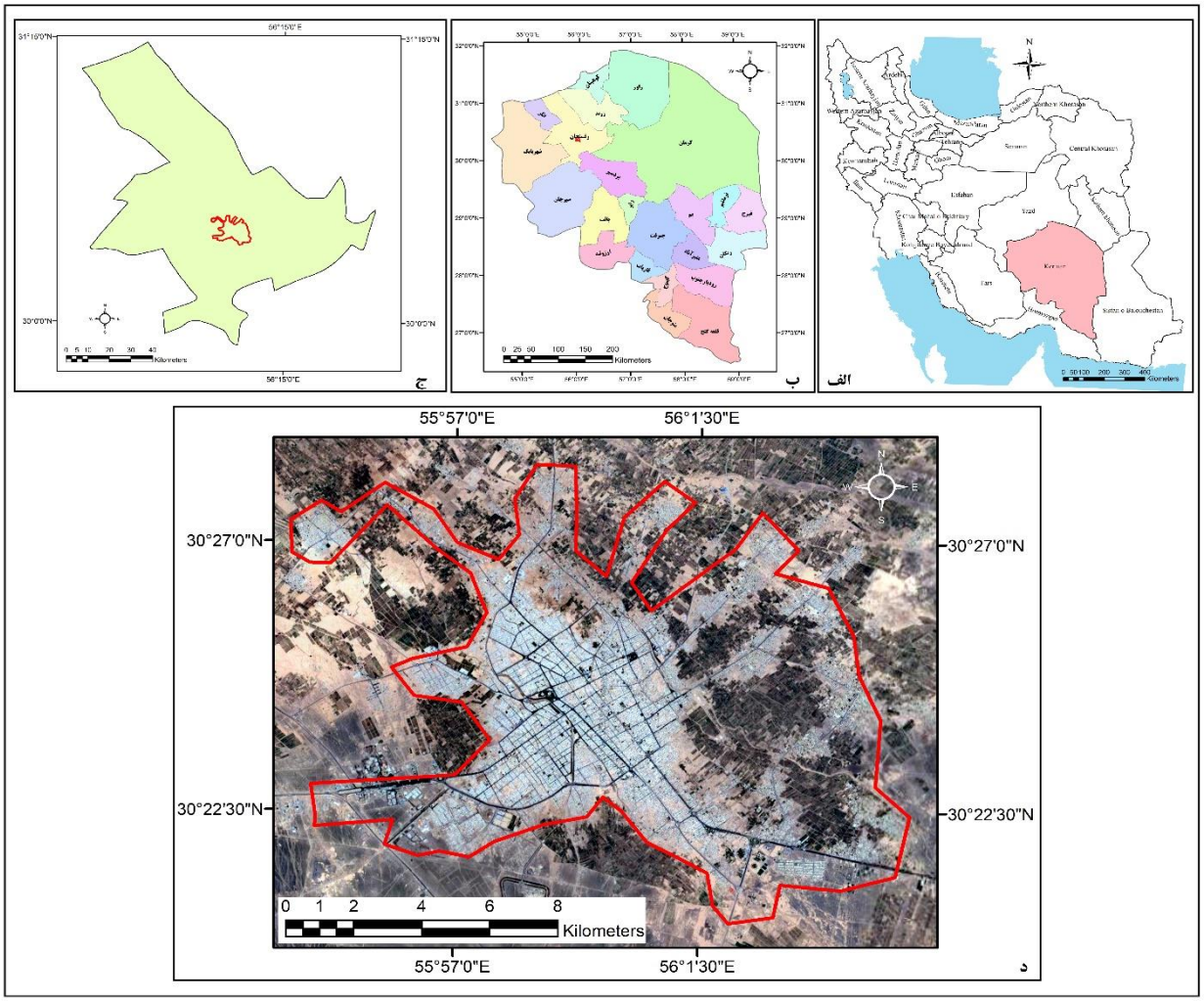
فرونشست زمین به فرایند کاهش تدریجی یا ناگهانی تراز سطح زمین اطلاق می‌شود که می‌تواند در نتیجه عوامل طبیعی یا انسانی رخ دهد[۵]. در دهه‌های اخیر، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین عامل انسانی ایجاد فرونشست در بسیاری از دشت‌ها و شهرهای جهان شناخته شده است [۵]. برداشت آب از سفره های آب زیرزمینی با نرخ بالاتر از تغذیه باعث کاهش فشار آب منفذی در رسوبات ریزدانه به‌ویژه سیلت‌ها و رس‌ها گردیده که این فرآیند باعث تخریب فضاهای پر شده توسط آب و تراکم غیرقابل برگشت این واحدها و در نهایت نشست سطح زمین می‌شود.

در ایران به دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک و وابستگی شدید به منابع آب زیرزمینی، پدیده فرونشست زمین به یکی از چالش‌های اصلی زیست محیطی و ژئوتکنیکی تبدیل شده است [۱]. حصارکی زاده و همکاران مطالعات متعددی از وقوع و گسترش فرونشست از نقاط مختلف ایران ازجمله دشت‌هایی نظیر تهران، مشهد، اصفهان، یزد و کرمان گزارش نموده اند [۱]. بر اساس منابع موجود برداشت آب از سفره های آب زیرزمینی و عدم مدیریت منابع آب از میان دلایل ایجاد پدیده فرونشست در صدر عوامل قرار گرفته اند[۸-۷-۶]. دشت رفسنجان از جمله مناطقی است که به‌دلیل توسعه کشاورزی و بالاخص کشت پسته با آبیاری غرقابی، فشار زیادی بر منابع آب زیرزمینی آن وارد شده است. مطالعات گسترده ای با استفاده از تکنیک های دورسنجی بر روی پدیده فرونشست در ایران انجام شده که به داده های ماهواره ای و بویژه داده های راداری متکی می باشند. در این زمینه مطالعات انجام شده در پهنه استان کرمان شامل دشت جیرفت [۲]، شهر کرمان [۳] و بهرمان [۴] می باشند.

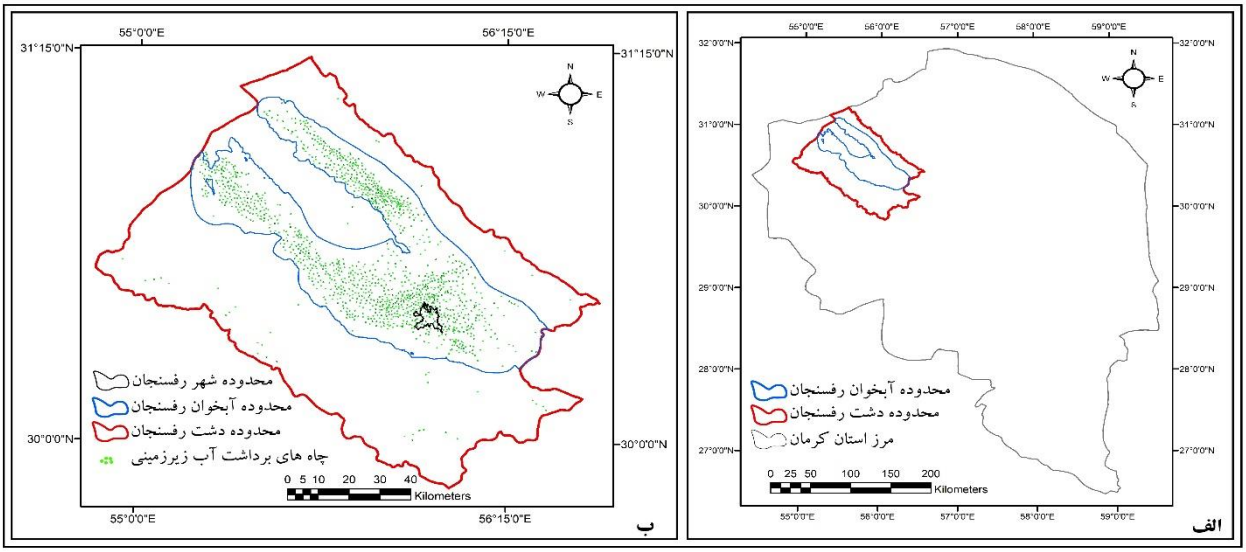
شهرستان رفسنجان طی سال‌های اخیر شاهد افزایش ترک‌خوردگی ساختمان‌ها، نشست نامتقارن پی‌ها و آسیب به زیرساخت‌های شهری بوده است. اما تا کنون مطالعات مبسوطی که شواهد میدانی آسیب‌های سازه‌ای را با داده‌های برداشت آب زیرزمینی تلفیق کند صورت نگرفته است. هدف اصلی از این پژوهش، ارزیابی خطر فرونشست زمین در شهرستان رفسنجان با استفاده از داده‌های میدانی، اطلاعات مکانی چاه‌های آب و میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی است.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهرستان رفسنجان در شمال استان کرمان واقع گردیده و شامل هسته اصلی شهری و تعداد زیادی آبادی های حومه ای بوده که توسط باغات پسته از بدنه اصلی شهر جدا شده اند (شکل ۱). این شهر در محدوده یکی از مهم‌ترین دشت‌های آبرفتی جنوب‌شرق ایران به نام دشت رفسنجان قرار دارد (شکل ۲). این دشت در شمال غربی استان کرمان واقع بوده و در آن آبخوانی با مساحت ۴۲۳۴ کیلومتر مربع با ضخامت متوسط ۷۵ متر تشکیل شده است (شکل ۲). بر اساس داده های موجود در دفتر مطالعات پایه منابع آب استان کرمان تا پایان سال ۱۴۰۰ بالغ بر ۱۴۲۸ حلقه چاه در این آبخوان وجود داشته که با برداشت بی رویه و بیش از حد توازن روبرو بوده است. از دیدگاه زمین‌شناسی، بخش عمده شهر بر روی رسوبات آبرفتی کواترنری که شامل تناوبی از رس، سیلت و ماسه می باشد استقرار یافته است. وجود لایه‌های ریزدانه با قابلیت تراکم‌پذیری بالا در صورت افت سطح آب زیرزمینی شرایط مناسبی برای بروز شواهد عینی فرونشست در این منطقه فراهم نموده است.



شکل ۱- الف، موقعیت جغرافیایی استان کرمان در ایران؛ ب، موقعیت جغرافیایی شهرستان رفسنجان در استان کرمان؛ ج، موقعیت محدوده شهری رفسنجان در شهرستان رفسنجان؛ د، تصویر ماهواره ای محدوده شهری رفسنجان.



شکل ۲- الف، موقعیت دشت و آبخوان رفسنجان در استان کرمان؛ ب، موقعیت شهرستان رفسنجان و چاه های آب زیرزمینی نسبت به دشت و آبخوان رفسنجان.

۳- روش تحقیق

-مستندسازی میدانی آسیب‌های سازه‌ای

به‌منظور شناسایی و ارزیابی آثار فرونشست زمین، بازدیدهای میدانی در نقاط مختلف شهرستان رفسنجان انجام شد. در این بازدیدها، شواهدی نظیر ترک‌های عمیق و پیوسته در دیوارها، نشست نامتقارن ساختمان‌ها، بازشدگی درزها و تغییرشکل پی‌ها ثبت و تصویربرداری شد. تعداد ۴۶۳ تصویر میدانی از نقاط مختلف شهرستان رفسنجان و آبادی ها و شهرک های واقع در حومه رفسنجان تهیه و موقعیت جغرافیایی هر نقطه با استفاده از GPS ثبت گردید. در این پژوهش آسیب های وارده به ساختمان های نوساز و جدید مستند شده تا نقش پدیده فرونشست بعنوان عاملی نوظهور در آسیب های شهری مشخص تر باشد.

- داده‌های چاه‌های آب و برداشت آب زیرزمینی

جهت تحلیل تراکم چاه‌ها و شدت بهره‌برداری از سفره های آب زیرزمینی اطلاعات مکانی چاه‌های آب شامل موقعیت، عمق و میزان برداشت سالانه از منابع رسمی مرتبط با مدیریت منابع آب استان کرمان گردآوری و در فضای GIS مکان یابی شدند.

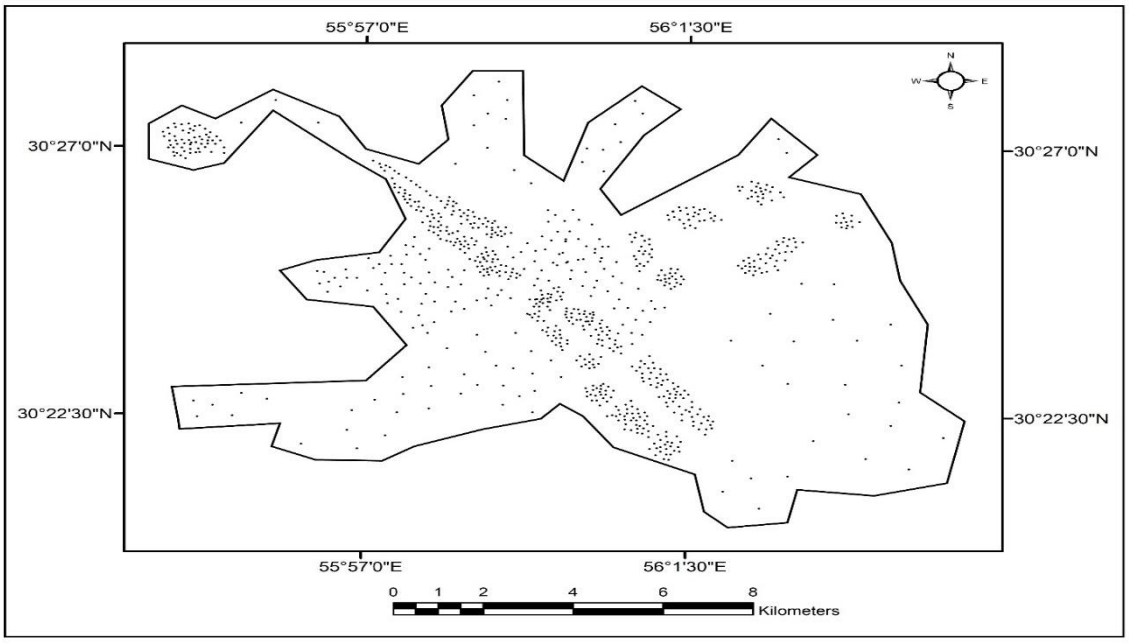
- تحلیل‌های مکانی

به منظور تحلیل های مکانی نقشه پراکنش آسیب‌های سازه‌ای و نقشه تراکم چاه‌های آب با استفاده از نرم‌افزارArc GIS تهیه گردید. با همپوشانی این لایه‌ها، ارتباط فضایی میان شدت آسیب‌های سازه‌ای و میزان برداشت آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت و مناطق مختلف متاثر از فرونشست شناسایی و دسته بندی گردید.

۴- نتایج

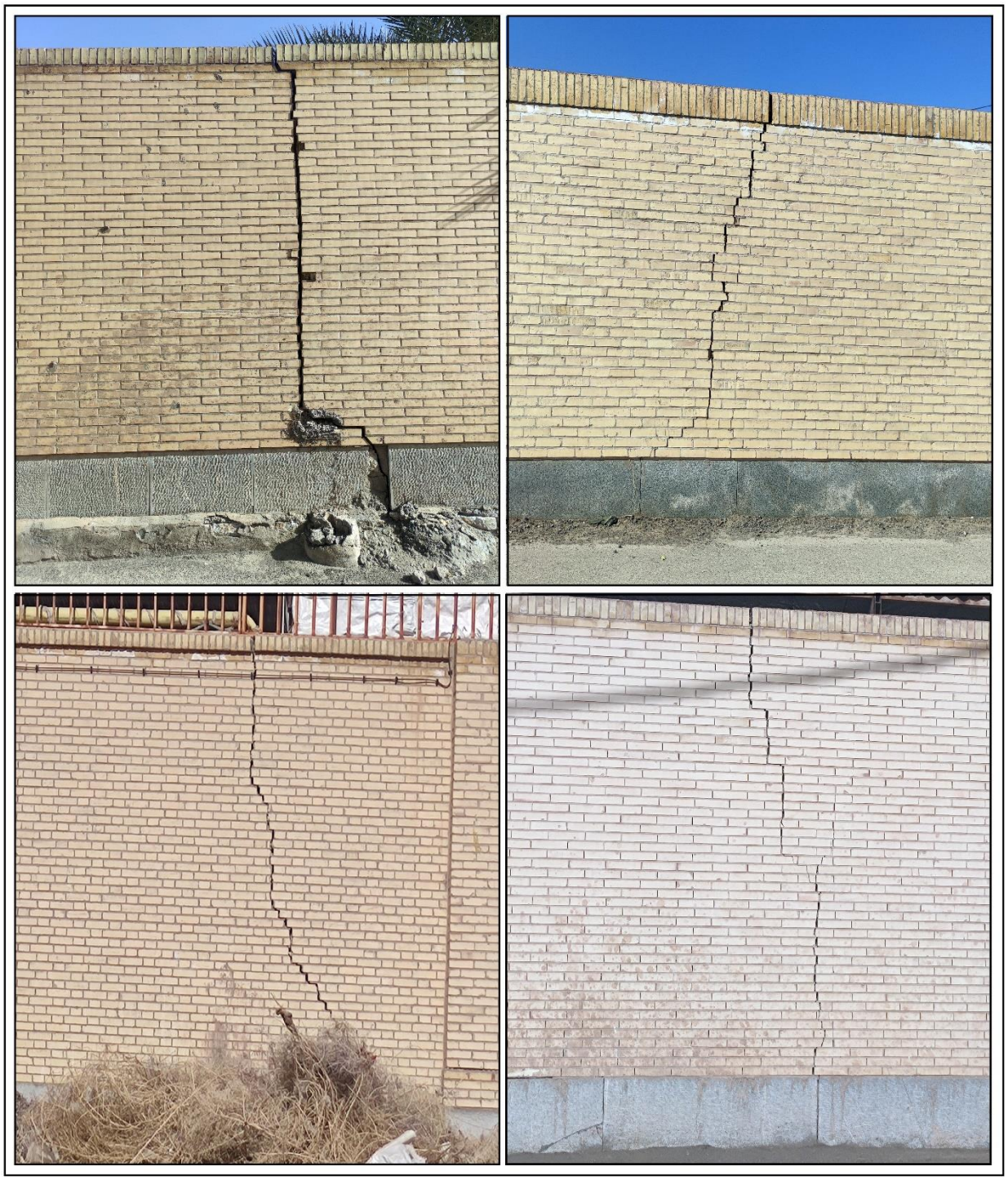
- پراکنش مکانی آسیب‌های سازه‌ای

نتایج بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که آسیب‌های ناشی از نشست زمین به‌صورت یکنواخت در سطح شهر توزیع نشده‌اند (شکل ۳). بیشترین شدت ترک‌خوردگی و نشست سازه‌ها در بخش‌هایی از شهر که توسعه شهری بر روی رسوبات ریزدانه و تحکیم یافته رسی در مجاورت زمین های کشاورزی قدیمی صورت گرفته قابل رویت است. این در حالی است که مناطق با خاک درشت دانه و باصطلاح مخلوط، کمتر دچار نشست نامتجانس و آسیب دیدگی شده اند.



شکل ۳- پراکندگی نقاط آسیب دیده از فرونشست در سطح شهرستان رفسنجان

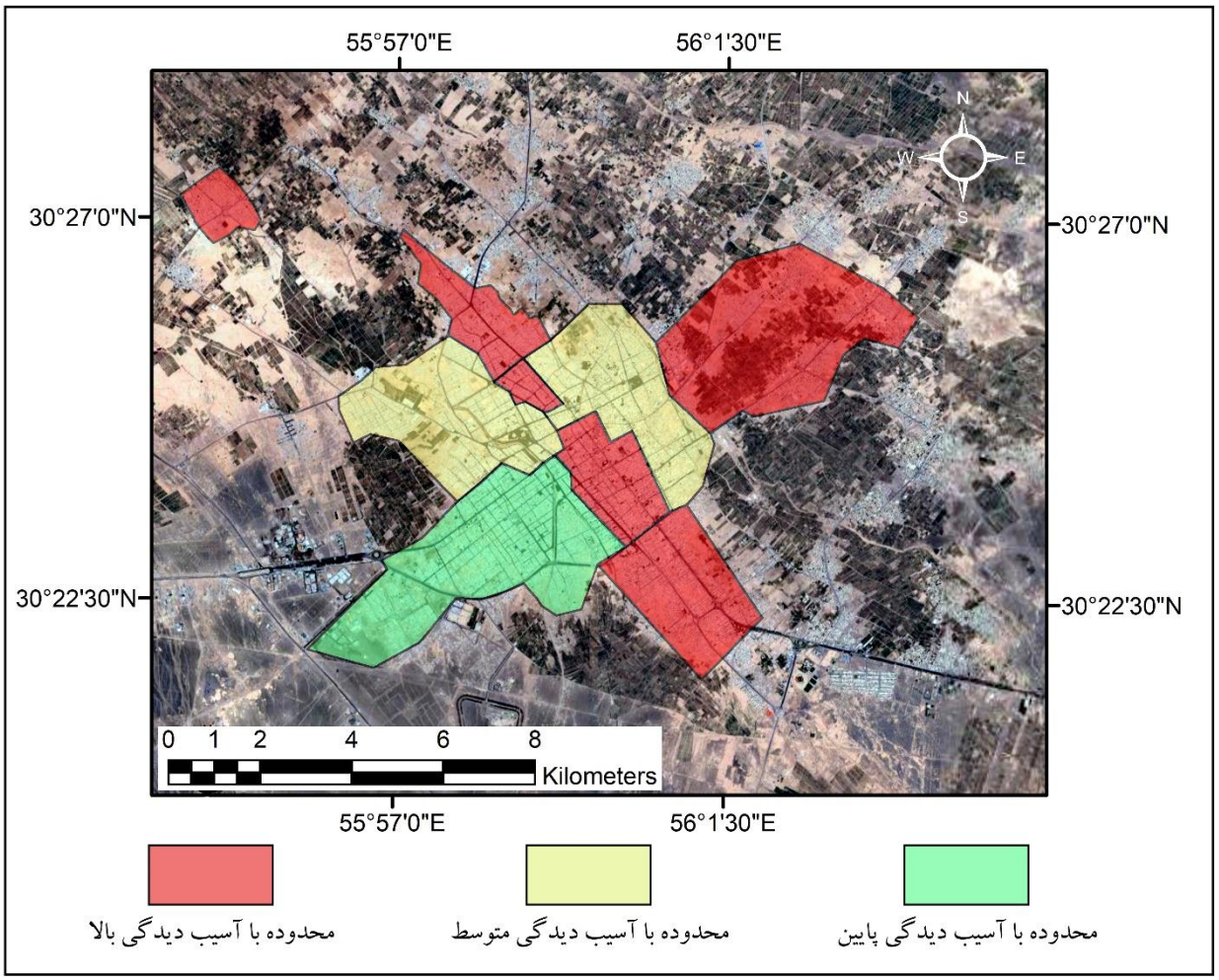
بر اساس مطالعات انجام شده ترک خوردگی ساختمان ها در اثر فرونشست را می توان در دو گروه مشاهده نمود. گروه اول شامل جدایش های عمودی در سازه ها در اثر تنش برشی ناشی از فرونشست منطقه ای (شکل ۴) و گروه دوم شامل ترک خوردگی در محل اتصال حیاط خانه ها با بخش مسکونی (شکل ۵) به دلیل نشست نامتجانس سازه در پاسخ به فرونشست محلی می باشد.



شکل ۴- ترک ها و جدایش های عمودی در دیوار سازه ها ناشی از فرونشست منطقه ای

شکل ۵- ترک ها و جدایش های ناشی از فرونشست محلی در محل اتصال محوطه حیاط خانه ها با بخش مسقف و مسکونی.

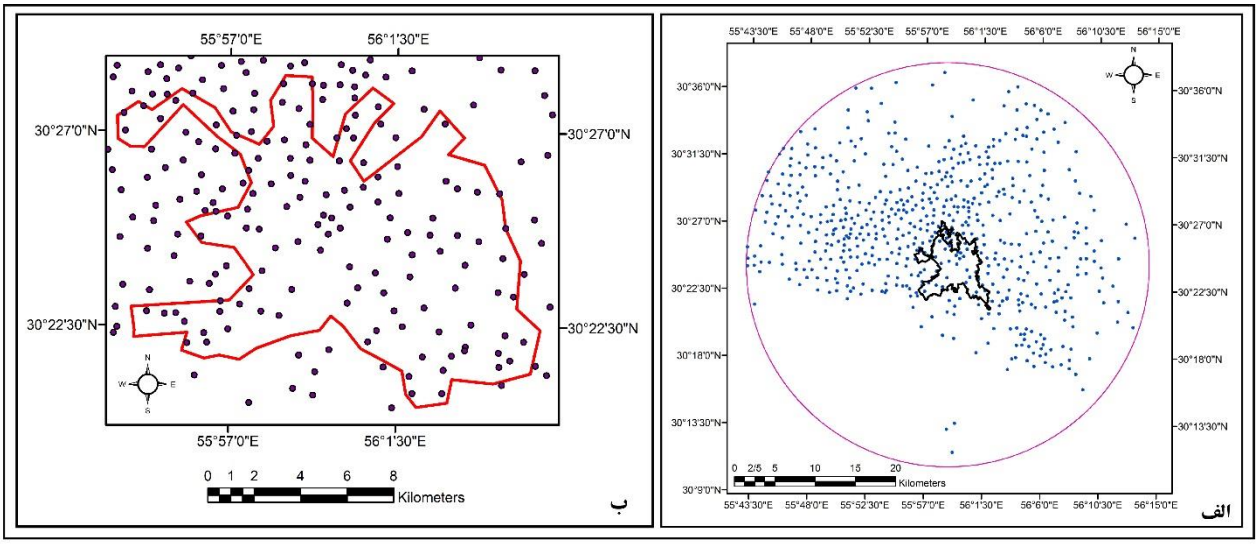
بررسی این آسیب ها نشان می دهد که تراکم سازه های آسیب دیده در مناطقی از شهرستان رفسنجان بیشتر بوده اما معیاری استاندارد و همه جانبه برای سنجش تراکم سازه های آسیب دیده از فرونشست وجود ندارد. در این مطالعه نواحی با تراکم بیش از ۲۵ سازه آسیب دیده در هکتار بعنوان نواحی با بیشترین آسیب، نواحی با تعداد ۱۵ تا ۲۵ سازه آسیب دیده در هکتار به عنوان نواحی با آسیب دیدگی متوسط و نواحی با سازه های آسیب دیده کمتر از ۱۵ سازه در هکتار به عنوان نواحی با آسیب کم ارزیابی شده اند. در این رابطه، نواحی با بیشترین آسیب در امتدادی شمال غربی-جنوب شرقی و در محور میانی شهر مشاهده شده اند (شکل۶).



شکل ۶- پهنه بندی نواحی آسیب دیده از فرونشست در سطح شهرستان رفسنجان

- الگوی برداشت آب زیرزمینی

تحلیل داده‌های چاه‌های آب نشان می‌دهد که تراکم بالای چاه‌ها و بیشترین حجم برداشت آب زیرزمینی در حاشیه‌های شهری و مناطق مجاور اراضی کشاورزی متمرکز است. این مناطق با بیشترین افت سطح آب زیرزمینی نیز هم‌خوانی دارند. بر اساس داده های ارایه شده در بیلان دشت رفسنجان در پایان سال ۱۴۰۰، میزان برداشت آب از ۱۴۲۸ حلقه چاه در کل آبخوان رفسنجان بالغ بر یکصد و چهل میلیون متر مکعب بوده که بسیار بالاتر از توان تغذیه و بازیابی این آبخوان می باشد. تنها در شعاع ۵۰ کیلومتری از مرکز شهرستان رفسنجان تعداد ۶۰۵ حلقه چاه مجاز (شکل ۵) با برداشت سالانه حدود شصت میلیون متر مکعب وجود دارد که در حال خالی نمودن سفره آب زیرزمینی در لایه های زیر شهرستان رفسنجان هستند. در محدوده شهرستان رفسنجان و حومه، تعداد باور نکردنی ۲۱۱ حلقه چاه مجاز (شکل ۵) با کاربری عمدتاً کشاورزی وجود دارد که مجموع برداشت آنها در سال بالغ بر بیست و یک میلیون متر مکعب می باشد. مساحت کل آبخوان رفسنجان بالغ بر ۴۲۳۴ کیلومتر مربع بوده که با احتساب ضریب ذخیره ۵٪ و ضخامت متوسط ۷۵ متری آبخوان و تخلیه سالیانه ۱۴۰،۰۰۰،۰۰۰ متر مکعب، سالیانه ۱/۶ سانتی متر نشست در سطح آبخوان می تواند اتفاق بیافتد. این افت با در نظر گرفتن تغذیه نرمال آبخوان در نظر گرفته شده که با توجه به خشکسالی های اخیر و عدم تغذیه آبخوان، این میزان افت بسیار بیشتر بوده است.



شکل ۵- الف، موقعیت چاه های آب زیرزمینی در شعاع ۵۰ کیلومتری شهرستان رفسنجان؛ ب، موقعیت چاه های آب زیرزمینی در محدوده شهرستان رفسنجان و حومه.

۵- بحث

مطالعات متعددی نشان داده که کاهش فشار آب منفذی در رسوبات ریزدانه آبرفتی، در پی برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی منجر به تراکم غیرقابل برگشت این رسوبات و در نهایت فرونشست سطح زمین می‌شود[۵]. شرایط زمین‌شناسی شهرستان رفسنجان، که عمدتاً بر روی رسوبات آبرفتی کواترنری شامل لایه‌های رس و سیلت بنا شده است، نیز این شهر را نسبت به افت سطح آب زیرزمینی بسیار حساس تر نموده است.

علی رغم عدم وجود داده های قابل اتکاء در مورد وضعیت فرونشست در رفسنجان در دوره های زمانی معین برای سنجش روند افزایش یا کاهش سرعت فرونشست، مشاهداتی مانند ترک خوردن سازه هایی با عمر کمتر از دو سال و همچنین ترک خوردن سازه های قدیمی تر با اندازه و تعداد مشابه با سازه های نوساز و اظهارات فعالان مدنی شهرستان رفسنجان حاکی از آن است که پدیده فرونشست در یک دوره زمانی نسبتا کوتاه، در پنج سال اخیر به طور مشهودی رشد یافته است. این دوره زمانی با انتهای دوره خشکسالی اخیر که در آن میزان تخلیه آبخوان بسیار بالاتر از تغذیه سالیانه بوده همخوانی دارد.

متق[۱]و همکاران با استفاده از داده‌های InSAR نشان داده اند که دشت رفسنجان یکی از مناطق با بیشترین نرخ فرونشست در ایران بوده و این پدیده مستقیماً با افت شدید سطح آب زیرزمینی مرتبط است [۷]. نتایج حاضر که بر پایه شواهد میدانی و داده‌های مکانی چاه‌ها استوار است، این یافته‌ها را در مقیاس شهری تأیید و نشان می‌دهد که پیامدهای فرونشست به طور ملموس در بافت ساختمانی شهر قابل مشاهده است. بر اساس داده های مربوط به بهره برداری از آب های زیر زمینی از تعداد چاه های فوق بطور متوسط سالانه تا یکصد و چهل میلیون مترمکعب آب برداشت شده است. این مقدار برداشت به همراه شرایط خشکسالی و تغذیه نشدن سفره آب زیرزمینی باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی در این آبخوان شده، تا جایی که میزان افت بطور متوسط ۴۰ تا ۵۰ متر در بازه زمانی ۴۰ ساله برآورد شده است (بیلان کویر درانجیر ساغند در پایان سال ۱۴۰۰).

- مقایسه رفسنجان با سایر شهرها و دشت‌های ایران

الگوی مشاهده شده در رفسنجان شباهت زیادی با وضعیت فرونشست در دشت‌های تهران، مشهد، اصفهان و یزد دارد [۱]. در دشت تهران، افت شدید سطح آب زیرزمینی منجر به فرونشست‌های گسترده و آسیب به زیرساخت‌های شهری شده است [۶]. در مشهد نیز همبستگی بالایی میان تراکم چاه‌های آب و نرخ فرونشست گزارش شده که پیامدهای آن در قالب ترک‌خوردگی ساختمان‌ها و تغییرشکل معابر شهری بروز یافته است[۶].

[۱]Motagh

وجه تمایز رفسنجان با برخی از این شهرها، وابستگی شدید اقتصاد منطقه به کشاورزی آب‌بر، به‌ویژه باغ‌های پسته است. این موضوع باعث شده که حتی در حاشیه‌های شهری نیز فشار قابل‌توجهی بر منابع آب زیرزمینی وارد شود و مرز مشخصی میان مناطق شهری و کشاورزی از نظر مخاطره فرونشست وجود نداشته باشد. این وضعیت مشابه شرایط گزارش‌شده در برخی دشت‌های خشک جهان مانند بخش‌هایی از کالیفرنیا و مکزیک است[۹].

- اهمیت شواهد میدانی آسیب‌های سازه‌ای

در بسیاری از مطالعات فرونشست، تمرکز اصلی بر داده‌های سنجش از دور و اندازه‌گیری نرخ نشست زمین بوده [۱-۱۰]، در حالی‌که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مستندسازی میدانی آسیب‌های سازه‌ای می‌تواند به‌عنوان شاخصی کاربردی و ملموس برای ارزیابی خطر فرونشست در محیط‌های شهری مورد استفاده قرار گیرد. ترک‌های عمیق، نشست نامتقارن ساختمان‌ها و تغییرشکل پی‌ها نه‌تنها نشانه‌های وقوع فرونشست هستند بلکه مستقیماً با ایمنی ساکنان و پایداری زیرساخت‌های شهری مرتبط هستند.

تلفیق شواهد میدانی با داده‌های مکانی چاه‌های آب رویکردی کم‌هزینه و مؤثر برای شناسایی مناطق پرخطر به‌ویژه در مناطقی که دسترسی به داده‌های ماهواره ای و دورسنجی یا پایش‌های دقیق ژئودتیکی محدود است فراهم می‌کند.

- پیامدهای مدیریتی و برنامه‌ریزی شهری

یافته‌های این مطالعه تأکید می‌کند که فرونشست زمین در رفسنجان صرفاً یک پدیده زمین‌شناختی نیست بلکه چالشی جدی برای مدیریت شهری، ایمنی سازه‌ها و توسعه پایدار محسوب می‌شود. ادامه روند فعلی برداشت آب زیرزمینی می‌تواند منجر به تشدید خسارات ساختمانی، افزایش هزینه‌های نگهداری زیرساخت‌ها و کاهش کیفیت زندگی شهری گردد. بنابراین نتایج این پژوهش می‌تواند مبنایی برای تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب، محدودسازی برداشت از چاه‌های پرخطر، و لحاظ‌کردن خطر فرونشست در طرح‌های توسعه شهری و ساختمانی باشد. تجربه سایر دشت‌های ایران نشان داده است که تأخیر در مدیریت این پدیده می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد.

۶- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که فرونشست زمین در شهرستان رفسنجان پدیده ای جدی بوده که مدیریت و حکمرانی شهری را با مشکلات و دشواری هایی روبرو ساخته است. با توجه به اینکه در اغلب مطالعات برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی به عنوان عامل اصلی پدیده فرونشست در نظر گرفته شده، در این مطالعه ضمن درنظر گرفتن نمودهای میدانی فرونشست در سطح شهر و بررسی وضعیت بهره برداری از آب های زیرزمینی به بررسی و ارزیابی فرونشست در شهرستان رفسنجان و حومه آن نیز پرداخته شده است. پراکندگی نقاط آسیب دیده از فرونشست نشان می دهد که محدوده این شهر را می توان به سه محدوده با آسیب دیدگی شدید، متوسط و کم تقسیم نمود که نواحی با بیشترین آسیب در امتداد محور شمالغربی-جنوب شرقی در میانه های شهر قرار دارد. بررسی های میدانی همچنین نشان می دهد که سازه هایی با عمر ناچیز نیز از پدیده فرونشست متاثر گردیده اند که شباهت آسیب ها با سازه های قدیمی تر نشان می دهند که پدیده در محدوده زمانی دهه اخیر باعث آسیب دیدگی سازه ها شده است. در دشت رفسنجان تعداد زیادی چاه بهره برداری از آب زیرزمینی وجود دارد که با تخلیه سالیانه یکصد و چهل میلیون مترمکعبی باعث افت تراز آب زیر زمینی به میزان ۴۰ متر در چهل سال اخیر شده اند. این میزان برداشت سالیانه به همراه عدم تغذیه مناسب آبخوان باعث گردیده تا سطح شهرستان رفسنجان و حومه آن مستعد فرونشستی بالغ بر ۱/۶ سانتی متر در سال بوده باشند. این مطالعه نشان داد که تلفیق شواهد میدانی آسیب‌های سازه‌ای با تحلیل‌های مکانی داده‌های چاه‌های آب رویکردی کارآمد برای شناسایی مناطق پرخطر فرونشست فراهم میکند. مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی، کنترل برداشت‌ها و لحاظ‌کردن خطر فرونشست در برنامه‌ریزی شهری از اقدامات ضروری برای کاهش خسارات آتی در شهرستان رفسنجان محسوب می‌شود.

۷- تشکر و قدردانی

نویسنده این مقاله از آقایان مهندس حسین زراعتکار و اصغر طیبیان، کارشناسان شرکت آب منطقه ای استان کرمان، به دلیل ارائه داده های مرتبط با آب های زیرزمینی و راهنمایی های ارزنده ایشان سپاسگزاری می نماید. از آقایان مهندس مظفر حسینی پور و حمید خطیب نیز به دلیل فراهم نمودن اطلاعات میدانی و مشاوره های سودمند قدردانی بعمل می آید.

۸- منابع

۱. حصارکی زاده، ع؛ یمانی، م.؛ گورابی، ا. (۱۴۰۳). تحلیل جامع فرونشست زمین در ایران: مروری سیستماتیک بر وضعیت وجود. *پژوهش های ژئومورفولوژی کمی*، ۳: ۴۵-۲۳.

۲. مهرابی، ع.؛ کریمی، ص.؛ خالصی، م. (۱۴۰۳). تحلیل فضایی فرونشست دشت جیرفت با استفاده از تکنیک پیکسل های کوهرنس (CPT). *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۸۹: ۱۱۶-۹۹.

۳. مهرابی، ع.؛ غضنفرپور، ح. (۱۳۹۸). پایش روند تغییرات ارتفاعی سطح زمین در شهرکرمان و تعیین مناطق پرخطر با استفاده از تصاویر SENTINEL و ASAR1 راداری. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۳۰: ۱۸۲ – ۱۶۷.

۴. شریفی کیا، م. (۱۳۹۱). تعین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری (D-InSAR) در دشت نوق-بهرمان. *آمایش فضا و ژئوماتیک*، ۱۶(۳): ۵۵-۷۷

5. Galloway, D. L., & Burbey, T. J. (2011). Review: Regional land subsidence accompanying groundwater extraction. *Hydrogeology Journal, 19*(8), 1459–1486. https://doi.org/10.1007/s10040-011-0775-5

6. Arian, M., Feizi, F., & Ghorashi, M. (2020). Land subsidence hazard in Iran: Causes, impacts and mitigation strategies. *Environmental Earth Sciences, 79*(3), 1–15. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8764-3

7.Motagh, M., Shamshiri, R., Haghshenas Haghighi, M., Wetzel, H., Akbari, B., Nahanandchi, H., Roessner, S., Arabi, S. (2017). quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time-series and in situ measurements. Engineering Geology, 218 (134-151).https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.01.011

8.Poland, J. F., & Davis, G. H. (1969). Land subsidence due to withdrawal of fluids. *Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, 2*, 187–269.

9.Herrera-García, G., Ezquerro, P., Tomás, R., Béjar-Pizarro, M., López-Vinielles, J., Rossi, M., & Fernández, J. (2021). Mapping and monitoring land subsidence using InSAR techniques. R*emote Sensing, 13*(4), 1–27. https://doi.org/10.3390/rs13040647