

نشست زمین در دشت منوجان (جنوب استان کرمان) : عوامل، اثرات و پهنه‌بندی

بهنام عباس نژاد

گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

احمد عباس نژاد

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۹

aabbas@uk.ac.ir

چکیده

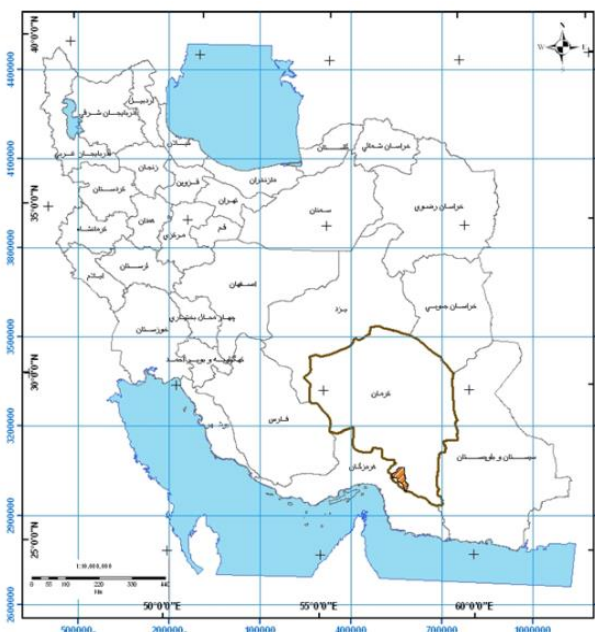
این مقاله پدیده نشست زمین در دشت منوجان را مورد بررسی قرار می‌دهد. این دشت با وسعت حدود ۵۰۰ کیلومترمربع در محدوده عرض جغرافیایی شمالی ۲۷' و ۲۷° تا ۳۵' و ۲۷° و طول جغرافیایی شرقی ۳۰' و ۵۷° تا ۴۰' و ۵۰°، در جنوب استان کرمان قرار گرفته است و در بخش‌هایی از آن نشست زمین به صورت پیدایش شکاف‌های نسبتاً فراوان تظاهر پیدا کرده است. در این مطالعه، ابتدا با انجام بررسی‌های صحرایی محدوده‌های دارای شکاف شناسایی و با GPS و کمپاس نقشه‌برداری شدند. سپس بر اساس شواهد صحرایی و شواهد زمین‌شناختی، زمین‌فیزیکی، زمین‌ریخت‌شناسی و آب‌زمین‌شناسی مشخص شد که نشست زمین به علت مترکم شدن رس‌ها ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی صورت گرفته است که خود معلول حفر تعداد زیادی چاه و پمپاژ بیش از حد آب زیرزمینی است. در نهایت، بر اساس این یافته‌ها نقشه پهنه‌بندی خطر متشکل از واحدهای پرخطر (دارای شکاف)، با خطر متوسط (مستعد به ایجاد شکاف)، کم‌خطر (کمتر مستعد به ایجاد شکاف) و بدون خطر (نا مستعد برای ایجاد شکاف) تهیه گردید. این نقشه مبنای مناسبی برای مقابله با این خطر و کاهش ریسک آن می‌باشد. لازم است سازه‌ها در محدوده‌های پرخطر و خطر متوسط در برابر نشست زمین مقاوم ساخته شوند. البته در صورت جلوگیری از ادامه افت سطح آب‌های زیرزمینی، ممکن است بتوان جلوی ایجاد شکاف در واحد با خطر متوسط را گرفت. در مجموع، کاربرد مهم نقشه پهنه‌بندی حاصله در پروژه‌های عمرانی و کاربری زمین می‌باشد.

کلمات کلیدی: نشست زمین، منوجان، کفه رسی، مدیریت منابع آب زیرزمینی، شکاف‌های زیرزمینی، آب از دست دهی رس‌ها

مقدمه

دشت منوجان با وسعت حدود ۵۰۰ کیلومترمربع در جنوب شرق ایران و جنوب استان کرمان واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط آن ۴۰۴ متر از سطح دریاهای آزاد است و شیب آرامی به سمت جنوب دارد، بطوریکه حداقل ارتفاع منطقه در نقطه خروجی واقع در جنوب شرقی دشت قرار دارد که ارتفاع آن ۳۲۵ متر است. در این دشت، علاوه بر شهر منوجان، چند ده روستا نیز وجود دارند که اهالی آن‌ها به‌طور عمده به کشاورزی می‌پردازند (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، ۱۳۸۵). مهمترین محصولات کشاورزی آن پرتقال، لیموترش، خیار، گوجه فرنگی، پیاز، هندوانه، ماش و عدس می‌باشند (سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳).

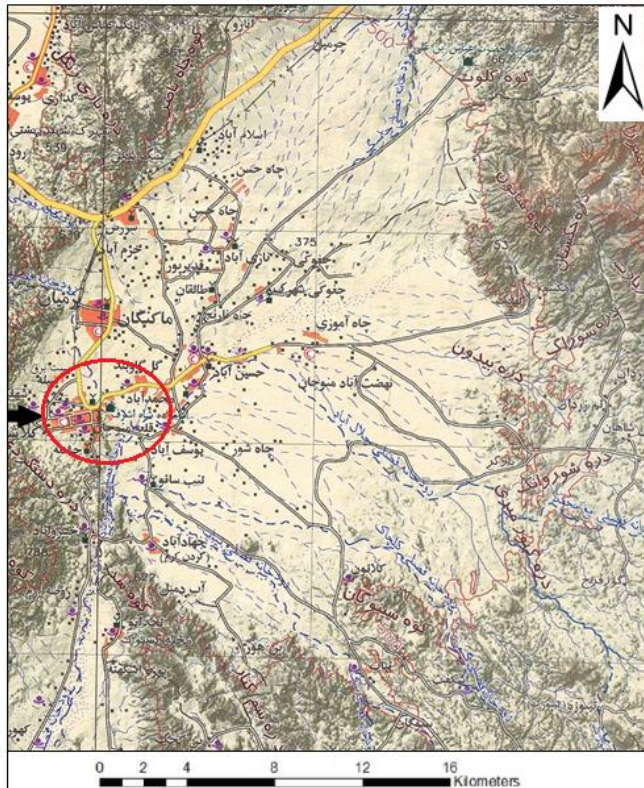
میانگین سالانه دما در دشت منوجان ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد است و بارندگی آن معمولاً از آذرماه شروع می‌شود و در اردیبهشت پایان می‌یابد. دی، بهمن و اسفند پر باران‌ترین ماه‌های منطقه می‌باشند. بارش تابستانی آن ناچیز است و اغلب ناشی از نفوذ اتفاقی باران‌های موسمی هند است. میزان متوسط بارش سالانه در شهر منوجان حدود ۱۸۰ و در سطح دشت حدود ۱۹۰ میلی‌متر است.



شکل ۱. موقعیت دشت منوجان در ایران

زمین شناسی

به لحاظ زمین‌شناختی، منطقه منوجان جایگاه خاصی دارد. این دشت و مناطق اطراف آن از یک طرف در نزدیکی حاشیه جنوب غربی جازموربان قرار دارد. از طرف دیگر در انتهای شمال غربی کوه‌های مکران واقع شده است. در عین حال به لحاظ زمین‌شناسی شباهت‌هایی با زون سنندج-سیرجان دارد، به طوری که بعضی از کارشناسان ادامه این زون را تا منوجان هم در نظر می‌گیرند. این منطقه به انتهای شرقی واحد زاگرس نیز بسیار نزدیک است.



شکل ۲. نقشه توپوگرافی دشت منوجان که در آن شبکه آبراهه‌ها، آبدی‌ها و راه‌های مواصلاتی مشخص شده‌اند.

الف) منشأ دشت

به نظر می‌رسد دشت منوجان یک چاله کششی (Pull-apart) است. بدین ترتیب که ادامه گسل فعال و راستگرد سبزواران که راستای شمالی-جنوبی دارد، در جنوب دشت نسبت به شمال آن به سمت غرب جابجا شده (وضعیت پله به چپ) و شرایط برای تشکیل این دشت به عنوان یک چاله کششی مهیا شده است. ناگفته نماند که بر اساس مسیر احتمالی که سبزه ایی (۱۳۷۳) برای گسل سبزواران در دشت منوجان در نظر گرفته (شکل ۳)، ممکن است این دشت چاله تکتونیکی از نوع خمش کششی (Tensional bend) در مسیر این گسل باشد.

ب) واحدهای زمین‌شناسی اصلی

واحدهای زمین‌شناسی منطقه منوجان قابل تفکیک به چند بلوک اصلی می‌باشند که عبارتند از: بلوک درانار، بلوک آمیزه رنگین، بلوک گوردک، بلوک بجگان، بلوک دورکان و بلوک گنج. بلوک درانار که در حد فاصل بلوک‌های گنج و دورکان قرار دارد از سه واحد شامل کمپلکس بند زیارت، واحد دیباز و کمپلکس

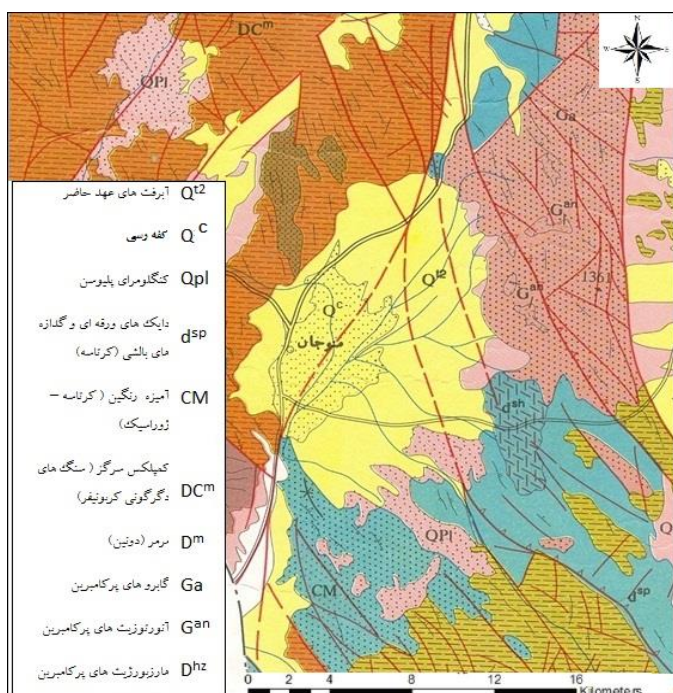
به طور کلی میزان بارندگی در دشت منوجان و کوهستان‌های اطراف ۱۸۰ تا ۲۳۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. رژیم بارندگی این منطقه مدیترانه‌ای است بطوریکه ریزش در فصل زمستان ۱۴۴ میلی‌متر و در فصل تابستان حدود ۲۰ میلی‌متر است (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲).

در این دشت چند جریان سطحی که به صورت موقتی و فصلی می‌باشند از شمال، غرب و شرق به سمت مرکز آن جریان می‌یابند و رودخانه منوجان را تشکیل می‌دهند که به سمت جنوب جریان می‌یابد. این رودخانه در جنوب دشت از طریق مجاری که به لحاظ زمین‌شناختی جدید است از آن خارج می‌شود. در واقع رودخانه منوجان پس از خروج از این دشت وارد دشت جغین شده و رودخانه جغین نامیده می‌شود. این رودخانه سپس وارد دشت رودان گردیده و با الحاق به رودخانه رودان جمعاً رودخانه میناب را تشکیل می‌دهند (افشین، ۱۳۸۳). مسیل‌هایی که در دشت منوجان به رودخانه منوجان متصل می‌شوند عبارتند از: سولنگان (تیاب)، کلچاک، شاه چراغ، چاه سنگ و بارگاه.

اگرچه رژیم رودخانه منوجان دائمی اعلام شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲)، ولی بر اساس بازدیدهای صحرایی انجام شده از منطقه بهتر است به عنوان یک رودخانه فصلی معرفی شود. وسعت حوضه آبرگیر آن در محل خروج آن از دشت منوجان ۱۸۷۰ کیلومترمربع است که حدود ۸۰ درصد آن کوه و مابقی دشت است. رودخانه منوجان در بعضی منابع رود کلوت هم نامیده شده است. حجم بارندگی در حوضه آبرگیر این رودخانه ۳۷۵ میلیون مترمکعب برآورد شده که ۲۶۳/۲ میلیون مترمکعب آن در کوه و ۱۱۱/۸ میلیون مترمکعب آن در دشت نازل می‌شود (شرکت کاوش آبخوان، ۱۳۸۶). در شکل ۲ نقشه توپوگرافی این دشت ارائه شده است. علی‌رغم اینکه این منطقه فاقد رودخانه دائمی است ولی سیلاب‌ها در تغذیه آب زیرزمینی آن نقش مهمی دارند.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (Geological and Mineral survey of Iran 1980, 1983 and 1985) و توسعه پایدار (۱۳۸۰) و شاکر اردکانی (۱۳۸۸) زمین‌شناسی این منطقه را مورد بررسی قرار داده‌اند. بررسی‌های زمین‌فیزیکی منطقه برای شناخت کاملتر سفره آب زیرزمینی آن با روش ژئوالکتریک در سال ۱۳۸۱ توسط مهندسی مشاور ژرف پویا صورت گرفته‌اند. مطالعات هواشناسی و آب‌شناسی منطقه توسط مهندسی مشاور آب و توسعه پایدار (۱۳۸۰) و شرکت کاوش آبخوان (۱۳۸۶) انجام یافته است. مطالعات آب‌های زیرزمینی منطقه توسط امور مطالعات آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۷۰ و ۱۳۸۵)، دفتر تلفیق مطالعات آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۷۹)، دفتر مطالعات آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۷۰)، شرکت پویان شیراز (۱۳۸۵)، شرکت کاوش آبخوان (۱۳۸۶)، زاینده رودی (۱۳۸۹)، شفیع (۱۳۹۰) و دفتر مطالعات پایه منابع آب (۱۳۹۲) صورت گرفته است. نقدی نژاد (۱۳۹۲) کیفیت آب‌های زیرزمینی این دشت را مورد بررسی قرار داده است. پدیده نشست زمین و ایجاد شکاف توسط منابع مختلف، از جمله (Tison (1969), Poland (1984), Chilingarian et al. (1984), Whittaker and Reddish (1989), Allen (1984) و Gambolati et al. (2005) مورد بررسی قرار گرفته است.

واحدهای منتسب به ائوسن در منطقه منوجان شامل واحد بیدک، واحد کم سفید، واحد ماریچ و واحد رسوبی ائوسن می‌باشند. آن‌ها به‌طور عمده در کوهستان‌های جنوب شرق این دشت رخنمون دارند. واحد بیدک از ماسه‌سنگ، سیلت سنگ و مادستون تشکیل شده و سن آن ائوسن زیرین است. سن واحد کم سفید ائوسن و احتمالاً الیگوسن زیرین است و رخنمونی در حاشیه دشت منوجان ندارد. این واحد از سنگ‌آهک، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، شیل، گدازه و توف تشکیل شده است. واحد ماریچ در جنوب شرق دشت رخنمون دارد و شامل شیل، ماسه سنگ، آهک بیوکلاستیک، سیلت سنگ و کنگلومرا است. واحدهای رسوبی ائوسن نیز عبارتند از: ماسه‌سنگ، سیلت سنگ، شیل، سنگ‌آهک و کنگلومرا. (Geological and Mineral survey of Iran, 1980, 1983 and 1985) رخنمون‌های آن در مجاورت دشت دیده نمی‌شوند.



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه منوجان، از سبزه ئی (۱۳۷۲) با اندکی تغییرات

در دشت منوجان، پلیوکواترن شامل کنگلومراهای سست، آبرفت‌های مخروط افکنه ای قدیمی و جدید، رسوبات کفه‌ای، آبرفت‌های بستری و کمی ماسه‌بادی است. کنگلومراهای سست به‌طور عمده در جنوب و جنوب شرق دشت گسترش دارند. آن‌ها قابلیت ذخیره و انتقال آب زیرزمینی را داشته و احتمالاً بخش عمقی سفره آب زیرزمینی دشت را تشکیل می‌دهند. آبرفت‌های مخروط افکنه ای قدیمی که جوانتر از کنگلومراهای سست می‌باشند، به‌طور عمده در شرق دشت منوجان به چشم می‌خورند. آن‌ها نیز کمابیش در زیر رسوبات جوان دشت وجود داشته و بخشی از سفره آب زیرزمینی آن را تشکیل می‌دهند. آبرفت‌های مخروط افکنه ای جدید محصول رسوبگذاری در بستر مسیل‌ها (به‌ویژه در سطح مخروط افکنه های حاشیه‌ای) بوده و به دلیل نفوذ دادن سیلاب‌ها به عمق در تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت منوجان نقش دارند.

درانار تشکیل گردیده که مجموعاً یک توالی افیولیتی را به وجود می‌آورند. بلوک آمیزه رنگین مجموعه‌ای به سن کرتاسه-پالئوسن بوده و مرز آن با کمپلکس بجگان یک گسل معکوس است.

بلوک گوردک از قطعات عدسی شکلی از فلیش‌های ائوسن تشکیل شده که توسط یک گسل معکوس بزرگ زاویه روی بلوک انگهران رانده شده است. بلوک بجگان، به صورت یک قطعه فلسی شکل (Imbricate) بین کمپلکس دورکان و کمپلکس آمیزه رنگین است ولی بلوک دورکان از توالی رسوبات فلات و شیب قاره کمپلکس دورکان (به سن پالئوزویک-کرتاسه) تشکیل شده که در زیر رسوبات تخریبی-توریدایی معروف به واحد مریچ (Merich) به سن ائوسن قرار دارد (Geological and Mineral survey of Iran, 1980).

بلوک گنج از کمپلکس گنج و ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک‌های کرتاسه بالایی تشکیل شده و در حد فاصل بلوک دورکان در جنوب و چاله جازموریان در شمال واقع شده است. گسل درانار با روند NW-SE در مرز آن با بلوک دورکان قرار دارد.

ج) واحدهای سنگی

واحدهای سنگی اطراف دشت منوجان در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. آن‌ها عبارتند از: واحدهای کرتاسه-پالئوسن، واحدهای ائوسن و واحدهای پلیوکواترن. واحدهای کرتاسه-پالئوسن شامل کمپلکس گنج، کمپلکس دورکان، کمپلکس درانار، آمیزه‌های رنگین، توده‌های نفوذی و کمپلکس بجگان می‌باشند. سن کمپلکس گنج کرتاسه است و از گدازه‌های تفکیک نشده بازیک تا حد واسط، توده‌های نفوذی، رسوبات توریدایی و توف تشکیل شده است. بر اساس مطالعات شاکر اردکانی (۱۳۸۸)، سنگ‌های موجود در کمپلکس گنج به لحاظ فراوانی به ترتیب شامل سنگ‌های آتشفشانی (به صورت روانه‌های گدازه‌ای و گدازه‌های بالشی)، سنگ‌های نیمه عمیق با ساختار دایکی و سنگ‌های نفوذی می‌باشند.

رخنمون‌های زیادی از کمپلکس دورکان در جنوب دشت منوجان به چشم می‌خورند و با توجه به روند گسترش آن‌ها، به نظر می‌رسد در زیر رسوبات دوران چهارم بخش‌های مرکزی دشت منوجان هم ادامه دارند و سنگ کف اصلی سفره آب زیرزمینی این دشت می‌باشند. این واحد در واقع معجونی از سنگ‌های رسوبی (شیل، ماسه‌سنگ و سیلت سنگ)، دگرگونی (شیست، فیلیت و آتشفشانی‌های دگرگون شده) و توده‌های نفوذی کوچک است. کمپلکس درانار به طور کلی از گدازه‌های بالشی، آهک پلاژیک، چرت، کمی رسوبات ماسه‌ای و توده‌های نفوذی تشکیل شده و سن آن کرتاسه-پالئوسن زیرین است (Geological and Mineral survey of Iran, 1983).

واحد آمیزه رنگین در کوه زندان واقع در جنوب منوجان گسترش زیادی دارد و از رسوبات پلاژیک، سنگ‌های آتشفشانی، سنگ آهک، فیلیت و سنگ‌های آذرین درونی تشکیل شده است. در این منطقه، توده‌های نفوذی کرتاسه زیرین تا پالئوسن زیرین متشکل از دونیت و گابرو نیز وجود دارند که کمپلکس بندزیارت را تشکیل می‌دهند. این توده‌های نفوذی در جنوب شرق دشت منوجان به چشم می‌خورند. کمپلکس بجگان در دامنه‌های غرب دشت منوجان دیده می‌شود و به طور عمده از شیست، سنگ‌آهک متبلور، فیلیت و متابازیک‌ها تشکیل شده و ممکن است در قسمتی از غرب این دشت سنگ کف را تشکیل داده باشد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۹۸۳).

مخروط افکنه تیاب را ساخته است. به علت درشت بودن آبرفت‌ها، خطر نشست زمین در سطح مخروط افکنه‌های دشت کم است. بخش مرکزی و میانی دشت منوجان به طور عمده از سطوح کفه ای رسی تشکیل شده است. توسعه سطوح کفه ای در جنوب دشت بیشتر است. رس‌های این کفه در محیط آب راکد نهشته شده‌اند، زیرا که این دشت در گذشته نه چندان دور فاقد خروجی بوده و آب‌های سطحی در بخش میانی این چاله جمع می‌شده‌اند. رنگ خاکستری تیره رس‌ها مؤید این نظر است. رس‌هایی که در آب راکد نهشته می‌شوند، متخلخل‌تر بوده و در اثر از دست دادن آب بیش از سایر رس‌ها متراکم می‌شوند (Whaltham, 2001).

به علت ایجاد رخنه در جنوب دشت و خروج جریان‌های سطحی در طی چند هزار سال گذشته، آبراهه‌های عبوری از سطح این دشت کفه رسی را در حد چند متر بریده‌اند و مسیل‌هایی با بستر شنی-ماسه‌ای در بخش‌هایی از سطح کفه رسی آن به وجود آورده‌اند.

زمین فیزیکی

مطالعات زمین فیزیکی به این دلیل که اطلاعاتی از تعداد و ضخامت لایه‌های مختلف به دست می‌دهند در ارزیابی علت و مکانیسم نشست زمین می‌توانند بسیار مفید باشند. در مواردی نظیر دشت منوجان که لاگ‌های زمین‌شناسی مناسب و قابل اعتماد از رسوبات به وجود آورنده سفره آب زیرزمینی وجود ندارند، آنها می‌توانند در شناسایی لایه‌های آبدار و آببند (Aquicludes) و موقعیت و ضخامت آنها بسیار مؤثر باشند. از آنجا که نشست زمین در سفره‌های آبرفتی دشت‌ها ناشی از افت فشار در سفره‌های محصور و یا انقباض و تراکم رس‌ها است، اطلاعات زمین فیزیکی در ارزیابی نقش این دو می‌توانند مفید باشند (Allen, 1984). مطالعات زمین فیزیکی سفره آب زیرزمینی دشت منوجان در سال ۱۳۸۱ توسط مهندسین مشاور ژرف پویا انجام گرفته است (مهندسین مشاور ژرف پویا، ۱۳۸۱). در این دشت جمعاً ۲۰۷ سونداژ الکتریکی تهیه شده که در ۱۲ پروفیل قرار گرفته‌اند. نتیجه مطالعات به صورت نقشه‌های مقاومت ظاهری با طول فرستنده جریان (AB) در حد ۱۰۰، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ متر، نقشه هم ضخامت آبرفت و نقشه مقاومت عرضی به انضمام مقاطع ژئوالکتریک آن ارائه شده‌اند. مقاطع به طور عمده در راستای شمال غرب- جنوب شرق تهیه گردیده‌اند.

نقشه مقاومت مخصوص ظاهری با $AB=100$ متر به‌طور عمده مقاومت ظاهری نهشته‌ها تا عمق حدود ۲۵ متر را به دست می‌دهد. ارقام مقاومت ظاهری بیش از ۵۰ اهم متر در شمال و شمال شرق و حواشی ارتفاعات قرار دارند. در این نقشه محدوده‌های کمتر از ۲۰ اهم متر که در جنوب شرق منوجان واقع شده‌اند حاکی از رسوبات دانه ریز (رس) در عمق کم می‌باشند که به لحاظ امکان تراکم ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی و ایجاد شکاف در سطح زمین بسیار اهمیت دارند. سایر نقشه‌های مقاومت مخصوص ظاهری نیز حاکی از وجود لایه‌های رسی در عمق بیشتر، به‌ویژه در بخش‌های مرکزی این دشت، می‌باشند. نقشه ضخامت آبرفت که از تفسیر برداشت‌های ژئوفیزیکی تهیه شده مبین تغییرات شدید در عمق سنگ کف این منطقه، و به تبع آن، در ضخامت آبرفت‌های تشکیل‌دهنده این دشت است. ضخامت آبرفت در بخش عمده این دشت در حد ۱۰۰ تا ۱۴۰ متر است که به سمت حواشی کاهش می‌یابد. ضخامت آن در بعضی نقاط شمال و جنوب شرق تا به ۲۲۰ متر هم می‌رسد.

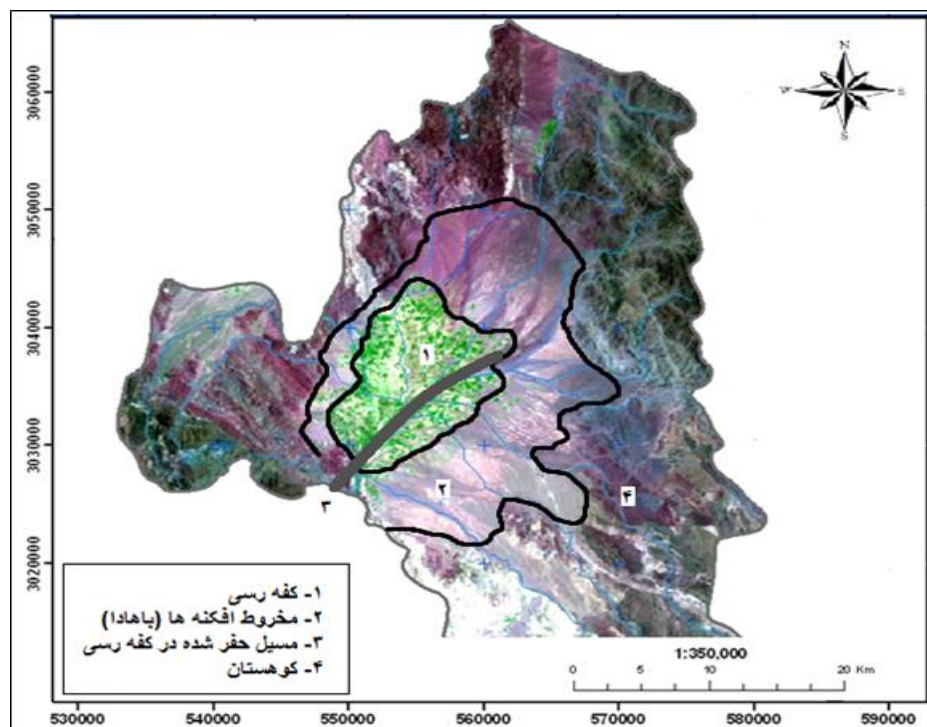
بخش‌های مرکزی و غربی دشت منوجان از رسوبات کفه‌ای متشکل از رس و کمی سیلت و ماسه تشکیل شده که از حاصلخیزی بالایی برخوردار می‌باشند. بر اساس شواهد صحرایی، در گذشته نه چندان دور، سیلاب‌های ورودی به دشت منوجان امکان خروج از این دشت را نداشته‌اند و با انباشت رس‌ها در بخش میانی دشت، این رسوبات کفه‌ای را برجای گذاشته‌اند. این واحد از جنبه خطر نشست زمین اهمیت زیادی دارد چون شکاف‌های ناشی از نشست تنها در بخش‌هایی از آن دیده می‌شوند. در سطح این واحد چند تلماسه بادی نیز دیده می‌شوند. آبرفت‌های بستری جوانترین رسوبات دشت منوجان را شامل می‌شوند که آن‌ها نیز در نفوذ سیلاب‌ها به سمت عمق و تغذیه سفره این دشت نقش دارند.

د) تکتونیک

روند کلی گسترش واحدهای سنگی و ساخت‌های زمین‌شناسی در این منطقه شمال غرب- جنوب شرق است ولی امتداد کلی گسل سبزوآران که از این دشت عبور می‌کند، شمال- جنوب می‌باشد. همانگونه که اشاره شد، می‌توان دشت منوجان را یک چاله کششی ناشی از وضعیت پله به چپ یا چاله از نوع خمشی کششی در مسیر گسل سبزوآران دانست. گسل‌های اصلی در کوهستان‌های جنوب شرق از نوع معکوس تا تراستی می‌باشند که در جهت NW-SE ادامه دارند، ولی آن‌ها در شمال این دشت جهت NS را به خود می‌گیرند. با توجه به گسترش واحد کنگلومرای سست در جنوب دشت منوجان، احتمالاً این چاله تکتونیکی ابتدا در جنوب محل فعلی ظاهر شده که به تدریج به علت بالا آمدن کوه‌های جنوب شرق و یا نشست بیشتر زمین در شمال، مرکز چاله به سمت شمال مهاجرت کرده است. در این منطقه، واحدهای سنگی قدیمی‌تر از پلیوکواترن به شدت تکتونیزه و درهم ریخته شده‌اند. توپوگرافی منطقه از دو رشته کوه موازی و متشکل از کمپلکس دورکان تشکیل شده که امتداد آن‌ها NW-SE است و در شمال غرب نیز به هم می‌پیوندند. در ضمن، در این منطقه تمام گسل‌های اصلی شیب تندی به سمت شرق دارند به‌طوری‌که به نظر می‌رسد بلوک‌ها از شرق به غرب روی هم رانده شده‌اند. در پایان این مبحث خاطرنشان می‌سازد که مقاطع ژئوفیزیکی آبرفت‌های دشت حاکی از وجود گسل‌هایی در رسوبات کواترن است. گسل سبزوآران که در تشکیل این دشت نقش کلیدی داشته است توسط (Regard et al., 2005) و شیخ الاسلامی و همکاران (۱۳۹۲) مورد مطالعه قرار گرفته است.

زمین ریخت شناسی

واحدهای زمین ریخت شناسی اصلی دشت منوجان عبارتند از: کوهستان، مخروط افکنه‌ها، سطوح کفه‌ای و مسیل‌های حفر شده در سطوح کفه‌ای (شکل ۴). کوه‌های اطراف دشت منوجان به‌طور عمده از سنگ‌های آتشفشانی و دگرگونی تشکیل شده‌اند و ارتفاع میانگین آن‌ها حدود ۷۰۰ متر است. بریدگی شدید آن‌ها مبین جوان بودن و فرسایش شدید آنهاست. در شرق دشت منوجان سه مخروط افکنه بزرگ اصلی وجود دارد که حاصل ورود سیلاب‌های کوه‌های شرق دشت می‌باشند. آنها عبارتند از: مخروط افکنه‌های بیدون، جلال‌آباد و کلچک. مخروط افکنه‌های شرق دشت به شدت توسط مسیل‌های خود بریده شده‌اند. در شمال دشت، مخروط افکنه بزرگ رودخانه فصلی جاسک قرار دارد و در غرب دشت نیز سه مخروط افکنه اصلی به چشم می‌خورد که محصول رسوبگذاری توسط مسیل‌هایی است که از این سمت وارد دشت می‌شوند. آنها عبارتند از: مخروط افکنه‌های دره پهن، سور و نایبیز. در جنوب دشت تنها یک آبراهه وارد می‌شود که



شکل ۴. در این تصویر ماهواره‌ای واحدهای زمین ریخت شناسی دشت منوجان به خوبی قابل تشخیص می‌باشند (قسمت سبز کفه رسی و سطوح صاف اطراف آن مخروط افکنه‌ها می‌باشند)

نقشه تراز سطح آب زیرزمینی دشت منوجان در مهر ماه ۱۳۹۲ در شکل ۵ نشان داده شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲). با توجه به این نقشه، آب‌های زیرزمینی از شمال، شرق و غرب به سمت مرکز این دشت جریان دارند و از آنجا به سمت نقطه خروجی یعنی جنوب دشت حرکت می‌کنند. بهره‌برداری بیش از حد باعث تشکیل مخروط افت وسیعی در مرکز و جنوب دشت شده است. در گذشته در این محدوده به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی، یک کفه رسی مرطوب وجود داشته است. میزان قابلیت انتقال این سفره از حداکثر ۱۶۰۰ مترمربع در روز در شرق این دشت (در محدوده مخروط افکنه رودخانه چاه سنگ) تا مقادیر ناچیز در حواشی آن متغیر است.

نقشه عمق آب زیرزمینی در سال آبی ۹۲-۹۱ در شکل ۶ ارائه شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲). در مجموع، عمق آب زیرزمینی از مناطق تغذیه در حواشی دشت به سمت مناطق تخلیه در جنوب آن کاهش می‌یابد. عمق آب زیرزمینی در دشت منوجان از حداکثر ۱۲۰ متر در بعضی نقاط حاشیه‌ای تا حداقل کمتر از ۲۰ متر در محل خروجی آب در جنوب دشت متفاوت است.

به لحاظ ارزیابی نشست زمین، میزان افت سطح آب زیرزمینی اهمیت زیادی دارد. نقشه مقدار افت سطح آب زیرزمینی این دشت برای محدوده زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ در شکل ۷ درج شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲). بر اساس آن بیشترین میزان افت در حد ۱۰ تا ۱۶ متر در محدوده شمال شرق تا جنوب غرب آن دیده می‌شود که تراکم زیاد چاه‌ها در

هیدروژئولوژی

سفره آب زیرزمینی دشت منوجان محصول نفوذ آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی بستر دره‌های حاشیه دشت و احتمالاً نفوذ آب‌های زیرزمینی کوهستانی از طریق گسل‌های حاشیه‌ای به داخل آبرفت‌های جمع شده در این چاله است. تجمع آبرفت‌ها در طی پلیوکواترنر صورت گرفته است. اگرچه چاه آرتزین در این دشت گزارش نشده اما لایه‌های رسی در میان آبرفت‌ها (مخصوصاً به سمت مرکز این دشت) احتمال وجود سفره آب زیرزمینی تحت فشار را افزایش می‌دهند. دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۹۲) سفره آب زیرزمینی این دشت را آزاد در نظر گرفته است.

با توجه به تنوع واحدهای سنگی حاشیه دشت منوجان می‌توان انتظار داشت که سنگ کف آن متفاوت باشد. بطوریکه احتمالاً در نقاط مختلف دشت شامل کمپلکس بجگان، توده‌های آذرین و حتی آمیزه رنگین است. دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۹۲) سنگ کف بخش مرکزی دشت را با احتمال قوی از نوع مارن و کنگلومرای پلیوسن معرفی کرده است که با توجه به سیمان شدگی ضعیف این کنگلومراها، آنها بخشی از سفره محسوب می‌شوند لذا بهتر است سنگ کف در نظر گرفته نشوند. همراه بودن مارن با این کنگلومراها هنوز ثابت نشده است. به اعتقاد این دفتر سه گسل تقریباً به صورت موازی در امتداد دشت وجود دارند که عملکرد آنها در به وجود آوردن و شکل گیری سنگ کف موثر بوده است. این گسل‌ها در شمال دشت به هم رسیده و گسل سبزواران را شکل می‌دهند که تا شمال شهر جیرفت ادامه می‌یابد (سبزه ایی، ۱۳۷۳).

نشست زمین

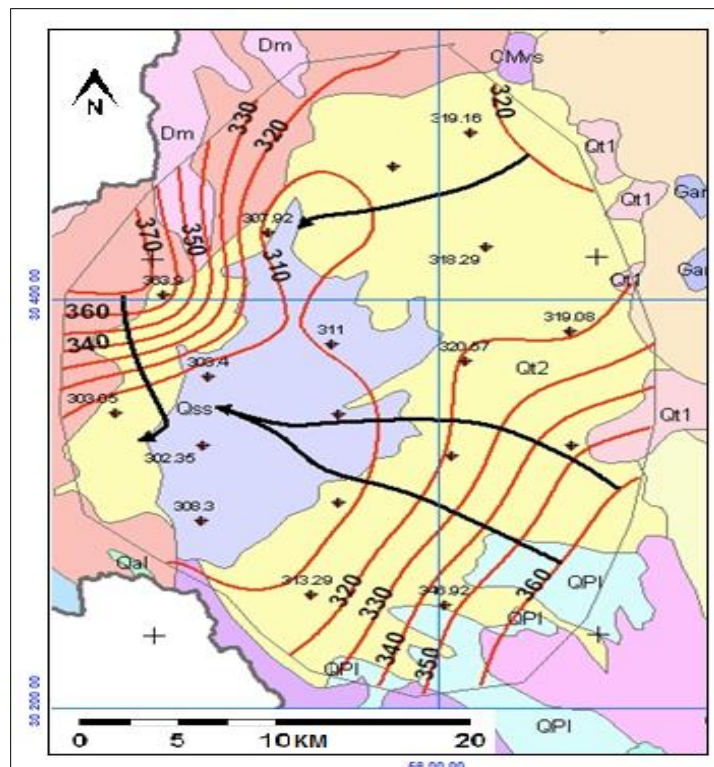
در مطالعات صحرایی نشست زمین در دشت منوجان، ابتدا از طریق پرس و جو از اهالی، مشاوره با کارشناسان آب منطقه‌ای و سایر افراد مطلع و نیز از طریق بررسی‌های صحرایی، محدوده‌های دارای مشکل نشست زمین که اصولاً با وجود شکاف‌های سطحی مشخص می‌شوند، شناسایی گردیدند. در هر محل موقعیت شکاف‌ها با GPS و راستای آن‌ها با کمپاس ثبت گردید. همچنین مشخصات کلی (عمق، پهنا و طول) و اثرات آنها روی ساختمان‌ها، جاده‌ها، دیوارها، باغ‌ها و مزارع نیز یادداشت شدند. بر اساس این مطالعه، محدوده دارای شکاف در این دشت تقریباً در بخش میانی جنوب دشت قرار گرفته است. این جایی است که جریان‌های سطحی از این دشت خارج می‌شوند و دربرگیرنده روستاهای گنج‌آباد، دهنو، شکرآباد و چپل دهنو می‌باشد.

در این منطقه مهمترین نشانه نشست زمین شکاف‌ها هستند که به‌طور عمده در سطوح کف‌های برهنه و مزارع به چشم می‌خورند. ولی نشست زمین به‌صورت ایجاد شکاف در جاده‌ها و ترک در ساختمان‌ها نیز قابل مشاهده است (شکل ۱۱). سایر نشانه‌های نشست نظیر بیرون آمدن ظاهری لوله‌های جدار چاه‌ها و سطوح گود دیده نشدند. زیرا که در مورد اولی چاه‌های این محدوده به‌طور عمده از نوع دستی و کم‌عمق هستند و در مورد دومی، به نظر می‌رسد نشست عمودی و دیفرانسیل به‌طور خفیف صورت گرفته است. در مجموع در این مطالعه نشست زمین در ۱۹ ایستگاه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

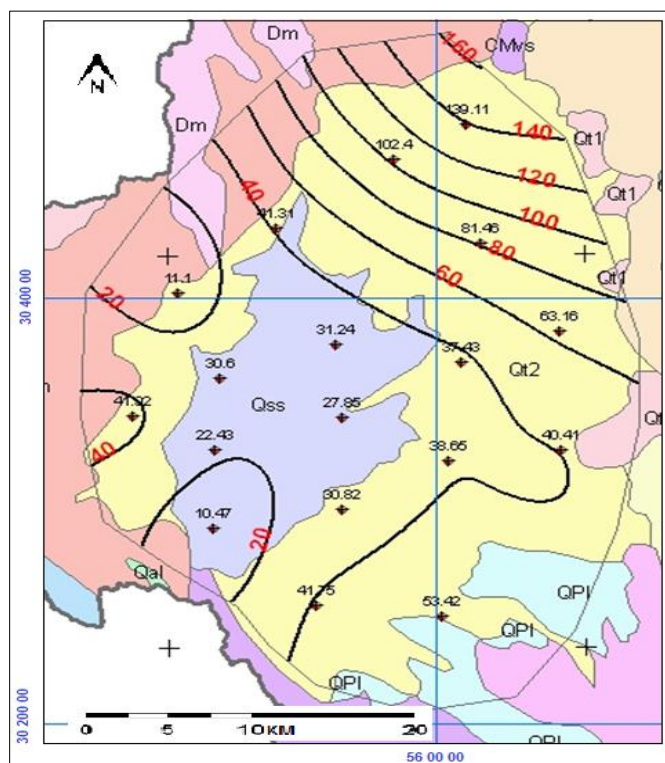
این محور علت اصلی آن است. میزان افت در غرب دشت در حد ۶ - ۲ متر، در شرق آن ۶ متر، در جنوب آن حدود ۶ متر و در مرکز آن ۱۰-۵ متر بوده است. در شکل ۸ هیدروگراف واحد دوره زمانی ۱۱ ساله (سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲) این دشت ارائه شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲). بر اساس آن، سطح آب‌های زیرزمینی طی ۱۱ سال ۱۱/۸۰ متر افت کرده است (هر سال ۱/۰۷ متر). میزان افت از اولین سال‌های حفر چاه (دهه ۱۳۵۰ تاکنون (سال ۱۳۹۳) در حد چندین متر تا چند ده متر در نقاط مختلف برآورد می‌شود. چنین ارقامی مسئول نشست زمین در این دشت می‌باشند. خاطر نشان می‌سازد که از دیگر اثرات افت سطح آب‌های زیرزمینی می‌توان به تشکیل فروچاله (کریمی، ۱۳۹۰) و همچنین افزایش هدایت الکتریکی آب (رستمی زین آبادی و همکاران، ۱۳۹۳) اشاره کرد.

در این دشت تنها دو رشته قنات و سه دهانه چشمه آماربرداری شده که مجموعاً سالانه ۱ میلیون مترمکعب آب را تخلیه می‌کنند. در عوض بر اساس آماربرداری سال ۱۳۹۲ دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۹۲) از تعداد ۲۷۳۵ حلقه چاه موجود در این دشت سالانه ۱۴۴ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی برداشت می‌شود.

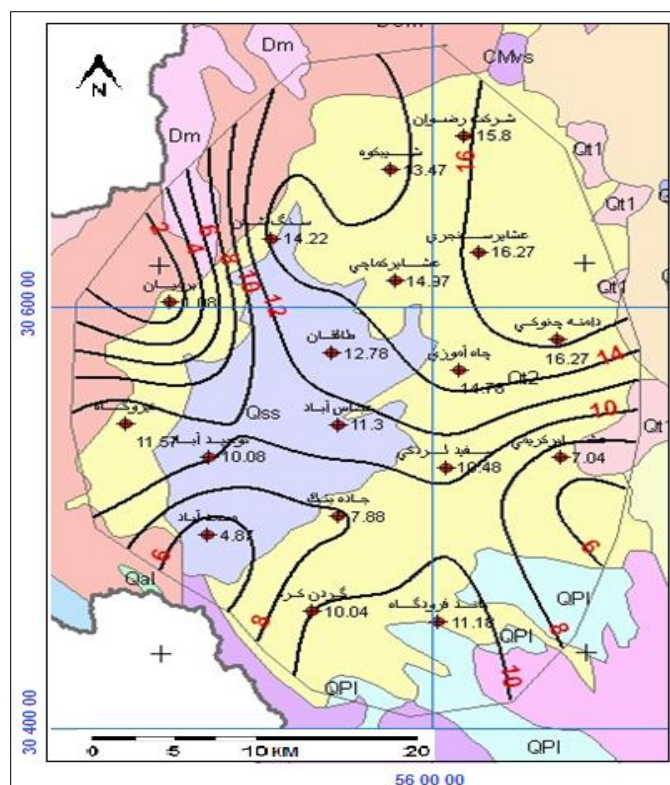
هیستوگرام‌های شکل‌های ۹ و ۱۰ تعداد و میزان تخلیه چاه‌های بهره‌برداری دشت منوجان را در سال‌های آماربرداری مختلف نشان می‌دهد. حفر این تعداد زیاد چاه در این دشت کوچک با حوضه آبرگیر محدود و بارش نسبتاً کم غیرمنطقی است و در آینده منجر به کاهش آبدهی و خشک شدن تعداد زیادی از آن‌ها خواهد شد. افت مداوم ناشی از این چاه‌ها احتمال ادامه نشست زمین در آینده را افزایش می‌دهد.



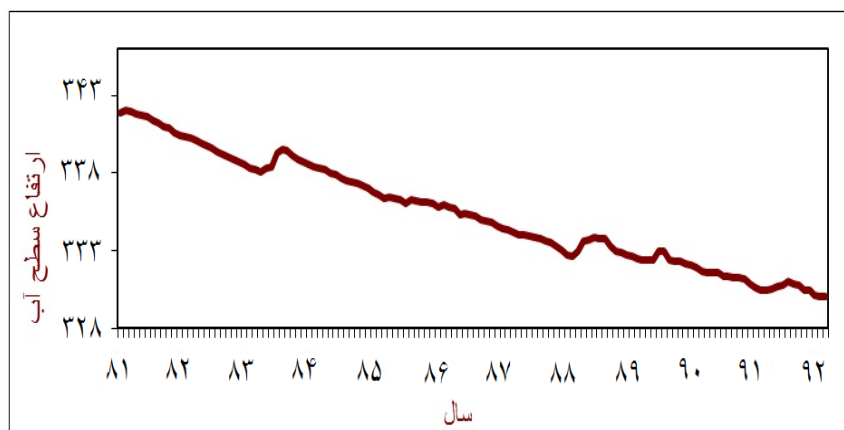
شکل ۵. نقشه تراز سطح آب زیرزمینی دشت منوجان در سال ۹۲ (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲)



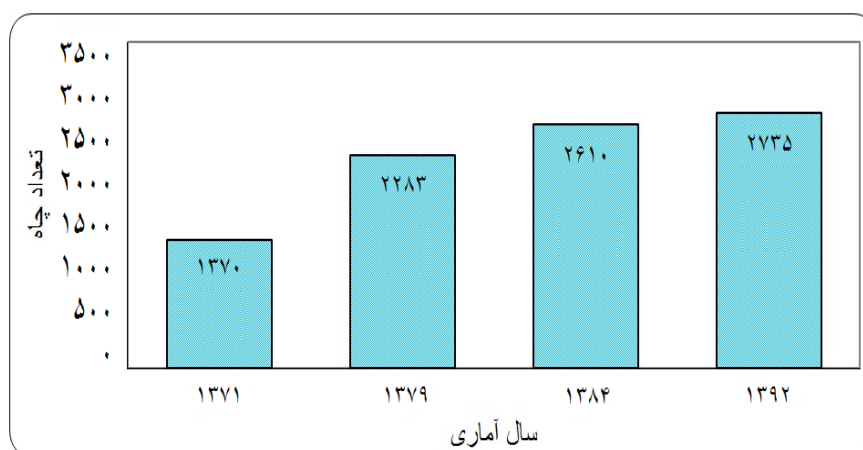
شکل ۶. نقشه عمق آب زیرزمینی دشت در سال آبی ۹۱-۹۲



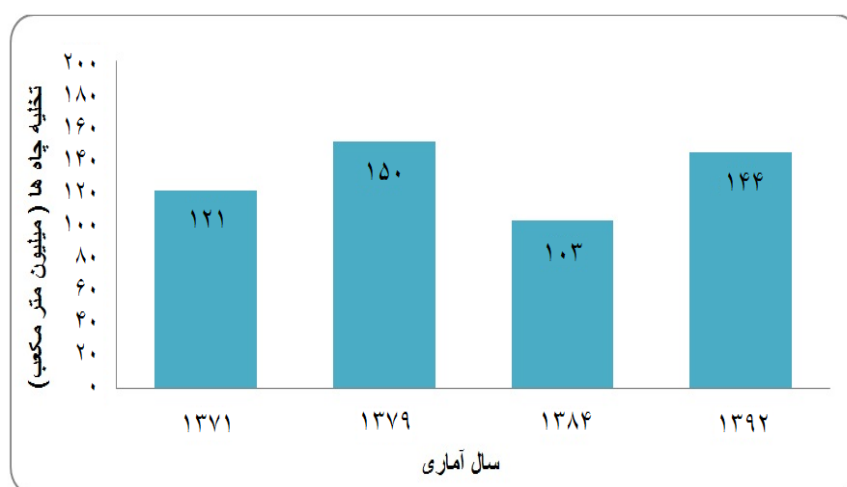
شکل ۷. نقشه مقدار افت سطح آب زیرزمینی در محدوده زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲



شکل ۸. هیدروگراف واحد دشت منوجان برای محدوده زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه ای کرمان، ۱۳۹۲)



شکل ۹. تعداد چاه‌های آمار برداری شده در دشت منوجان در طی سال‌های آمار برداری مختلف (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه ای کرمان، ۱۳۹۲)



شکل ۱۰. میزان برداشت از سفره آب زیرزمینی دشت منوجان در طی سال‌های آمار برداری مختلف (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه ای کرمان، ۱۳۹۲)



(ب)



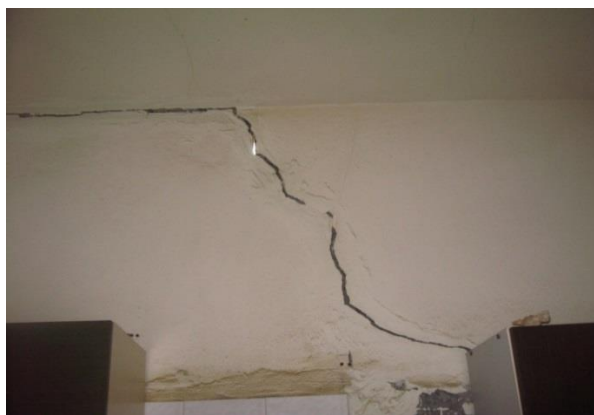
(الف)



(د)



(ج)



(و)



(ه)

شکل ۱۱. نمونه‌هایی از شکاف‌های زمینی در دشت منوجان و اثرات آنها: (الف) ایجاد شکاف در حوالی روستای دهنو، (ب) ایجاد شکاف در محله نخلستان شهر منوجان، (ج) ایجاد شکاف در حوالی روستای توحید آباد، (د) ایجاد شکاف در حوالی قدمگاه حضرت خضر، (و) و (ه) آسیب به ساختمان‌ها در روستای گنج آباد به علت نشست زمین

ولی به دلایل زیر، علت ایجاد درز و شکاف از دست دادن آب رس‌های قبلاً مرطوب سطحی و متراکم شدن آن‌ها بوده است:

۱- شکاف‌ها در محدوده‌ای از دشت که از نوع کفه رسی است به چشم می‌خورند، در حالی بر اساس شواهد زمین فیزیکی که شرایط تحت فشار (سفره محصور)

با توجه به آنچه در مباحث زمین‌شناسی، زمین ریخت شناسی و آب زمین شناسی دشت ارائه گردیده، در این دشت سطوح رسی هم در عمق و هم در سطح (محدوده کفه رسی) وجود دارند که می‌توانند در اثر از دست دادن آب متراکم شده و باعث ایجاد شکاف شوند. لایه‌های آبدار محبوس شده توسط لایه‌های رسی هم می‌توانند در اثر افت سطح آب و افزایش فشار دانه به دانه دچار نشست شوند.

زیرا که کشاورزی تنها منبع درآمد مردم این منطقه محروم و با رشد جمعیتی بالا است (سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان، ۱۳۸۵). لذا اتکای زیاد به کشاورزی موجب حفر چاه‌های زیاد و افت سطح آب زیرزمینی شده است. در واقع ۹۸ درصد آب زیرزمینی برداشتی برای کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه ای کرمان، ۱۳۹۲). در اینجا لازم است توضیح داده شود که شکاف‌ها برای اولین بار در بخشی از دشت که سطح آب زیرزمینی در آن قبلاً نزدیک به سطح زمین بوده و رس‌های آن پوک و غیرمتراکم بوده‌اند، ظاهر شده‌اند. ولی اگر اضافه برداشت آب زیرزمینی ادامه یابد، به احتمال زیاد در سایر قسمت‌های کفه رسی این دشت ظاهر خواهد شد.

پهنه‌بندی خطر نشست زمین

یکی دیگر از اهداف این مطالعه تهیه و ارائه نقشه پهنه‌بندی خطر نشست زمین بوده است تا بر اساس آن هم محدوده فعلی وجود مشکل مشخص شود و هم سایر سطوح مستعد که احتمالاً در آینده درگیر این مشکل خواهند شد شناسایی گردند. در این مطالعه، با شناسایی و به نقشه درآوردن و تفکیک سطوح دارای شکاف، محدوده‌ای که فعلاً دارای مشکل است شناسایی و مشخص گردید و در نقشه پهنه‌بندی (شکل ۱۲) به عنوان محدوده پرخطر معرفی گردیده است. بخش‌هایی از کفه رسی دشت منوجان که فعلاً فاقد شکاف بوده ولی دارای خاک و رسوب کاملاً رسی هستند و به علت بالا بودن نسبی سطح آب زیرزمینی در گذشته و ادامه افت آن در آینده، می‌توانند با مشکل ایجاد شکاف در زمین مواجه شوند به عنوان محدوده «خطر متوسط» تفکیک شده‌اند. در حاشیه واحد با خطر متوسط سطوحی قرار دارند که به علت نزدیک شدن به قاعده مخروط افکنه‌ها، سهم ذرات درشت آنها زیاد بوده و عمق اولیه آب زیرزمینی در آنها بیش از سطوح کفه‌ای بوده است. احتمال وجود شرایط محبوس شدگی در سفره و نشست ناشی از افزایش فشار دانه به دانه در این سطوح کمتر از موارد قبلی است. ولی در هر حال امکان نشست و پیدایش درز و شکاف در این محل‌ها کاملاً منتفی نیست. از این رو به عنوان محدوده با خطر کم تفکیک شده‌اند. بالاخره مناطق حاشیه‌ای دشت، جایی که رسوبات درشت مخروط افکنه‌ای گسترش دارند و عمق آب زیرزمینی بدون دخالت انسان هم پایین بوده است مستعد به ایجاد نشست نیستند و در نقشه پهنه‌بندی به عنوان محدوده بدون خطر تفکیک شده‌اند. لازم به ذکر است که این نوع پهنه‌بندی خطر نشست زمین روشی معمول است و مثلاً توسط هوانگ و همکاران (Huang et al., 2012) و عباس نژاد و عباس نژاد (Abbasnejad and Abbasnejad, 2013) نیز به کار گرفته شده است.

نتیجه‌گیری

پدیده شکاف‌های زمینی ایجاد شده در بخش‌هایی از دشت منوجان مؤید این نکته است که مجموعه شرایط مستعد زمین‌شناختی، نظیر بالا بودن اولیه سطح آب‌های زیرزمینی و وجود رسوبات سطحی مناسب (خاک‌های رسی پوک و متخلخل) و افت سطح آب‌های زیرزمینی منجر به بروز این مشکل شده است. این خطر در مناطقی نظیر محله نخلستان منوجان و اطراف روستاهای کهورگلکی، توحیدآباد، دهنو، گنج آباد، رضا آباد و شکر آباد در دشت منوجان که رس‌ها در محیط باتلاقی رسوب کرده و تخلخل بالایی داشته‌اند، و در ضمن، آب داخل آنها شور نبوده است (که موجب پراکندگی ذرات رس و کاهش شدید نفوذپذیری آن گردد) کاملاً شدید است و شکاف‌های با تراکم زیاد در سطح زمین ظاهر شده‌اند که منجر به آسیب به ساختمان‌ها، جاده‌ها، باغ‌ها و مزارع می‌شوند.

می‌تواند خارج از سطوح کفه‌ای هم وجود داشته باشد (به علت وجود بین لایه‌های رسی).

۲- میزان افت سطح آب در محدوده دارای شکاف کمتر از حدود ۱۰ متر است و نمی‌تواند شرایط سفره را که در عمق بیش از این قرار دارد، از محصور به آزاد تبدیل کند تا افزایش کافی در فشار دانه به دانه برای تشکیل شکاف‌ها صورت گیرد.

۳- شکاف‌ها فراوان بوده و به صورت مشبک دیده می‌شوند که به خوبی معرف جمع شدن (انقباض) رس‌های سطحی می‌باشند.

۴- میزان نشست ناشی از تراکم رس‌هایی که در آب راکد نهشته شده‌اند می‌تواند تا ۱۰۰ برابر بیش از نشست ناشی از افزایش فشار دانه به دانه در حین تبدیل سفره محصور به سفره آزاد باشد (Chilingarian and Knight, 1960 و Gambolati et al., 2005). لذا، تراکم زیاد شکاف‌ها در این منطقه با تراکم‌پذیری شدید رس‌های سطحی سازگار است.

۵- شکاف‌ها به صورت باز و فاقد اختلاف ارتفاع دیده می‌شوند و در ضمن سایر علائم نشست همراه با آن‌ها دیده نشدند. این ویژگی‌ها با تراکم رس‌های سطحی هماهنگی بیشتری دارند.

لازم به ذکر است که علت اصلی افت سطح آب زیرزمینی در محدوده‌ای که دچار نشست شده انبوه چاه‌های حفاری شده در بالا دست این محل است که در مسیر محور تغذیه محدوده دارای شکاف‌ها قرار گرفته‌اند و باعث کاهش ورود آب زیرزمینی به این محدوده شده‌اند. ولی چاه‌های موجود در خود این محل و نیز خشکسالی‌های سال‌های گذشته (ایرانمنش، ۱۳۹۲) نیز در افت سطح آب زیرزمینی مؤثر بوده‌اند. در عین حال، لازم است در اینجا به عواملی که شرایط را برای نشست در این محل مستعد نموده‌اند (عوامل مستعد کننده) اشاره شود. یکی از آن‌ها تکتونیک است که با ایجاد یک چاله تکتونیک مسدود شرایط را برای رسوبگذاری رس‌های نامتراکم مساعد کرده است. عامل دوم محیط رسوب‌گذاری است که نهشته شدن رس‌ها در آب راکد در محدوده‌ای که در حال حاضر با مشکل نشست مواجه است، استعداد نشست را تقویت کرده است. عامل بعدی مستعد کننده نوع رس‌هاست که به نظر می‌رسد با توجه به آب‌وهوای این منطقه و چسبندگی بودن آن‌ها به گروه مونت موریلونیت و ایلیت تعلق دارند (Whaltham, 2001) که ضریب کاهش حجم به دلیل از دست دادن آب در آن‌ها بالاست (Liu et al., 2005). چهارمین عامل مستعد کننده شرایط زمین ریخت شناسی منطقه است که اجازه تشکیل سطوح از نوع کفه رسی مرطوب را داده است.

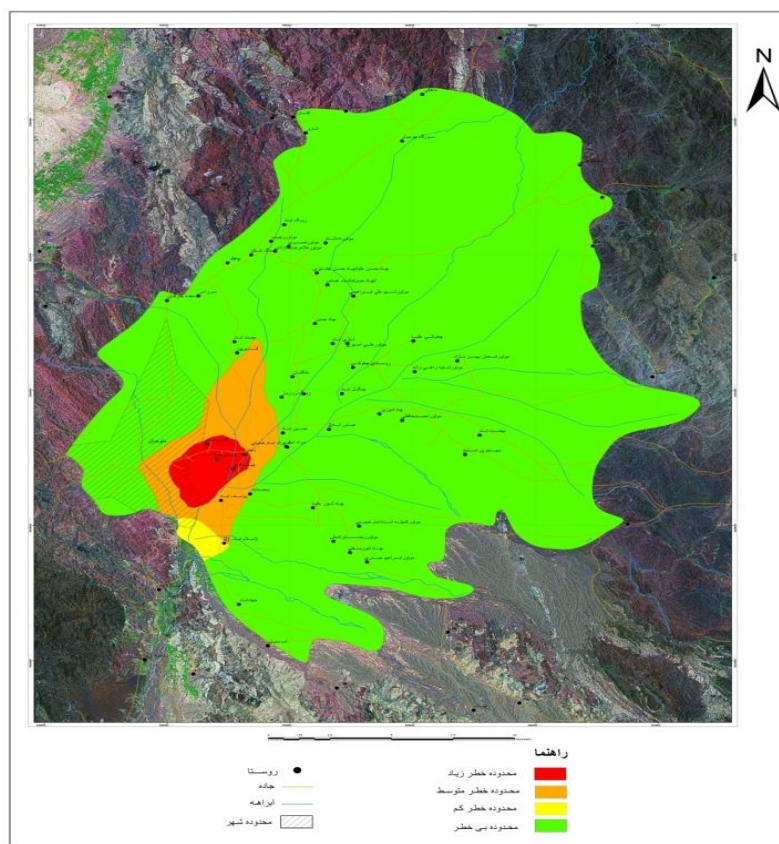
پنجمین عامل شرایط آب زمین شناسی منطقه است که از طریق جریان آب زیرزمینی به سمت سطوح کفه‌ای و تجمع آب در این بخش، رس‌ها را مرطوب نگاه داشته است. ششمین عامل آب زمین شیمی آن است، زیرا که در سطوح کفه‌ای دشت‌های استان کرمان، هر جا که آب‌ها شور بوده و رس‌ها حاوی املاح محلول زیادند، نشست زمین دیده نمی‌شود (چون وفور نمک طعام باعث پخشیدگی رس‌ها شده و جلوی از دست دادن آب و تراکم رس‌ها را می‌گیرد). هفتمین عامل مستعد کننده خشکسالی است، که وقوع یک دوره طولانی خشکسالی و کاهش تغذیه سفره آب زیرزمینی به افت سطح آب زیرزمینی کمک کرده است. و بالاخره به نظر می‌رسد بتوان شرایط اقتصادی - اجتماعی منطقه را به عنوان هشتمین عامل مستعد کننده نشست زمین در نظر گرفت.

جدول ۱. خلاصه مشخصات ایستگاه‌های مشاهداتی و نشانه‌های نشست زمین در آن‌ها

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی UTM	عرض جغرافیایی UTM	جنس زمین	نشانه‌های نشست زمین
۱	دهنو	۳۴۵	۵۵۲۸۶۲	۳۰۳۲۵۸۱	کفه رسی ماسه‌ای	شروع پیدایش شکاف
۲	محله نخلستان منوجان	۳۲۸	۵۵۱۵۲۹	۳۰۳۰۵۷۰	کفه رسی	شکاف‌های فراوان پنهان و آشکار
۳	حاشیه نخلستان	۳۳۰	۵۵۱۳۴۰	۳۰۳۰۴۵۵	کفه رسی	شکاف‌های کم
۴	کهور گلکی	۳۳۶	۵۵۱۱۴۲	۳۰۳۰۴۹۷	کفه رسی	شکاف‌های متقاطع فراوان
۵	توحید آباد (ده میرزا)	۳۴۵	۵۵۱۲۳۱	۳۰۳۲۴۲۹	کفه رسی	شکاف‌های خطی فراوان
۶	توحیدآباد (پشت پمپ‌بنزین)	۳۴۵	۵۵۱۵۳۲	۳۰۳۲۷۳۲	کفه رسی	شکاف‌های نسبتاً بزرگ
۷	گنج آباد	۳۴۰	۵۵۱۷۸۹	۳۰۳۲۸۰۰	کفه رسی	شکاف‌های فراوان
۸	رضا آباد	۳۳۹	۵۵۰۹۷۲	۳۰۳۱۷۳۶	کفه رسی	شکاف‌های چند ضلعی فراوان
۹	قدمگاه حضرت خضر	۳۴۸	۵۵۱۵۲۴	۳۰۳۰۹۱۳	کفه رسی	شکاف‌های کم
۱۰	شکر آباد	۳۷۰	۵۰۲۰۴۵	۳۰۳۲۴۱۶	کفه و پشته رسی	شکاف‌ها فقط در کفه رسی

دشت منوجان هدف این مقاله نبوده است ولی، همچون سایر بلایای طبیعی، مجموعه‌ای از راهکارها نظیر مقاوم‌سازی، تغییر کاربری زمین، جلوگیری از افت سطح آب‌های زیرزمینی و بیمه کردن سرمایه‌ها نسبت به این خطر پیشنهاد می‌شوند.

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از نوعی که برای افراد غیرمتخصص (گروه بزرگی از کاربران بالقوه این نقشه‌ها) قابل درک باشند، شرط اول و پیش‌نیاز مهم برای کاهش این خطر و مدیریت ریسک آن است. لذا کاربرد این نوع نقشه ارائه راهنمایی در مورد وضعیت خطر نشست زمین در هر نقطه از دشت منوجان است تا با اقداماتی نظیر اجتناب، مقاوم‌سازی و تغییر کاربری زمین، سعی شود ریسک ناشی از این خطر را کاهش دهند. ارائه راهکارهایی جهت کاهش این خطر در



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی خطر نشست زمین در دشت منوجان

منابع

- افشین، ی.، ۱۳۸۳، رودخانه‌های ایران، جلد اول، انتشارات وزارت نیرو، ۶۱۶ ص.
- امور مطالعات منابع آب استان کرمان، ۱۳۸۵، گزارش آماری مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت منوجان.
- ایرانشناسی، ف.، ۱۳۹۲، بررسی خشکسالی‌های محدوده زمانی ۱۳۹۱-۱۳۶۰ در استان کرمان و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آن‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۴۷ ص.
- دفتر تلفیق مطالعات آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۷۹، گزارش آمار محدوده مطالعاتی منوجان.
- دفتر مطالعات آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۷۰، گزارش آمار منابع آب دشت منوجان.
- دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۲، گزارش پیشنهادی تمدید ممنوعیت محدوده مطالعاتی منوجان
- رستمی زرین‌آبادی، الف.، فرقانی تهرانی، گ. و کرمی، غ. (۱۳۹۳) ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان، لرستان، ایران، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۴، شماره ۱۳، ص ۳۳-۴۱.
- زاینده‌رودی، ج.، ۱۳۸۹، گزارش پیشنهاد ممنوعیت منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی منوجان، امور مطالعات آب منطقه‌ای استان کرمان.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳، فرهنگ آبادی‌های استان کرمان، جلد دوازدهم، شهرستان منوجان، ۱۶۳ ص.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، ۱۳۸۵، سیمای استان کرمان و شهرستان‌ها، چاپ دوم، ۴۴۶ ص.
- سبزه‌ئی، م.، ۱۳۷۳، نقشه زمین‌شناسی استان کرمان، مقیاس ۱:۵۰۰،۰۰۰، سازمان برنامه و بودجه استان کرمان.
- شاکر اردکانی، ع.، ۱۳۸۸، پتروگرافی، شیمی کانی و پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی مجموعه گنج واقع در کمربند آفیولیتی جازموریان، جنوب شرق کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، پایان‌نامه دکتری، ۲۹۵ ص.
- شرکت پویان شیراز، ۱۳۸۵، خلاصه گزارش آماری منابع آب (چاه، چشمه و قنات) محدوده مطالعاتی منوجان.
- شرکت کاوش آبخوان، ۱۳۸۶، مطالعات کمی و کیفی منابع آب محدود، مطالعاتی منوجان، جلد اول، مطالعات هواشناسی، جلد دوم (هیدرولوژی)، جلد سوم (هیدروژئولوژی) شفیع‌ی، م.، ۱۳۹۰، گزارش ادامه مطالعات منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی منوجان، امور مطالعات آب منطقه‌ای کرمان.
- شیخ الاسلامی، م. و.، جوادی، ح.، ر.، اسدی سرشار، م.، آقاحسینی، ا.، کوهپیمای، م. و وحدتی دانشمند، ب.، ۱۳۹۲، دانشنامه گسل‌های ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پژوهشکده علوم زمین، ۵۵۹ ص.
- کریمی، ح.، ۱۳۹۰، بررسی ساز و کار تشکیل فرچاله‌های دشت جابر در جنوب شرق استان ایلام، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، جلد ۱ شماره ۲، ص ۱۳۹-۱۲۶.
- مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، ۱۳۷۰، گزارش مطالعات شناسایی منابع آب دشت‌های منوجان و نودژ (بجگان)، جلد اول (هواشناسی)، جلد دوم (هیدرولوژی) و جلد سوم (زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی).
- مهندسین مشاور ژرف پویا، ۱۳۸۱، گزارش مطالعات ژئوفیزیک دشت‌های منوجان و نودژ با روش ژئوالکترونیک.
- نقدی نژاد، ر.، ۱۳۹۲، بررسی شرایط و مسائل زمین‌شناسی زیست‌محیطی دشت منوجان، جنوب استان کرمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۴۰ ص.
- Abbasnejad, A. and Abbasnejad, B., 2013, Subsidence Hazard Zoning of Jiroft Plain, Southeast Iran, International Journal of Engineering and Research and Development, Vol: 7, No:7, p: 61-88.
- Allen, S. A., 1984, Types of Land Subsidence, In: Guidebook to Studies of Land Subsidence Due to Groundwater Withdrawal, Ed. By: J. F. Poland, UNESCO, Paris, p: 133-142.
- Chilingarian, G. V., and Knight, L., 1960, Relationship between Pressure and Moisture Content of Kaolinite, Illite and Montmorillonite Clays, Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Vol: 44, p: 101-106.
- Chilingarian, G., V., Donaldson, P.C., and Yen, T, F., 1995, Subsidence due to Fluid Withdrawal, Elsevier.
- Gambolati, G., Teatini, P., Ferronato, M., 2005, Anthropogenic Land Subsidence in: Encyclopedia of Hydrological Sciences, John Wiley, p: 2443-2459.
- Geological and Mineral Survey of Iran, 1980, Geological Quadrangle Map of Iran, Sheet 7544 Qaleh Manujan, Scale 1:100,000.
- Geological and Mineral Survey of Iran, 1983, Geological Quadrangle Map of Iran, 1:250,000 series, Sheet No.J13 (Minab).
- Geological and Mineral Survey of Iran, 1985, Explanatory text of the Minab quaderangle map (Scale: 1:250,000), 530 p.
- Huang, B. Shu, L., and yang, Y. S., 2012, Groundwater Overexploitation Causing Land Subsidence: Hazard Risk Assessment Using Field Observation, Water Resource Management, Vol: 26, p: 4225-4239.
- Liu, C., W., Lin, S., and Change, L. H., 2005, Estimation Of Land Subsidence Caused by Loss of Smectite Interlayer Water in Shallow Systems, Hydrogeology Journal, Vol: 14, p: 508-525.
- Poland, J. F., 1984, Guidebook to Studies of Land Subsidence Due to Groundwater Withdrawal, IHP working Group 8.4, 277 p.

Regard, V, et al, 2005, Cumulative Right- Lateral Fault Slip Rate Across Zagros –Makran Transfer Zone, Role of the Minab- Zendan Fault System in Accumulating Arabia-Eurasia Convergence in Southeast Iran, Geophysical Journal International, Vol: 162, p:144-203.

Tison, L.G., 1969, Land subsidence, IAHS Publication, No: 89.

Waltham, A. C., 2001, foundation f Engineering Geology, CRC Press.

Whittaker, B. N. and Reddish, D. J., 1989, Subsidence: Occurrence, Prediction and Control, Elsevier, 528 p.