

## ارزیابی بحران فرونشست زمین و پیشروی آب شور دریا در آبخوان دشت میناب

رضا جمور<sup>۱\*</sup>، مهدی ایل‌بیگی<sup>۲</sup>، مسعود مرسلی<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، کارشناس فنی شرکت مهندسی مشاور ری‌آب

۲. دکترای هیدروژئولوژی، کارشناس فنی شرکت مهندسی مشاور ری‌آب

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۹/۱۷؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۱۱/۱۰)

### چکیده

در پژوهش حاضر براساس وضعیت تراز آب زیرزمینی منطقه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۵) و همچنین بررسی‌های صحرائی و حفر سه حلقه گمانه و بررسی وضعیت رسوبات در محل و آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت‌شده از محل گمانه‌ها، وضعیت فرونشست و نفوذ آب شور در دشت میناب بررسی شده است. بررسی تراز آب زیرزمینی منطقه نشان می‌دهد افت سطح آب در این آبخوان از سال ۱۳۸۰ شدت گرفته و به‌طور متوسط سالانه حدود ۴۶ سانتی‌متر سطح آب افت کرده است. افت سطح آب در آبخوان موجب شده تا تراز سطح آب آبخوان نسبت به سطح دریا منفی شود و آب از سمت دریا به سمت آبخوان حرکت کند. بررسی‌های ژئوتکنیکی در منطقه نشان می‌دهد علاوه بر افت سطح آب، وجود رسوبات تورم‌پذیر و انحلال‌پذیر در منطقه سبب افزایش شدت بروز عوارض فرونشست در سطح دشت شده است. در نهایت، منطقه از نظر خطر فرونشست به سه بخش کلی تقسیم شده است. در بخش ابتدایی آبخوان، فرونشست بیشتر از نوع تراکم لایه‌های آبرفتی است. در بخش مرکزی، فرونشست بیشتر از نوع گودال و ترک بوده و در بخش انتهایی آبخوان نیز احتمال ایجاد فرونشست کم است. به‌طور کلی، این آبخوان هم‌زمان با پدیده فرونشست و پیشروی آب شور مواجه است و به برنامه‌ریزی مناسب به‌منظور جلوگیری از نابودشدن آبخوان نیاز دارد.

**کلیدواژگان:** افت سطح آب زیرزمینی، خاک‌های مسئله‌دار، دشت میناب، فرونشست.

## مقدمه

مسئله نشست عمومی زمین ناشی از تخلیه آب‌های زیرزمینی به دلیل گستردگی آثار زیست‌محیطی آن و همه‌گیر بودن این پدیده در سراسر جهان، مورد توجه خاص کارشناسان اقتصادی، اجتماعی و نیز مهندسان عمران و زمین‌شناسی قرار گرفته است. براساس اطلاعات موجود، دشت میناب یکی از مناطق حاصل‌خیز استان هرمزگان است که متأسفانه وجود خشک‌سالی‌های اقلیمی چندین سال اخیر از یک‌طرف و برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی منطقه از طرف دیگر، سبب پایین‌رفتن سطح آب زیرزمینی در منطقه شده است. مشکل بی‌آبی و حفر چاه‌های فراوان، علاوه بر کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی، سبب فشرده‌شدن لایه‌های خاک، پایین‌رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و در نتیجه پدید آمدن خطرناک فروچاله‌ها در سطح دشت میناب شده است. با توجه به ساحلی بودن آبخوان میناب، افت تراز سطح آب زیرزمینی موجب شده تا تراز آب در این آبخوان نسبت به سطح دریا منفی شود و در نتیجه آبخوان در معرض هجوم آب شور قرار گیرد. در تحقیق حاضر براساس اطلاعات موجود، به بررسی علل ایجاد فرونشست و همچنین نفوذ آب شور به آبخوان پرداخته شده است. همچنین، وضعیت فرونشست منطقه از نظر نوع رسوبات نیز بررسی شده است.

دره مرکزی کالیفرنیا به‌عنوان یکی از مراکز بزرگ تولیدات کشاورزی، به دلیل برداشت بیش‌ازحد از آب زیرزمینی دچار افت سطح آب و در نتیجه فرونشست زمین شده است [۱]. از نمونه‌های دیگر فرونشست در سطح دنیا می‌توان به نشست زمین به دلیل پمپاژ آب در ۳۵ سال گذشته در شهر بانکوک تایلند اشاره کرد. بیشترین نشست سالانه در این شهر ۱۲۰ میلی‌متر و در اوایل دهه ۱۹۸۰ گزارش شده است [۲].

براساس گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور، متأسفانه در حال حاضر بیش از ۱۰۰ دشت کشور با مشکل فرونشست مواجه‌اند. دشت رفسنجان نخستین دشت در ایران است که در آن نشست زمین بر اثر افت سطح آب زیرزمینی گزارش شده است. نخستین گزارش‌های مربوط به نشست این دشت مربوط به سال ۱۳۴۶ است. در دشت رفسنجان به ازای هر ۱۰ متر افت سطح آب زیرزمینی، حدود ۴۲ سانتی‌متر نشست زمین گزارش شده است [۳].

برای برخی از دشت‌های کشور بررسی‌های جدیدی توسط پژوهشگران انجام شده است که روند افزایشی را در تعداد دشت‌های درگیر با این پدیده و میزان فرونشست نشان می‌دهد. برای مثال، دشت جنوب باختری تهران که در بررسی‌های سال ۱۳۸۴ بیشینه میزان فرونشست ۱۷ سانتی‌متر بر سال داشته، در سال ۱۳۸۸ به ۲۴ سانتی‌متر بر سال افزایش یافته است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌سازی، بیشینه میزان فرونشست زمین در این دشت برای سال ۱۳۹۷ خورشیدی، ۳۳ سانتی‌متر بر سال پیش‌بینی شده است [۴]. ارزیابی افت سطح آب زیرزمینی و ارتباط آن با فرونشست سطح زمین چندین سال است که مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. برای مثال، افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت دامغان بررسی شده است. در پژوهش یادشده با استفاده از مدل GMS و GEP و MLR وضعیت تراز سطح آب زیرزمینی و فرونشست سطح زمین در دشت دامغان ارزیابی شده و در نهایت مشخص شد که در مناطقی که سطح آب زیرزمینی حدود سه متر افت داشته است، سطح زمین حدود ۳۵ سانتی‌متر نشست کرده است [۵]. در مطالعه شریفی‌کیا و همکارانش (۱۳۹۴) در همین دشت، پدیده‌های ژئومورفولوژیک ناشی از فرونشست بررسی شده و ضمن بررسی میزان و دامنه فرونشست در دشت دامغان، آثار ناشی از این پدیده در سطح زمین بررسی و ارزیابی شده است [۶].

طی سال‌های اخیر، میزان فرونشست در دشت‌های مختلف کشور براساس تصاویر ماهواره‌ای محاسبه شده است. برای نمونه، صالحی و همکارانش (۱۳۹۲) در دشت مهیار استان اصفهان براساس روش تداخل‌سنجی راداری، میزان بیشینه فرونشست دشت طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۶ را برابر با ۸/۲ سانتی‌متر محاسبه کردند [۷].

پدیده فرونشست عواقب و خطرهای زیادی به همراه خواهد داشت که از آن جمله می‌توان به آسیب رساندن به بناها و ساختمان‌ها، خطوط انتقال آب و گاز و همچنین تأسیسات زیربنایی اشاره کرد. تخریب چاه‌ها و آسیب به لوله جدار چاه‌ها نیز می‌تواند بر اثر این پدیده ایجاد شود. در زمینه آسیب‌های ناشی از فرونشست نیز در سطح جهان و ایران تحقیقات زیادی صورت گرفته است. برای مثال، آل خمیس و همکاران در پژوهشی در سال ۱۳۸۵ تخریب لوله

بررسی مدل SHARP بیان‌کننده پیشروی آب شور به میزان ۱/۵ تا ۲ کیلومتر در آبخوان‌های ساحلی است. میزان برداشت از سفره‌های زیرزمینی به دلیل تأثیر بر سطح آب زیرزمینی، نقش درخور توجهی بر پیشروی آب شور دارد [۱۷]. در تحقیق دیگری نیز وضعیت نفوذ جبهه آب شور به آبخوان‌های اطراف دریاچه ارومیه بررسی شده است. نتایج تحقیق یادشده نشان می‌دهد در آبخوان‌های تبریز، مهاباد، آذرشهر، عجب‌شیر، و شبستر-صوفیان جهت جریان آب زیرزمینی تغییر یافته و وسعت زیادی از این آبخوان‌ها با هجوم آب شور مواجه شده است [۱۸].

به طور کلی، نتایج تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌ها در نهایت با نشست زمین و از بین رفتن آبخوان‌ها همراه خواهد بود. علاوه بر این، در مواردی که آبخوان آبرفتی با دریا هم‌جوار بوده و ارتباط هیدرولیکی داشته باشد، نفوذ آب شور نیز می‌تواند موجب از بین رفتن کیفیت آبخوان شود.

#### مواد و روش‌ها

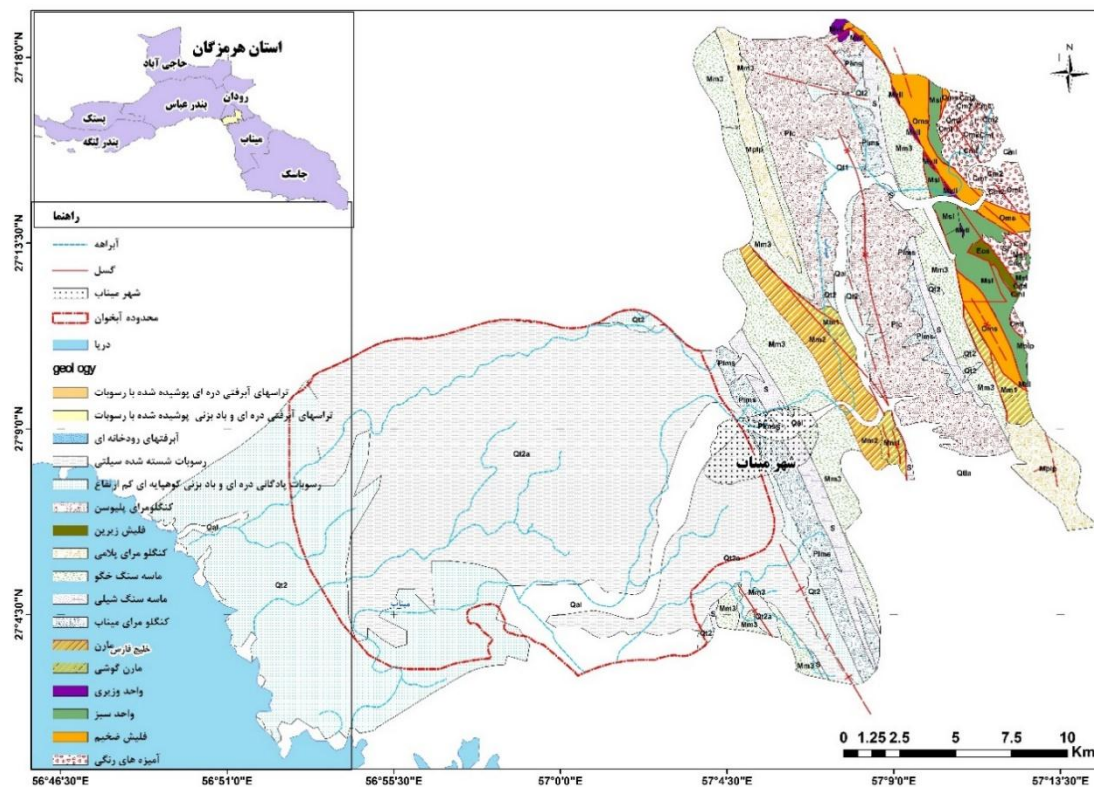
منطقه مد نظر در تحقیق حاضر محدوده مطالعاتی میناب با کد ۲۸۰۷ یکی از محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز بندرعباس - سدیح است که مختصات جغرافیایی آن بین طول ۵۶ درجه ۴۹ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۲۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی در استان هرمزگان قرار گرفته است. وسعت کل این محدوده مطالعاتی ۶۵۳/۶ کیلومترمربع است که از این میزان ۲۷۲/۱۴ کیلومترمربع به وسعت آبخوان آبرفتی مربوط است. ارتفاع متوسط این محدوده مطالعاتی از سطح دریا ۲۵ متر است. مهم‌ترین شهر واقع در این محدوده مطالعاتی، میناب است.

محدوده مطالعاتی میناب در زون چین‌خورده مکران در جنوب فرورفتگی جازموریان قرار دارد و از سمت شرق و شمال شرق به گسل میناب و زندان و از جنوب غربی به دریای عمان منتهی می‌شود. زون مکران شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های مختلف همچون توده‌های نفوذی آذرین، کمپلکس‌های دگرگونی و سنگ‌های رسوبی است. بررسی محدوده مطالعاتی دشت میناب نشان می‌دهد توده‌های مختلف دگرگونی، آذرین و رسوبی در این محدوده رخمون پیدا کرده‌اند (شکل ۱).

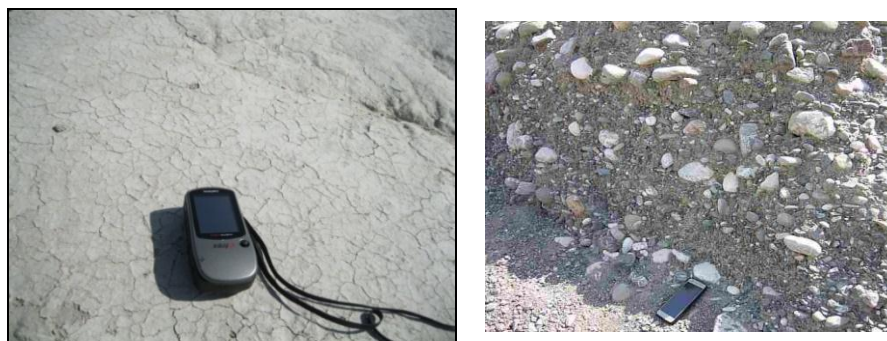
جدار بر اثر فرونشست را بررسی کردند [۸]. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور نیز طی گزارش‌های متعددی به بررسی فرونشست و خطرهای ناشی از آن در سطح کشور پرداخته‌اند. برای مثال، در یکی از این گزارش‌ها علل به‌وجود آمدن شکاف‌های طولی و فروچاله‌ها در دشت ایچ استان فارس بررسی شده و دلیل به‌وجود آمدن این پدیده در سطح دشت، مرتبط با افت تراز سطح آب زیرزمینی و وجود انحلال در سنگ‌بستر آهکی بیان شده است [۹]. در پژوهش انتظام سلطانی و قاسمی (۱۳۸۸)، شکاف‌های طولی زمین در دشت آزادشهر استان گلستان بررسی شده است [۱۰] نشست زمین و آسیب‌های واردشده به ساختمان‌های شهر ری نیز طی مطالعه‌ای جداگانه توسط میرتیمزدوست و قاسمی (۱۳۹۰) بررسی شده است [۱۱]. بررسی پدیده شکاف‌های طولی در زمین‌های کشاورزی شهرستان ورامین نیز از جمله مواردی است که در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی توسط قاسمی و میرتیمزدوست (۱۳۸۹) به آن پرداخته شده است [۱۲].

در دشت میناب نیز تا کنون مطالعاتی انجام شده است که در یکی از این تحقیقات توسط جیریایی شراهی (۱۳۹۵) میزان فرونشست دشت براساس روش تداخل‌سنج راداری طی سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ معادل ۱۳/۷ سانتی‌متر در سال محاسبه شده و روند گسترش نشست از شمال غرب به سمت جنوب شرق اعلام شده است [۱۳]. در پژوهش ترکمانی تمبکی (۱۳۹۵)، وجود میان‌لایه‌های درشت‌دانه در بخش مرکزی و بهره‌برداری بیش‌ازحد از آب زیرزمینی در این بخش و در نتیجه افت سطح آب زیرزمینی، دلیل اصلی ایجاد فرونشست در دشت میناب بیان شده است [۱۴]. در مطالعات دیگری نیز وضعیت ارتباط افت سطح آب زیرزمینی و فرونشست زمین در این دشت بررسی شده است [۱۵ و ۱۶].

یکی از مخاطراتی که آبخوان‌های ساحلی با آن مواجه‌اند، پیشروی آب شور دریا به درون آبخوان است. در ایران نیز آبخوان‌های موجود در استان‌های شمالی و جنوبی کشور با این معضل روبه‌رو هستند. در این زمینه نیز تحقیقات مختلفی در سطح کشور انجام شده است. برای مثال، در تحقیقی پیشروی آب شور بر آبخوان‌های ساحلی به‌وسیله مدل SHARP بررسی شده است. نتایج



شکل ۱. موقعیت و وضعیت زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی میناب



شکل ۲. الف) رسوبات بستر رودخانه میناب؛ ب) رسوبات ریزدانه بخش‌های مرکزی و غربی دشت

ژئوفیزیک، ضخامت آبرفت در نواحی مرکزی دشت در بازه ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر متغیر بوده و اغلب از جنس رسی همراه با ماسه تشکیل شده است.

براساس گزارش بیلان مربوط به سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰، به‌طور متوسط سالانه حجمی معادل ۶۰ میلیون مترمکعب توسط چاه‌ها تخلیه می‌شود. میزان آب ورودی از طریق جریان‌های زیرزمینی معادل ۱۹/۱ میلیون مترمکعب در سال و میزان آب خروجی نیز از طریق جبهه‌های خروجی معادل ۲/۵۵ میلیون مترمکعب است. ۵/۲۹ میلیون مترمکعب حاصل از بارش و ۱۲/۷۷ میلیون مترمکعب رواناب‌های سطحی به

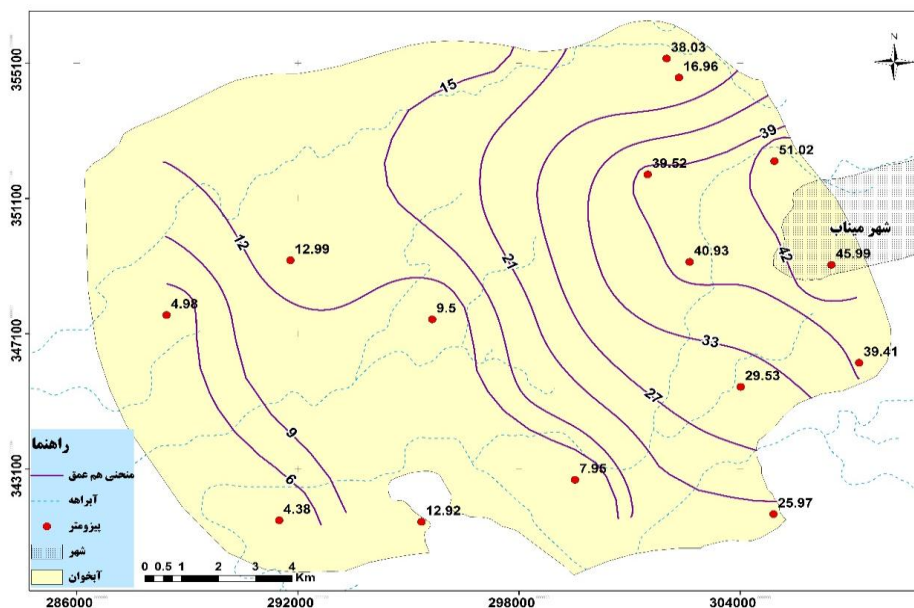
رسوبات آبرفتی دشت در حواشی شرقی به‌ویژه در محل ورودی رودخانه میناب، دانه‌درشت، به‌صورت مخلوطی از ریگ، شن و ماسه است که به تدریج به سمت دریا (غرب) از قطر ذرات کاسته شده و تبدیل به رسوبات دانه‌ریز سیلتی، ماسه‌ای و رسی محتوی آب شور می‌شود. مناسب‌ترین بخش سفره آب زیرزمینی در محل ورودی رودخانه میناب تشکیل شده است که با نهشته‌های آبرفتی دانه‌درشت محتوی آب شیرین در شرق شروع شده و به سمت غرب با کاهش قطر ذرات و افزایش میزان شوری آب مشخص است (شکل ۲). مطابق مطالعات

شرقی آبخوان و حدود ۵۰ متر، و کمترین عمق نیز در بخش غربی و حدود ۴ متر است. همان طور که در نقشه مشاهده می‌شود، عمق سطح آب در آبخوان از سمت غرب به سمت شرق افزایش می‌یابد و در حوالی شهر میناب به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

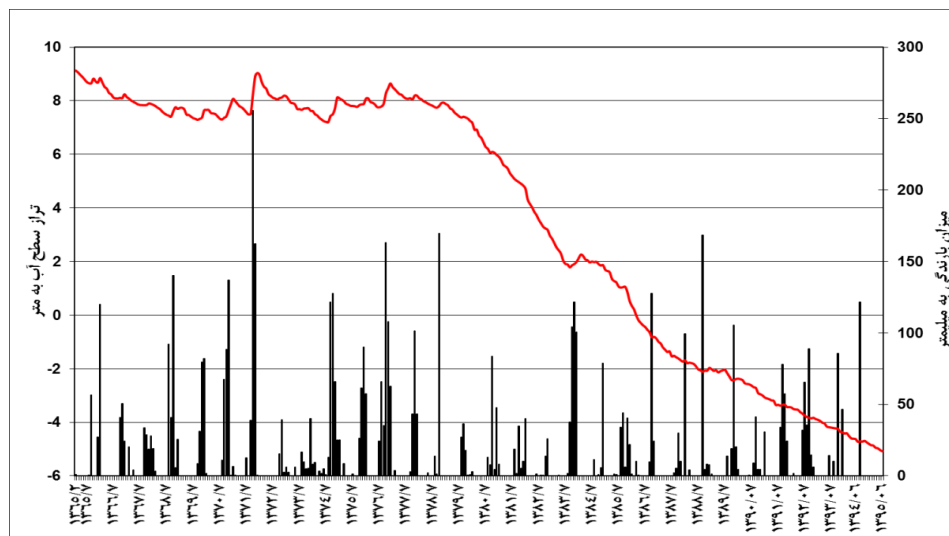
هیدروگراف واحد آبخوان میناب نشان می‌دهد به‌طور کلی طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ سطح آب زیرزمینی آبخوان میناب به میزان ۱۳/۸۸ متر افت داشته است (شکل ۴).

آبخوان نفوذ کرده و ۱۹/۲ میلیون مترمکعب نیز حاصل از بازگشت مصارف به آبخوان است. ۳/۰۶ میلیون مترمکعب نیز از بخش‌های انتهایی آبخوان تبخیر می‌شود. به‌طور کلی، میزان حجم تغذیه ۹/۲۵ میلیون مترمکعب کمتر از میزان تخلیه است و آبخوان میناب کسری مخزن دارد.

منحنی هم‌ارزش عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی در آبخوان میناب که براساس اطلاعات شبکه پیژومتری در شهریورماه ۱۳۹۵ ترسیم شده است (شکل ۳)، نشان می‌دهد بیشترین عمق سطح آب در آبخوان در بخش



شکل ۳. منحنی هم‌عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی در آبخوان محدوده میناب

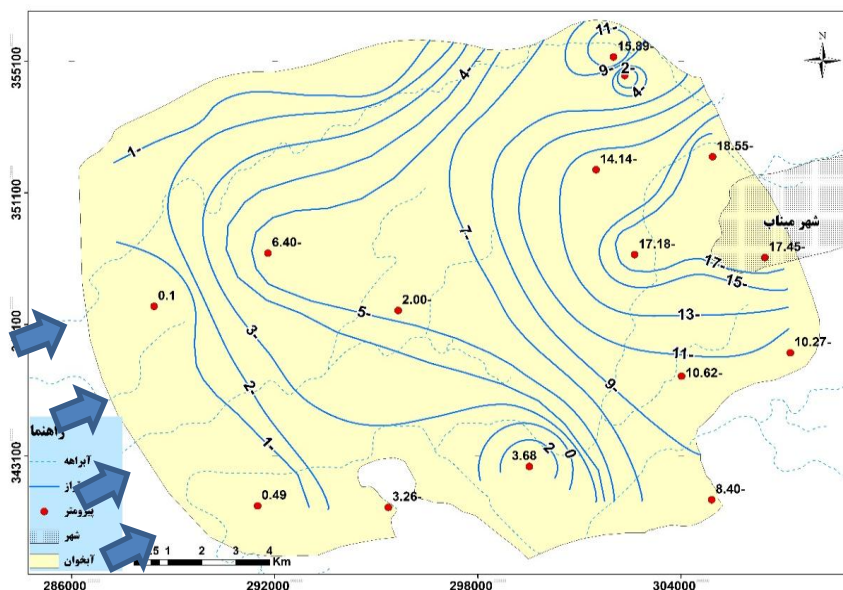


شکل ۴. هیدروگراف واحد تراز سطح آب زیرزمینی آبخوان میناب

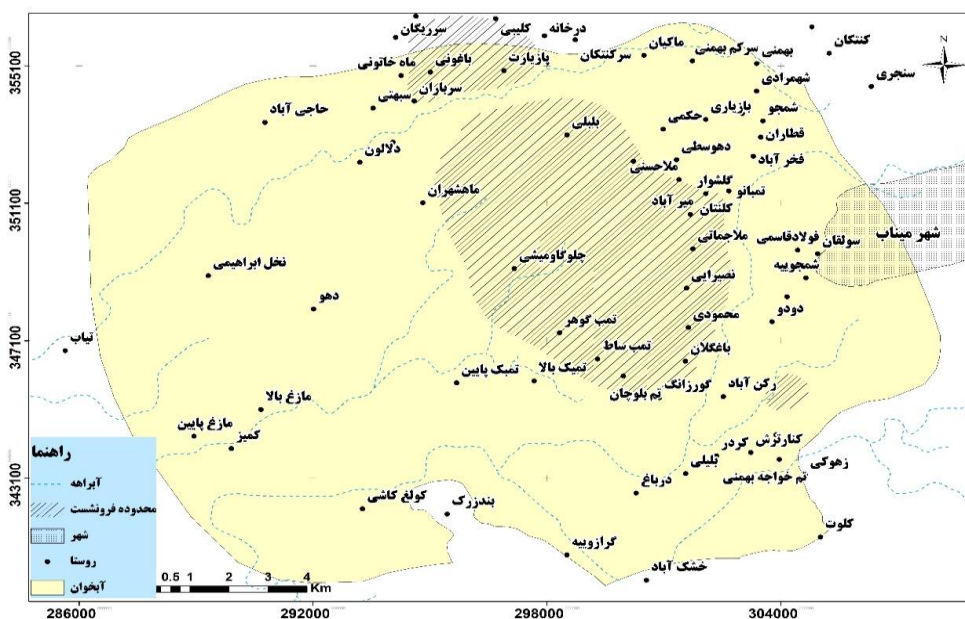


در آن به‌وضوح مشهود است در شکل ۶ ارائه شده است. متأسفانه، شدت فرونشست در این محدوده به حدی است که در برخی روستاها خسارت زیادی به خانه‌ها و بناهای زیرساختی وارد شده است. به‌طور کلی، می‌توان آثار مشهود و بارز فرونشست‌های ایجادشده در این دشت را به دو نوع تفکیک کرد: ۱. شکاف‌ها و ترک‌های طولی؛ ۲. گودال‌های عمقی (شکل ۷). طول برخی از شکاف‌های ایجادشده تا ۵۰ متر و عمق برخی از این گودال‌ها به بیش از ۵ متر می‌رسد.

منحنی هم‌تراز سطح آب زیرزمینی آبخوان میناب که براساس اطلاعات شبکهٔ پیزومتر در شه‌ریورما ۱۳۹۵ ترسیم شده است، نشان می‌دهد که در بخش مرکزی و شرقی آبخوان تراز سطح آب نسبت به دریا منفی شده و بیش از ۱۷ متر زیر سطح دریا قرار دارد (شکل ۵). در بازدیدهای متعدد صحرایی که به‌منظور پژوهش حاضر از منطقه انجام شده است، تقریباً تمام دشت بررسی شده و مناطقی که دچار فرونشست شده‌اند، شناسایی و ثبت شده است. موقعیت کلی مناطقی که آثار فرونشست



شکل ۵. منحنی هم‌تراز سطح آب زیرزمینی آبخوان آزاد میناب



شکل ۶. مناطق بررسی‌شده دارای فرونشست در دشت میناب



خسارت به بناهای ساختمانی

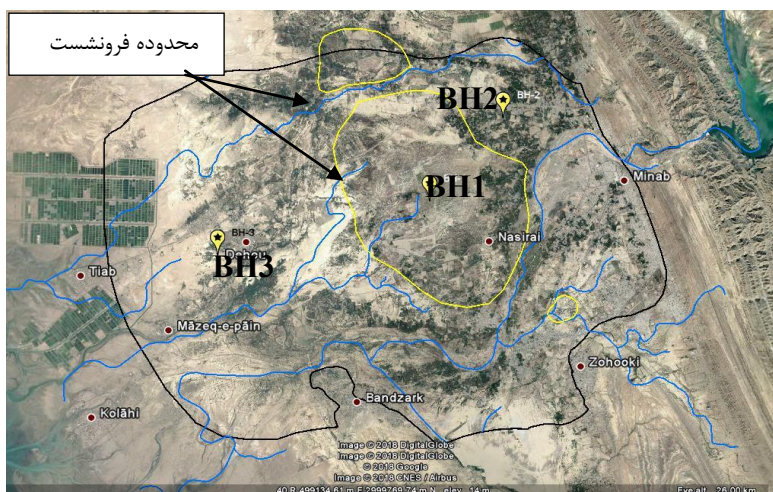


ایجاد گودال‌های عمقی



ایجاد شکاف طولی

شکل ۷. عوارض ناشی از فرونشست در دشت میناب



شکل ۸. موقعیت گمانه‌های حفاری شده در دشت میناب

خاک از گمانه‌ها برداشت و آنالیز شده است. دو نمونه از خاک‌ها از گمانه BH2 و دو نمونه بعدی، هریک از یک گمانه دیگر، برداشت شده است.

**نتایج و بحث**

بررسی هیدروگراف واحد تراز سطح آب زیرزمینی دشت میناب نشان می‌دهد تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی از ابتدا تا سال ۱۳۷۸ تقریباً متعادل بوده و از این سال به بعد دچار افت تراز شده است. وقوع خشک‌سالی در اواخر دهه

در ادامه، به‌منظور بررسی وضعیت فرونشست در سطح دشت میناب و وجود داشتن یا نداشتن خاک‌های مسئله‌دار، سه حلقه گمانه با عمق ۱۵ متر در منطقه حفر و آزمایش‌های لازم انجام شد. موقعیت گمانه‌های حفاری شده طوری انتخاب شد که یک حلقه در بالادست مناطق دارای عوارض فرونشست شدید، یک حلقه در مناطق با فرونشست شدید و یک حلقه نیز در مناطق پایین‌دست قرار داشته باشد. موقعیت گمانه‌های حفاری شده در شکل ۸ ارائه شده است. همچنین، برای بررسی وضعیت شیمیایی خاک منطقه، چهار نمونه

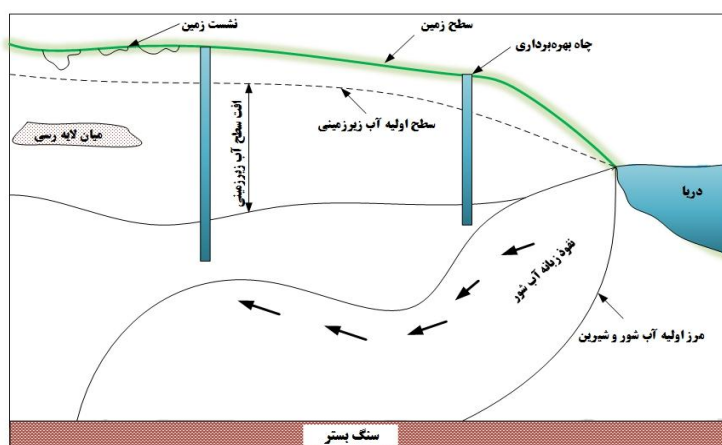
عکس شدن جهت جریان منجر شده است. بنابراین، با توجه به گرادیان هیدرولیکی (متوسط یک به هزار) به وجود آمده، جهت جریان زیرزمینی از سمت دریا به سمت آبخوان است. همچنین، نقشه تراز سطح آب زیرزمینی، نشان می‌دهد تراز سطح آب در غالب مناطق آبخوان زیر سطح آزاد دریاست. این دو امر خطر هجوم آب شور دریا به سمت آبخوان و در نتیجه کاهش کیفیت آب زیرزمینی منطقه را نشان می‌دهد. بنابراین، با توجه به ساحلی بودن آبخوان میناب، افت سطح آب زیرزمینی علاوه بر فرونشست، سبب پیشروی آب شور شده که این مسئله بحران موجود در منطقه را دوبرابر کرده است. به طوری که دشت میناب یکی از معدود دشت‌های کشور است که متأسفانه فرونشست و پیشروی آب شور را هم‌زمان تجربه کرده است. در شکل ۹ نمایی از تأثیر افت تراز سطح آب زیرزمینی با نشست زمین و نفوذ آب شور ارائه شده است.

۱۳۷۰ و در ادامه افزایش برداشت از آب زیرزمینی منطقه سبب افت تراز سطح آب در این آبخوان شده است. براساس هیدروگراف واحد به طور متوسط تراز سطح آب، سالانه به میزان ۰/۴۶ متر افت دارد. با توجه به ضریب ذخیره آبخوان و مساحت آبخوان، متوسط میزان کسری مخزن سالانه حدود ۸/۷۵ میلیون مترمکعب است.

$$\Delta V (m^3) = \Delta h (m) \times A (m^2) \times S =$$

$$0.46 \times 272,000,000 \times 0.07 = 8,75 MCM$$

به طور کلی، با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه، منابع تغذیه این آبخوان ارتفاعات غربی است و به بیانی، جهت جریان آب زیرزمینی باید از سمت شرق به سمت غرب باشد. همین موضوع سبب شده تا جهت غالب جریان آب زیرزمینی از سمت غرب به شرق باشد. این امر به دلیل برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و در نتیجه، افت تراز سطح آب در بخش مرکزی و شرقی آبخوان بوده که به



شکل ۹. نمایی از افت تراز سطح آب، نشست زمین و نفوذ آب شور (ترسیم توسط نگارنده)

می‌دهد طی این دوره آماری بیشترین افت سطح آب در بخش شرقی آبخوان، جایی که بیشترین تراکم چاه‌های بهره‌برداری و در نتیجه بیشترین برداشت از آب زیرزمینی وجود دارد، رخ داده است (شکل ۱۰). بررسی‌های انجام‌شده نیز نشان می‌دهد مناطق دارای فرونشست زمین در پایین دست محل‌های با بیشترین افت سطح آب قرار دارد. این موضوع ارتباط مستقیم افت سطح آب زیرزمینی و ایجاد فرونشست در سطح زمین را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشتر فرونشست‌ها در مناطق پایین دست چاه‌های بهره‌برداری با دبی بیش از ۴۰ لیتر بر ثانیه قرار دارند.

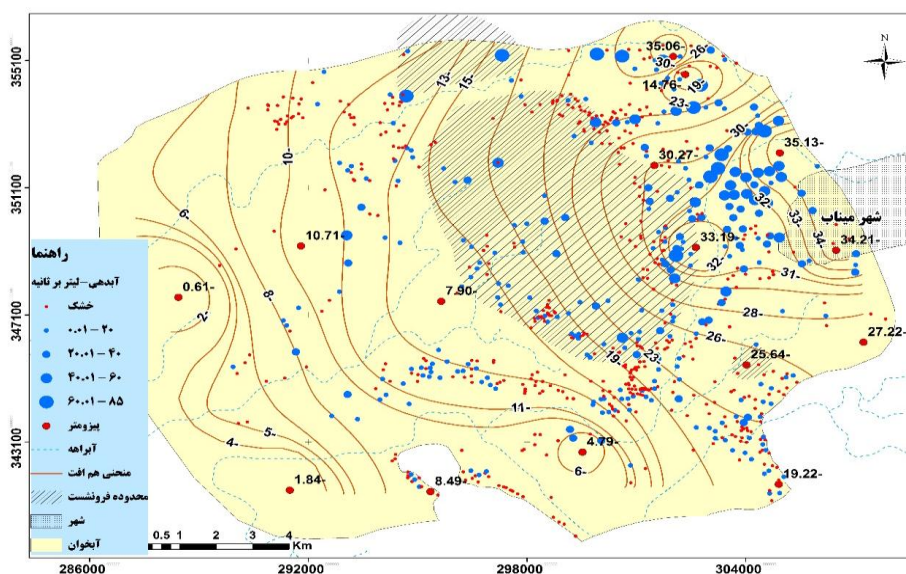
براساس نتایج آخرین آماربرداری سراسری منابع آب کشور، منابع آب زیرزمینی موجود در محدوده مطالعاتی میناب ۷۹۶ حلقه چاه بهره‌برداری است که از این تعداد ۴۶۲ حلقه چاه متروکه و یا فاقد آبدهی، اعلام شده است. وجود ۴۶۲ چاه بدون آبدهی در این محدوده مطالعاتی که غالباً چاه‌های کم عمق (کمتر از ۳۰ متر) نیز هستند، نشان‌دهنده افت سطح آب زیرزمینی منطقه است. در مجموع، از تعداد ۳۳۴ حلقه چاه دارای آبدهی در این محدوده، سالانه حجمی معادل ۱۰۳/۱۱ میلیون مترمکعب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بهره‌برداری می‌شود. نقشه تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ نشان



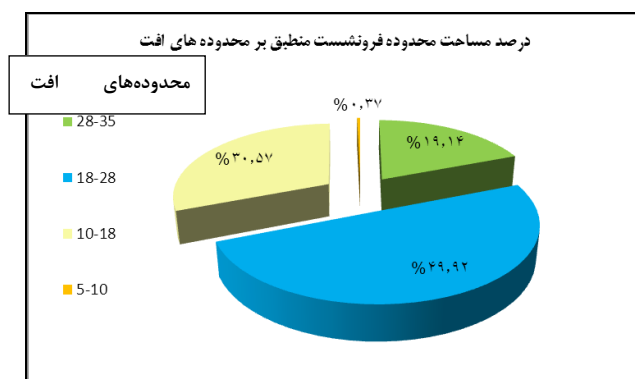
متر و حدود ۵۰ درصد مناطق فرونشست در محدوده‌های با افت بین ۱۸ تا ۲۸ متر اتفاق افتاده است (شکل ۱۱). سایر مناطق فرونشست نیز در محدوده‌های با افت ۱۰ تا ۱۸ متر است. با توجه به اینکه دلیل اصلی فرونشست، افت سطح آب زیرزمینی است، انتظار می‌رود که غالب مناطق فرونشست در محدوده بیشترین افت قرار داشته باشند. به بیان دیگر، بررسی دقیق این موضوع نشان می‌دهد برخی مناطق دارای فرونشست در محدوده بیشترین افت قرار نگرفته است. بنابراین، می‌توان بیان کرد که علاوه بر افت سطح آب به عنوان دلیل اصلی ایجاد فرونشست، دلایل دیگری نیز می‌تواند در ایجاد این پدیده در منطقه وجود داشته باشد که سبب به وجود آمدن نوع خاصی فرونشست در مناطقی با افت تقریباً متوسط شده است.

همان طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، محدوده‌های دارای بیشترین افت در بالادست مناطق فرونشست قرار دارند و بخشی از مناطق فرونشست بر محدوده‌های دارای بیشترین افت منطبق‌اند. این موضوع ارتباط مستقیم افت سطح آب زیرزمینی با ایجاد فرونشست در منطقه را بیان می‌کند و نشان می‌دهد افت سطح آب از دلایل اصلی ایجاد فرونشست در منطقه است. اما با توجه به اینکه بخش‌های درخور توجهی از مناطق فرونشست بر مناطق دارای بیشترین افت منطبق نیست، دلایل دیگری نیز در ایجاد فرونشست در دشت میناب وجود دارد که در ادامه بررسی می‌شود.

مقایسه بخش‌های دارای فرونشست با محدوده‌های افت در سطح آبخوان میناب نشان می‌دهد حدود ۱۹ درصد مناطق فرونشست در محدوده‌های با افت ۲۸ تا ۳۵



شکل ۱۰. موقعیت مناطق فرونشست در مقایسه با تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی (دوره آماری سی ساله)



شکل ۱۱. انطباق درصد مساحت محدوده‌های فرونشست با مناطق افت

میناب، به طور قطع قبل از احداث سد میناب، حجم تغذیه از طریق رودخانه میزان بیشتری بوده است و با احداث سد میناب، این حجم از نفوذ به آبخوان از حالت طبیعی خارج شده و مقدار آب ورودی به آبخوان بسیار کم شده است.

### انواع فرونشست در منطقه

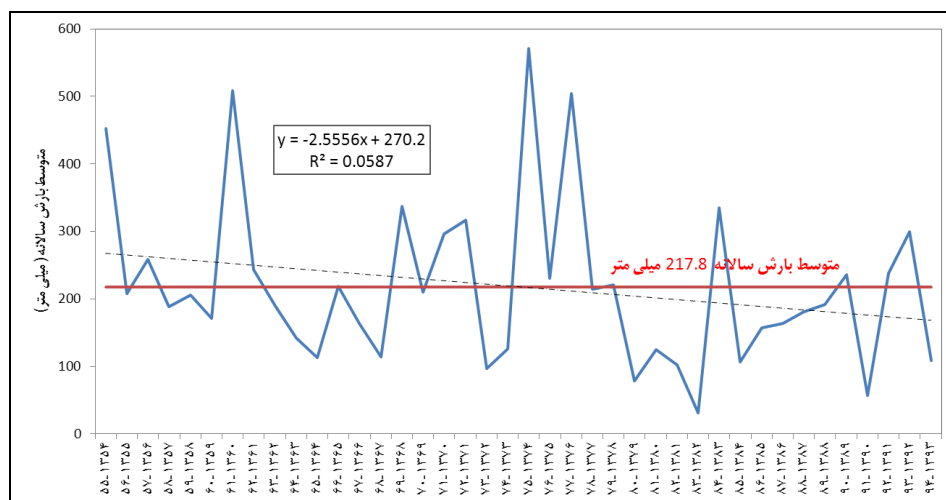
#### تراکم لایه‌های آبرفتی

بروز نشست درون دشت‌های انباشته از رسوبات آبرفتی در نواحی مرکزی و حاشیه‌ها به صورت مختلف نمود پیدا می‌کند. در نواحی مرکزی به علت ضخامت درخور توجه رسوبات پدیده فرونشست به صورت تراکمی ظاهر شده به طوری که ضخامت کلی رسوبات پس از بروز این پدیده، کاهش می‌یابد. رشد ظاهری لوله جدار چاه‌ها از نمودهای مشهود این پدیده است. حرکت عمودی خاک در مرکز دشت، بخش عمده حرکت نشست رسوبات را در بر می‌گیرد. در نواحی حاشیه‌ای دشت‌ها نیز به علت ضخامت کم رسوبات حرکت عمقی کمتر مشاهده شده و میزان نشست نیز کمتر چشم‌گیر است، اما حرکات افقی و یا به بیانی جانبی رسوبات بارزتر است.

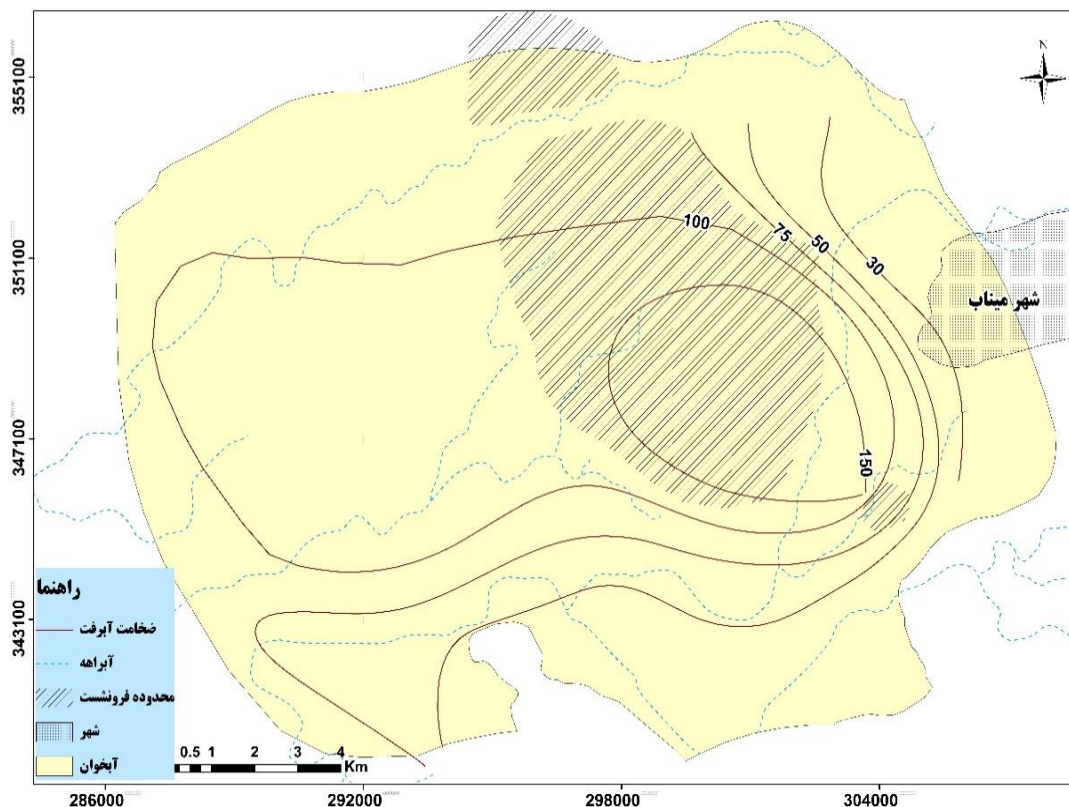
مقایسه مناطق فرونشست دشت میناب و ضخامت آبرفت نشان می‌دهد بیشتر مناطق فرونشست در بخش‌هایی با ضخامت آبرفت حدود ۱۰۰ متر قرار دارند (شکل ۱۳). انطباق محدوده‌های فرونشست با ضخیم‌ترین بخش آبخوان به نوعی نشان‌دهنده ایجاد فرونشست در اثر تراکم رسوبات آبرفتی است.

یکی از دلایل افت سطح آب زیرزمینی، کاهش تغذیه آبخوان ناشی از کاهش بارش و کاهش آب نفوذی از رودخانه میناب به خصوص بعد از بهره‌برداری از سد استقلال در سال ۱۳۶۵ است. براساس منحنی‌های هم‌باران ترسیم‌شده برای این منطقه، متوسط بارش محدوده مطالعاتی میناب ۲۱۷/۵ میلی‌متر در سال است. برای بررسی تغییرات بارش در محدوده، سری زمانی بارش محدوده دشت و ارتفاعات براساس ایستگاه‌های معرف (سینوپتیک میناب، سد استقلال) از سال آبی ۱۳۵۴-۱۳۵۵ تا ۱۳۹۳-۱۳۹۴ تکمیل شده، و روند آن بررسی شده است (شکل ۱۲). همان طور که در این نمودار دیده می‌شود، روند تغییرات بارش به‌ویژه در سال‌های اخیر، کاهش یافته است. به‌طور کلی، کاهش بارش به کاهش میزان تغذیه آبخوان از طریق نفوذ مستقیم از سطح آبخوان و جبهه‌های ورودی از ارتفاعات منجر می‌شود و همچنین نفوذ از طریق رواناب را در پی خواهد داشت.

از طرفی، با توجه به اینکه رودخانه میناب به‌عنوان رودخانه اصلی و پرآب این محدوده محسوب می‌شود و رسوبات این رودخانه درشت‌دانه و نفوذپذیر است، بخش زیادی از آب سطحی عبوری از این منطقه سبب تغذیه آبخوان می‌شود. براساس گزارش بیلان آبی محدوده مطالعاتی میناب، میزان تغذیه آبخوان ناشی از نفوذ رواناب رودخانه سالانه حجمی معادل ۱۲/۷۷ میلیون مترمکعب می‌شود که این حجم معادل ۲۲ درصد از کل تغذیه آبخوان است. با توجه به شرایط موجود در بستر رودخانه



شکل ۱۲. تغییرات بارندگی سالانه محدوده مطالعاتی میناب طی دوره آماری ۱۳۵۴-۱۳۹۴



شکل ۱۳. موقعیت مناطق فرونشست و ضخامت آبرفت

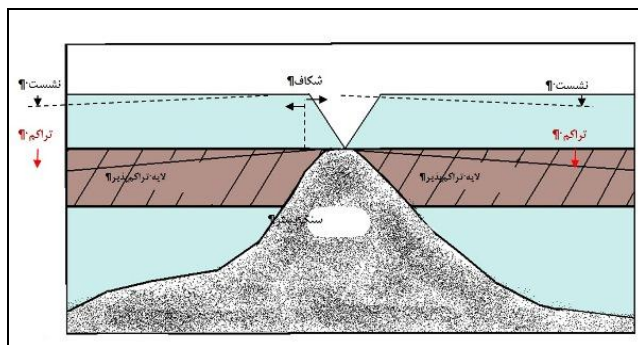
منطقه بر اثر بارش‌های شدید دچار آب‌شستگی شده و عریض‌تر و عمیق‌تر می‌شود. در محدوده مطالعاتی میناب این‌گونه ترک‌های طولی با طول چند ده متر در مناطق مختلفی دیده می‌شود. تحقیقات محلی نیز بیان می‌کند که تمام فرونشست‌های منطقه بعد از بارش باران مشاهده شده است. به نظر می‌رسد که ایجاد شکاف‌های طولی اولیه در منطقه به دلیل وجود چنین مکانیسمی در آنجا باشد. شکاف‌های یادشده بر اثر بارش باران عریض‌تر و عمیق‌تر شده است. شواهد ظاهری برخی از مناطق نیز تا حدودی این موضوع را تأیید می‌کند (شکل ۱۵).

علاوه بر موارد یادشده براساس اطلاعات به‌دست‌آمده از لاگ حفاری چاه‌های پیژومتر موجود در منطقه و با استفاده از نرم‌افزار Rockworks پروفیلی از محدوده آبخوان تهیه شده است. اطلاعات به‌دست‌آمده از این پروفیل نشان می‌دهد در بخش‌های مرکزی آبخوان، عدسی‌های ریزدانه سیلت و رسی وجود دارد که می‌تواند سبب نشست نامتوازن رسوبات منطقه شود (شکل ۱۶).

#### ناهمواری سنگ کف و نشست نامتوازن

در مواردی مشاهده می‌شود که ترک‌های کششی با قطرهای متفاوت در بخش‌های داخلی دشت بروز کرده است. این پدیده را می‌توان به تغییرات توپوگرافی سنگ کف نسبت داد. در چنین مواردی که سنگ کف ناهمواری داشته باشد، در صورتی که آبخوان دچار افت سطح آب شود و در پی آن، به دلیل تراکم رسوبات دچار فرونشست شود در محل‌هایی که سنگ کف ناهمواری داشته باشد، در سطح زمین شکاف و ترک‌هایی به وجود می‌آید. همچنین، در صورتی که عدسی‌های رسی بین طبقات وجود داشته باشد، با توجه به اینکه تراکم‌پذیری لایه رسی با رسوبات دیگر متفاوت است، در سطح زمین سبب ایجاد شکاف و ترک خواهد شد (شکل ۱۴).

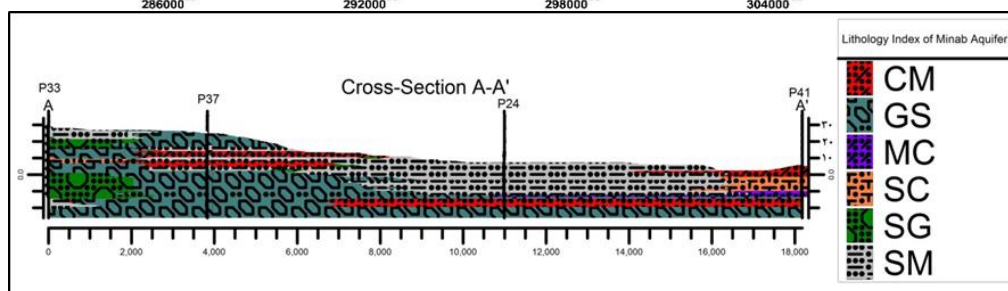
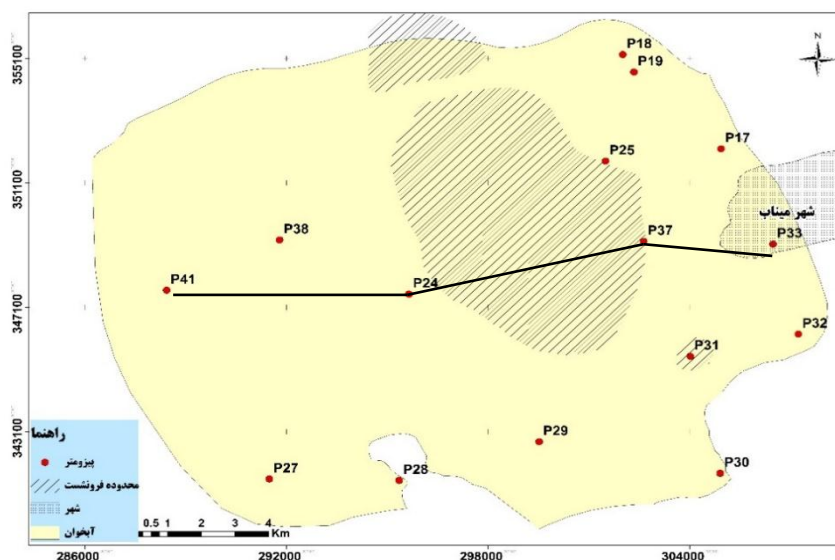
افت ناموزون سطح آب زیرزمینی، متغیربودن ضخامت لایه‌های تراکم‌پذیر و ناهمگنی تراکم این لایه‌ها موجب فرونشست ناموزون سطح زمین می‌شود و شکاف‌هایی در پوسته زمین به وجود می‌آورد. شکاف‌های ایجادشده در



شکل ۱۴. مکانیسم ایجاد ترک به دلیل ناهمواری سنگ کف آبخوان



شکل ۱۵. وجود شکاف‌های طولی در محدوده مطالعاتی میناب



شکل ۱۶. پروفیل به دست آمده از لاگ پیزومترهای حفاری شده در سطح آبخوان



داده است. درخور یادآوری است که عمق سطح آب در مناطق فرونشست در ابتدای تشکیل شبکه پیزومتری کمتر از ۵ متر بوده است که به دلیل وجود خاصیت مویینگی در خاک‌های ریزدانه، بخشی از رطوبت خاک تأمین می‌شده است. در پی از دست دادن رطوبت خاک در این مناطق، خاک‌های موجود دچار انقباض می‌شود و به تبع آن نشست در لایه‌های بالایی رخ می‌دهد. با توجه به اینکه در منطقه بارش‌ها غالباً شدید است، این نوع بارش می‌تواند محرک اولیه‌ای برای ایجاد نشست باشد. شایان یادآوری است که در پرس‌وجوهای محلی به عمل آمده طی مطالعات صحرائی، پاسخ تمام افراد نسبت به زمان وقوع فرونشست‌ها، به ایجاد آنها پس از بارندگی‌ها اشاره دارد. بر اثر این بارش‌ها لایه‌ای از سطح زمین مرطوب شده و به دلیل نداشتن مقاومت کافی در لایه‌های زیرین، فرونشست اتفاق افتاده است. به نظر می‌رسد گودال‌های ایجاد شده در منطقه بر اثر چنین مکانیسمی به وجود آمده باشند (شکل ۱۸).

در شرایط طبیعی خاک‌های تورم‌پذیر در سطح زمین پس از کاهش رطوبت و انقباض، دارای شبکه وسیع و عمیقی از درز و شکاف‌ها به صورت موزاییکی می‌شود. وجود این نوع ترک‌های مد نظر در رسوبات برجای مانده در بخشی از بستر رودخانه میناب می‌تواند نشان‌دهنده وجود این نوع رسوبات در لایه‌هایی پایین‌تر نیز باشد (شکل ۱۹). با توجه به اینکه در بالادست دشت میناب و در ارتفاعات وجود سازند گچساران مشاهده می‌شود، امکان وجود رسوبات تبخیری هم به صورت لایه‌ای و هم به صورت وجود ذرات تبخیری در بین ذرات خاک وجود دارد. علاوه بر این، با توجه به اینکه عمق سطح آب زیرزمینی در اغلب مناطق دشت میناب در ابتدای تشکیل شبکه پایش کمتر از ۵ متر بوده است، امکان ایجاد رسوبات تبخیری به علت خاصیت مویینگی نیز وجود دارد. از این راه که ذرات نمک موجود در آب از اعماق از طریق مویینگی به سطوح بالاتر آمده و سپس بر اثر تبخیر در میان ذرات خاک‌های سطحی رسوب‌گذاری کرده است. این پدیده تا زمانی که سطح آب زیرزمینی بالا بوده است در یک حالت تعادل قرار داشته و با افت سطح آب زیرزمینی و خشک‌سالی‌های چندین ساله در منطقه، این تعادل از بین رفته است. همچنین، بر اثر نفوذ آب حاصل از بارندگی‌ها، رسوبات موجود حل شده و بر اثر انحلال در لایه‌های زیرین، فرونشست زمین رخ داده است.

نشست به دلیل وجود نوع رسوبات مسئله‌دار<sup>۱</sup> در منطقه یکی از دلایلی که می‌تواند در فرونشست دشت میناب مؤثر باشد، وجود نوعی از خاک‌های مسئله‌دار است که باید بررسی شود. شایان یادآوری است که در بسیاری موارد خاک‌هایی که در حالت عادی مشکلی ندارند و شرایط ژئوتکنیکی خوبی دارند، با تغییر برخی پارامترهای محیطی مانند رطوبت و تنش، دچار تغییر شکل‌های درخور توجه و ناگهانی می‌شوند [۱۹]. انواع خاک‌های مسئله‌داری که در این منطقه می‌توانند به ایجاد نوعی فرونشست خاص در منطقه منجر شوند، عبارت‌اند از: خاک‌های تورم‌پذیر و خاک‌های انحلال‌پذیر.

به طور کلی، بررسی لاگ ژئوتکنیک گمانه‌های حفاری شده نشان می‌دهد رسوبات منطقه از سمت شرق به غرب دشت، ریزدانه می‌شود. همچنین، عمق برخورد به سطح آب در محل گمانه حفاری شده انتهای دشت کم بوده و حدود ۹ متری سطح زمین است (شکل ۱۷). درشت‌دانه‌بودن رسوبات در ابتدای دشت می‌تواند به این نکته اشاره کند که بیشتر فرونشست در این بخش از دشت به صورت تراکم لایه‌های آبرفتی صورت می‌گیرد، همان طور که در بخش‌های ابتدایی دشت وجود عوارضی همچون گودال و چاله ناشی از فرونشست به ندرت دیده می‌شود. همچنین، وجود لایه‌های رسی در بخش‌های میانی دشت (محل گمانه BH1) نشان می‌دهد در این بخش خاصیت تورم‌پذیری وجود دارد و یکی از دلایل وجود عوارض شدید فرونشست در این بخش از دشت مرتبط با وجود رس‌های منطقه است. هرچند وجود کانی مونت‌موریلونیت و کائولینیت در رس‌های منطقه مشخص نشده است، وجود رس در منطقه، خاصیت تورم‌پذیری را به همراه خواهد داشت. از طرفی، بالابودن سطح آب در بخش‌های انتهایی دشت (که البته می‌تواند ناشی از نفوذ آب دریا باشد) سبب شده تا میزان رطوبت خاک در این منطقه تغییری نداشته باشد و در نتیجه عوارضی از فرونشست در این بخش مشاهده نشود.

یکی از سناریوهایی که می‌توان براساس آن به فرونشست در محدوده مطالعاتی میناب پرداخت، از دست دادن رطوبت موجود در خاک‌های ریزدانه منطقه و در نتیجه فرونشست زمین است. کاهش رطوبت خاک در این محدوده به دلیل خشک‌سالی‌های چند سال اخیر، استفاده رطوبت موجود توسط گیاهان و همچنین کاهش سطح آب زیرزمینی رخ

1. Problematic Soils

عمق	توصیف	رده بندی	نماد
0 تا 2 متر	رس با خاصیت خمیری کم به رنگ قهوه ای روشن	CL	
2 تا 4 متر			
4 تا 6 متر			
6 تا 8 متر	رس با خاصیت خمیری کم همراه با ماسه به رنگ قهوه ای روشن	GM	
8 تا 10 متر			
10 تا 12 متر	رس با خاصیت خمیری کم همراه لای ماسه دار به رنگ قهوه ای روشن	ML	
12 تا 14 متر			
14 تا 15 متر	ماسه لای دار به رنگ قهوه ای روشن	SM	

لاگ گمانه BH1

عمق	توصیف	رده بندی	نماد
0 تا 2 متر	رس با خاصیت خمیری کم همراه با ماسه به رنگ قهوه ای روشن	CL	
2 تا 4 متر			
4 تا 6 متر	شن لای دار همراه با ماسه به رنگ قهوه ای روشن	GM	
6 تا 8 متر			
8 تا 10 متر	ماسه با دانه بندی بد همراه با لای و شن به رنگ قهوه ای روشن	SP-SM	
10 تا 12 متر	شن با دانه بندی بد همراه با لای و ماسه به رنگ قهوه ای روشن	GP-GM	
12 تا 14 متر	ماسه لای دار همراه با شن به رنگ قهوه ای روشن	SM	
14 تا 15 متر			

لاگ گمانه BH2

عمق	توصیف	رده بندی	نماد
0 تا 2 متر	رس با خاصیت خمیری کم به رنگ قهوه ای روشن	CL	
2 تا 4 متر			
4 تا 6 متر			
6 تا 8 متر	لای ماسه دار به رنگ خاکستری تیره	ML	
8 تا 10 متر			
10 تا 12 متر	ماسه با دانه بندی بد همراه با لای به رنگ خاکستری تیره	SP-SM	
12 تا 14 متر	لای به رنگ خاکستری تیره همراه با ماسه با دانه بندی بد همراه با لای به رنگ خاکستری تیره	SP-SM	
14 تا 15 متر	ماسه لای دار همراه با شن به رنگ خاکستری تیره	SM	

لاگ گمانه BH3

شکل ۱۷. لاگ حفاری گمانه‌های حفر شده در منطقه



شکل ۱۹. شبکه ترک خوردگی خاک تورم‌پذیر در بستر رودخانه میناب



شکل ۱۸. گودال‌های ایجاد شده در محدوده مطالعاتی میناب

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمیایی خاک

ردیف	نام گمانه	عمق (متر)	PH	CL (%)	SO4(%)
1	BH1	7-9	8.06	0.14	0.29
2	BH2	0-2	8.8	0.02	0.22
3	BH2	10-12	8.73	0.02	0.19
4	BH3	2-4.5	9.26	0.07	0.22

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، براساس مطالعات انجام‌شده در این منطقه مشاهده می‌شود که برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی سبب افت تراز سطح آب شده است، به گونه‌ای که در حال حاضر تراز سطح آب در بخش‌هایی از آبخوان بیش از ۱۷ متر زیر سطح دریا قرار دارد. همین امر سبب شده است شیب هیدرولیکی منطقه از حالت طبیعی خارج شده و با عکس شدن جهت جریان در منطقه، موجب نفوذ آب دریا به آبخوان شود. از این رو، وضعیت آبخوان میناب علاوه بر اینکه از نظر کمی در شرایط بحرانی قرار دارد، از نظر کیفی نیز در معرض خطر باشد که با ادامه‌دار بودن این وضعیت، متأسفانه به تدریج شاهد مرگ آبخوان میناب خواهیم بود.

بررسی میزان pH خاک در نمونه‌های برداشت‌شده از سه گمانه حفاری‌شده در منطقه بیان می‌کند که میزان این پارامتر در کل منطقه بیش از ۸ است و این اتفاق قلیایی بودن خاک منطقه را نشان می‌دهد. بررسی دقیق‌تر میزان pH خاک نشان می‌دهد میزان این پارامتر در محل گمانه BH3 بیشتر از نقاط دیگر است. دلیل این اتفاق را شاید بتوان به بالابودن سطح آب و نفوذ آب دریا به منطقه مرتبط دانست. البته، در کل زیادبودن pH در منطقه را می‌توان ناشی از وجود رسوباتی همچون سولفات کلسیم و املاح شور و سدیمی دانست.

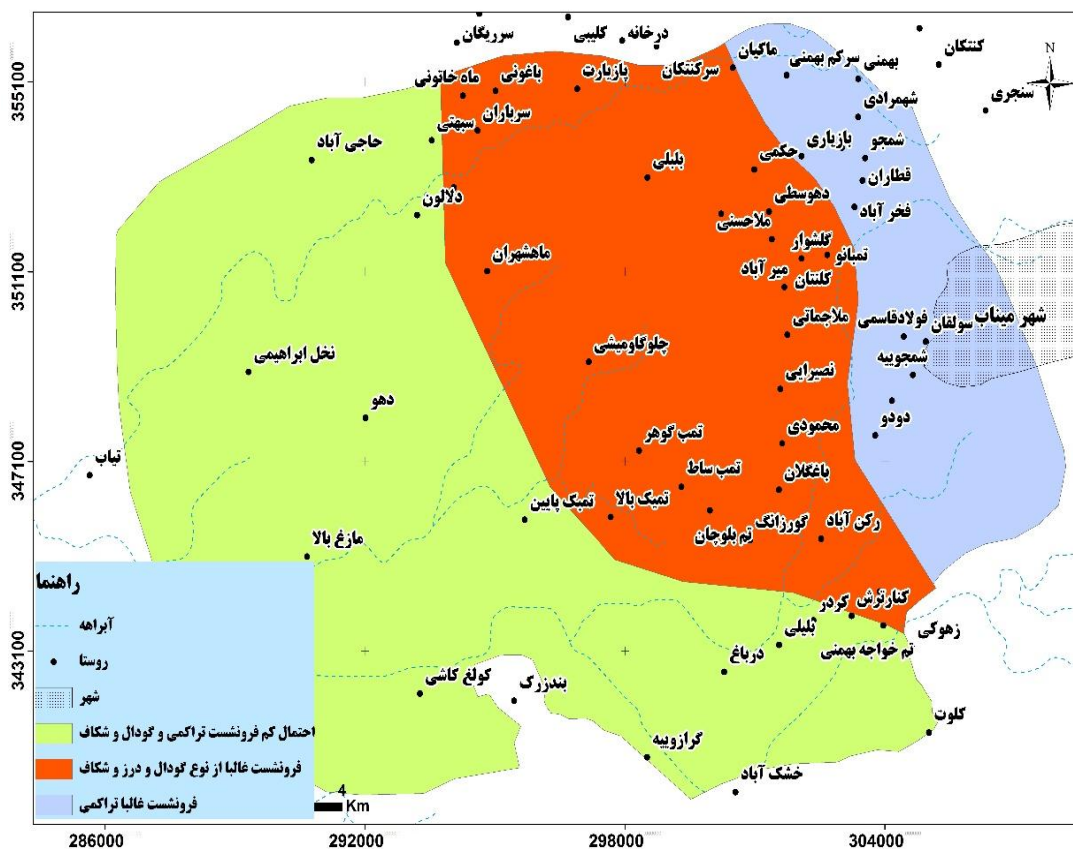
به‌طور کلی، بررسی آنالیز شیمیایی خاک گمانه‌ها نشان می‌دهد درصد کلر و سولفات در محل گمانه BH1 بیشتر از سایر مناطق است (جدول ۱). این موضوع می‌تواند نشان دهد میزان رسوبات سولفاته (همچون سولفات کلسیم) که قابلیت انحلال دارند در این منطقه بیشتر از بخش‌های ابتدایی و انتهایی آبخوان است. وجود این رسوبات در بخش میانی دشت نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل بروز عوارض شدید فرونشست در سطح منطقه باشد.

غربی آبخوان به سمت دریا با توجه به بالا بودن عمق سطح آب، احتمال وقوع فرونشست کمتر است. در بخش‌های ابتدایی آبخوان نیز با توجه به اینکه رسوبات غالباً دانه‌درشت هستند و ضخامت آبرفت به نسبت زیاد است، فرونشست بیشتر از نوع تراکم لایه‌های آبرفتی وجود دارد. در بخش مرکزی دشت احتمال ایجاد گودال و درز و شکاف‌ها با شدت زیاد وجود دارد.

به‌طور کلی، آبخوان میناب هم‌زمان با پدیده فرونشست و پیشروی آب شور مواجه است و بی‌توجهی به این موضوع موجب نابودی آبخوان خواهد شد. از این رو، توجه هرچه بیشتر به این آبخوان و برنامه‌ریزی مناسب به‌منظور جلوگیری از نابود شدن آبخوان یکی از اقدامات ضروری است. از طرفی، با توجه به اینکه بخشی از نیاز آب شرب شهر بندرعباس از محل آبخوان میناب تأمین می‌شود، احداث و راه‌اندازی سیستم‌های آب‌شیرین‌کن در این منطقه می‌تواند کمک فراوانی به آبخوان میناب کند.

افت سطح آب زیرزمینی منطقه و در نتیجه کاهش فشار هیدرواستاتیکی در خلل و فرج موجود، مهم‌ترین عامل در ایجاد فرونشست آبخوان میناب است. افت فشار هیدرواستاتیک در آبخوان سبب شده که رسوبات بخش آبخوان توان نگهداری فشار وارد شده ناشی از رسوبات بالایی را نداشته باشند و در نتیجه دچار تراکم شوند.

تراکم رسوبات آبرفتی، وجود خاک‌های مسئله‌دار (خاک تورم‌پذیر و انحلال‌پذیر) و نشست نامتوازن به‌دلیل وجود لایه‌های با تراکم‌پذیری متفاوت به واقعیت منطقه نزدیک است که البته هر سه مورد می‌تواند هم‌زمان وجود داشته باشد. افت سطح آب زیرزمینی در هر صورت با تراکم آبرفت‌ها همراه خواهد بود که البته این موضوع در ابتدای آبخوان و جایی که رسوبات دانه‌درشت‌ترند بیشتر نمود دارد و در مناطق میانی و انتهایی آبخوان که رسوبات از سیلت رس تشکیل شده‌اند، کمتر مشاهده می‌شود. براساس بررسی‌های انجام شده می‌توان منطقه را از نظر خطر فرونشست به سه بخش تقسیم کرد: در محدوده‌های



شکل ۲۰. پهنه‌های تقریبی فرونشست

## منابع

- [1].faunt C C, Sneed M, Traum j, Brandt J T. "Water availability and land subsidence in the Central Valley, California, USA," *hydrogeol*, 2016, pp. 675-684.
- [2].Phien-wej, N, Giao, P.H, Nutalaya, P. "Land Subsidence In Bangkok, Thailand". *Engineering Geology* 2006, 82: 187– 201.
- [3].Abbas Nejad A. "Review of the Situation and Issues of the Geology of the Environment of Rafsanjan Plain," in the Second Conference of the Geological Society of Iran, 1998. [Persian]
- [4].Mahmoudpour M, Khomehchiyan M, Nikudel M R, Ghassemib M R. "Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran.," *Engineering Geology*, 2016, vol. 201, pp. 6-28.
- [5].Parhizkar S, Ajdary K, Kazemi G A, Emamgholizadeh S. "Predicting water level drawdown and assessment of land subsidence in Damghan aquifer by combining GMS and GEP models," *Geopersia*, 2015, pp. 63-80.
- [6].Sharifi Kia M, Afzali A, Shayan S. "Extraction and evaluation of the effects of geomorphologic phenomena caused by subsidence in Damghan plain," *Quantitative geomorphology studies*, 2015, pp. 60-74. [Persian]
- [7].Salehi R, Ghafouri M, Lashgipur Gh, Peasant M. "Investigation of subsidence of South Mahyar Plain Using Radar interferometry method," *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 2013, pp. 47-57. [Persian]
- [8].Al Khamis R, Karimi Nasab S, Ariana F. "Investigating the Effect of subsidence Due to Groundwater Drainage on the Damage of Pipeline," *Water and Wastewater*, 2006, pp. 77-88. [Persian]
- [9].Entezam A, Ghasemi A, Yousefi T, Shafiei M. "Investigating the sinkholes and gaps of the Ayj plains of Fars province," *Geological Survey & Mineral Exploration of Iran*, 2015. [Persian]
- [10]. Entezam Soltani A, Ghasemi A. "The study of longitudinal gaps in the Golestan Autonomous Region," *Geological Survey & Mineral Exploration of Iran*, 2009. [Persian]
- [11]. Mirtamizdost M, Qassemi A. "Land subsidence survey and construction damage in Shahadat neighborhood of Ray", *Geological Survey & Mineral Exploration of Iran*, 2011. [Persian]
- [12]. Ghasemi A, Mirtamizdost M. "Investigating the phenomenon of longitudinal gaps in agricultural land of Moin Abad village, Varamin County," *Geological Survey & Mineral Exploration of Iran*, 2010. [Persian]
- [13]. Jiriyaei Sharahi H. "Maintenance of land subsidence with Radar Interference Technique in Minab Plain," *Hormozgan University. Master's thesis*, 2016. [Persian]
- [14]. Turkmani Tambaki H. "Land subsidence in the plain of Minab and its relation to the decline of groundwater level", *Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch*, 2016. [Persian]
- [15]. Bemany Ahmadabad M, Ashjary J, Yaqubi A, malek Abbaslu A. "Study of the cause of subsidence in the Coastal aquifer of Minab Plain," *6th National Conference on Iranian Water Resources Management*, 2016. [Persian]
- [16]. Bahrami S, Bazrafshan O. "Factors Affecting land subsidence in the Plain of Minab," *4th International Conference on Environmental Planning and Management*, 2017. [Persian]
- [17]. Debiwand R, Shahnazari AS, Fazl Ovla R. "Simulation of saline water advancement on coastal aquifers in the Lahijan-Chaboksar area," *University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Sari*, 2011. [Persian].
- [18]. Jafari F, Eftekhari M. "Investigating the exchange of water and the influence of the saline water of Lake Urmia on neighboring aquifers" *Water Management and Irrigation*, Volume 3, Issue 1, pp. 29-47, 2013. [Persian]
- [19]. Rahimi H, Abbasi N. *Geotechnical Engineering, Troublesome Soil*, Tehran: Tehran University Press, 2014. [Persian]