علل و پیامدهای زمین ریخت‌شناختی شق‌های زمین در اشکذر یزد

دکترایرج جباری
استادیار دانشگاه رازی

علی رضاییان
کارشناس جغرافیا

چکیده

ناحیه اشکذر یزد طی دو دهه اخیر شاهد شکاف‌هایی در سطح زمین بوده است که در بعضی موارد بـرای سـاکنین این ناحیه خسارت‌هایی را وارد نموده است. این شکاف‌ها بعضی از اشکال ریخـت‌شـناختی قبلـی ازقبیـل نبکاهـا وتلماسه‌ها را تحت تأثیر قرار داده‌اند همچنین مجاری وگودال‌هایی را در سطح زمین به وجود آورده‌اند که تجمع آب در مواقع بارندگی هستند. این شکاف‌ها با نشست زمین درسطح زمین پدید می‌آیند. بررسی‌های آماری ازقبیل آنالیز واریانس،آزمون تیوکی کرامر و آزمون t، و همچنین بررسی‌های آزمایشگاهی و میدانی نشان می‌دهند که این نشست در نتیجه افت سطح آب زیرزمینی که پیامد برداشت بیش از حد آب زیرزمینی است، رخ داده است. اندازه‌گیری رشد ظاهری لوله جدار چاه‌ها و محاسبات به روش بوئر، مقدار نشست از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۰ در حدود۶۲ سـانتی متـر نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: شق‌های زمین، شکاف‌های زمین، نشست زمین، فرونشینی، اشکذر یزد، زمین ریخت‌شناسی، آنالیز واریانس، آزمونt .

۱ مقدمه

در دو دهه اخیر، شکاف‌ها و گسیختگی‌هایی در سطح زمین منطقهٔ اشکذر یزد پدید آمده است که اهالی منطقه، آن‌ها را شق زمین می‌نامند. براساس رده‌بندی که امینی حسینی به سال ۱۳۷۳ انجام داده است خسارت‌های این شکاف‌ها از صدمات خیلی کم تا خیلی جدی تغییر می‌کند؛ بویژه خسارت های جدی و خیلی جدی مانند ایجاد شکاف در ساختمان‌ها، جاده‌ها و حتی شکستن لوله‌های آب، اهالی این منطقه را نگران نموده است. در ابتدا چنین تصور شد که این امر بر اثر فرسایش بادی خاک سطحی پدید آمده است. ولی وقتی چنین پدیده‌ای در چاه‌های دیگری که در محیط سر پوشیده رخ داد، تصور فرسایش بادی رد گردید. از آنجا که چنین شکاف‌هایی با این مقیاس نمی‌تواند به هیچ عاملی که مماسی عمل کرده باشند، نسبت داده شود عملکرد فرایندهایی محتمل‌تر است که عمود بر سطح زمین عمل کند و این با تعریف نشست زمین از سوی کوک و دورکمپ (۱۳۷۷) آن را ارایه می‌دهند تطابق دارد.

لیک[1](۲۰۰۱) در حوزه آبخیز نیومکزیکو، آریزونا و نوادا ضمن نسبت دادن این نوع شکاف‌های زمین به نشست زمین، با استفاده از اندازه‌گیری سطح آب‌های زیرزمینی به این نتیجه رسید که نشست زمین در مناطقی از این ناحیه روی داده است که از رسوبات قابل تراکم و ریزدانه نظیر رس وسیلت تشکیل شده و آب‌های زیر زمینی آن‌ها در نتیجهٔ پمپاژ افت کرده است.

بوور[2] (۱۹۷۸) دریافت که بر اثر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، فشار بین ذره‌ای در آبرفت‌های غیر متراکم و مواد زیرزمینی بالا می‌رود و این افزایش فشار در سفره‌های آزاد، نتیجه از بین رفتن خاصیت شناوری ذرات جامد در قسمتی از سفره است که سطح آب در آن پایین رفته است. وی با استفاده از روش اندازه‌گیری میزان فشار بین ذره‌ای رسوبات در سفره‌های آزاد و تراکم‌پذیری آن توانست مقدار نشست زمین را محاسبه نماید. در این روش با اندازه‌گیری ضخامت رسوبات زیر زمین، میزان افت سطح ایستابی، مقدار تراکم‌پذیری و تخلخل در انواع رسوبات (سیلت و رس)، وزن مخصوص و وزن کل رسوبات در منطقه هواگیر و سفره آبدار مقدار نشت زمین محاسبه گردید. همچنین وی در روش فوق اظهار داشت که ممکن است همزمان با افت سطح آب زیر زمینی نشست زمین صورت نگیرد. زیرا افت سطح آب در لایه‌های رسی به سرعت انجام نشده و لایه‌های رسی به زمان بیشتری برای متراکم شدن نیاز دارد و سال‌ها پس از افت آب زیر زمینی، زمین شروع به نشست می‌کند. حتی اگر افت سطح آب زیر زمینی متوقف شده باشد، این نشست تا مدتی ادامه خواهد یافت.

پول[3] (۱۹۹۲) با آزمایش خصوصیات فیزیکی رسوبات منطقه از قبیل میزان ضخامت رسوبات، میزان تراکم‌پذیری و اندازه‌گیری بافت رسوبات، اندازه‌گیری وزن مخصوص در قسمت هواگیر و سفره آبدار به علل و میزان نشست زمین در حوضه پیکاچوی[4] آریزونا پی برد.

گالوی[5] و جونز[6] (۲۰۰۰) علت دیگری را برای نشست زمین در دلتای سان جوآکوین[7] پیدا کردند. آن‌ها ثابت کردند که زهکشی خاک‌های آلی، دلیلی بر نشست زمین در این منطقه بوده است. این محققین اظهار نمودند که زهکشی خاک‌های دلتای سان جو آکوین برای کشاورزی سبب خشک و چروکیده شدن خاک‌های منطقه شد و شکاف‌هایی در سطح زمین ایجاد گردید. آن‌ها به آزمایش خاک‌های منطقه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که خاک‌های منطقه دارای درصد بالایی از مواد آلی، دی‌اکسید کربن و آب می‌باشند و سطح آب در این منطقه بالاست. هنگامی که آب این منطقه زهکشی می‌شود، خاک‌ها خشک می‌شوند و به نشست و ایجاد شکاف در زمین می‌انجامند.

1- S . A Leak
2- Herman Bouwer
3-Donald . R . Pool
4-Picacho basin
5- D . L . Galloway
6- D . R . Jones
7- Sanjoaquin Delta

رحمانیان (۱۳۶۵) افت سطح آب زیر زمینی و بهره‌برداری بیش از حد از آن را علت نشست زمین در منطقه کرمان و رفسنجان می‌داند. وی با مقایسه مکانی و زمانی افت آب‌های زیر زمینی در مناطقی از استان کرمان نظیر رفسنجان، سیرجان و دشت کرمان و با استفاده از روش اندازه گیری میزان افت سطح آب‌های زیر زمینی در طول دو دهه اخیر محاسبه کرد و با استفاده از آزمایش گرانولومتری رسوبات منطقه و از طریق محاسبه افت سطح آب زیر زمینی و فشار لایه‌های بالایی زمین – قسمت تخلیه شده از لایه‌ای که در آن سطح آب افت نموده است – میزان نشست زمین را محاسبه نمود.

اجل لویان و بهادران (۱۳۷۷) دفع آب از طریق خاصیت موئینگی در طول سال‌های خشک را علت نشست زمین در منطقه ایرانشهر و شرق حوزه آبریز جازموریان می‌دانند. آن‌ها با مطالعه تمام عوامل محتمل در ایجاد ترک‌های سطح زمین نظیر چین خوردگی، گسل خوردگی، حرکت زمین و فرو رانش زمین پی بردند که وجود رس‌های گروه مونت موری لونیت و ایلیت در این منطقه و دفع آب از طریق موئینگی در طول سال‌های خشکسالی باعث نشست نا همگون خاک زیر پی‌ها گشته است.

عالمی (۱۳۷۷) با استفاده از روش اندازه‌گیری آزمایش شیمیایی خاک، علت نشست زمین در دشت یزد – اردکان را رمبندگی بر اثر خاک می‌داند. وی در مطالعات خود بیان می‌کند که وجود نمک در خاک‌های منطقه و نفوذ رواناب حاصل از بارندگی در خاک‌های منطقه که باعث حل مواد نمکی می‌شود، ساختمان خاک را بر هم می‌زند. این عامل باعث ایجاد حفره‌ها و کانال‌های زیر سطحی می‌شود و فشار لایه‌های فوقانی باعث تراکم حفره‌ها و در نتیجه نشست زمین می‌شود.

کوک و دورکمپ (۱۳۷۷) پنج عامل ژئوتکتونیکی نشست زمین را به‌صورت زیر عنوان می‌کنند:

۱- بر اثر استخراج مایعات و سیالات زیر زمینی (نفت، گاز و آب) .

۲- بر اثر حل شدن زیر زمینی سنگ آهک و نمک .

۳- نشست زمین به دلیل تراکم رسوبات بر اثر بارگذاری.

۴- نشست زمین به علت انقباض لایه‌های سطحی بر اثر زهکشی بیش از حد.

۵- نشست به علت خشک شدن رس‌ها در دوره‌های خشکسالی.

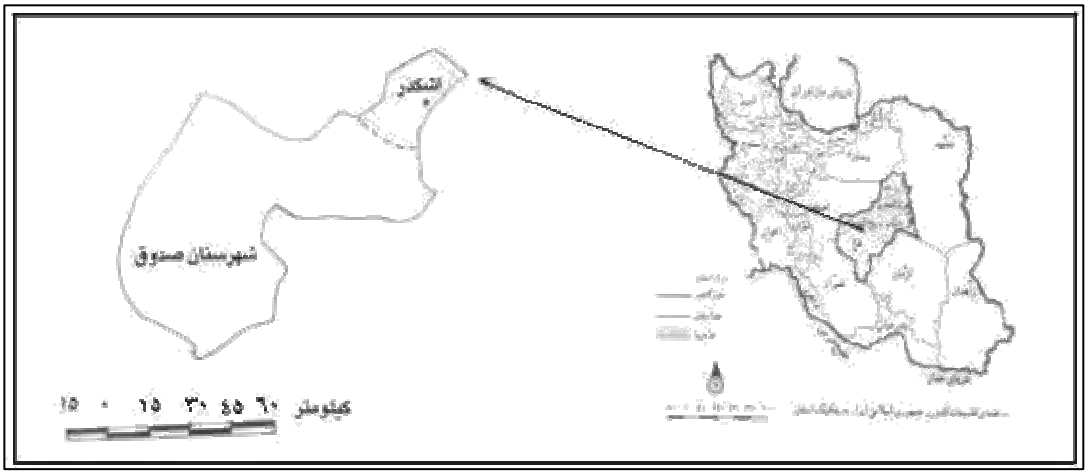
در ادامه، هر یک از عوامل فوق شرح داده خواهد شد. در این تحقیق سعی شده است ضمن بررسی ویژگی‌های شق‌ها و تأثیرات زمین ریخت‌شناسی آن‌ها در منطقه اشکذر یزد، علل نشست زمین که در بالا توضیح داده شد آزمایش گردد تا معلوم گردد که احتمال تأثیرگذاری کدام عامل در ایجاد نشست و بروز شق‌ها در سطح زمین قویتر می‌باشد و با یافتن علت این نشست مقدار آن محاسبه گردد.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه اشکذر از توابع شهرستان صدوق، یکی از شهرستان‌های استان یزد می‌باشد. این منطقه که شامل شهر اشکذر و دهستان رستاق می‌باشد، در ۲۴ کیلومتری غرب شهر یزد و در شمال غربی شهرستان صدوق واقع شده است. این منطقه در مرکز دشت یزد– اردکان و در ″۳۰ ′۴۲ °۳۱ عرض شمالی و °۵۴ تا ″۳۰ ′۱۷ °۵۴ طول شرقی قرار دارد. مساحت آن درحدود ۶۱۱ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۱۳ متر می‌باشد. از شمال به شهرستان میبد، از شرق به شهرستان یزد (مرکز استان) و از جنوب به شهرستان تفت محدود می‌شود (شکل۱).

دشت یزد – اردکان بعد از دشت طبس، وسیع‌ترین دشت استان یزد است که شمال آن به چاله عقدا و

جنوب آن به کفه بهادران منتهی شده است. دو رشته شیرکوه از جنوب و کوه‌های خرانق از شمال با جهت شمال غرب، جنوب شرق، این دشت را احاطه کرده‌اند. شیب عمومی منطقه به سمت شرق و شمال شرق می‌باشد. اما در بعضی نقاط مانند اطراف روستای بهرام آباد و در امتداد طرفین جاده یزد– اردکان (منطقه تثبیت ماسه‌های روان) اختلاف شیب مشاهده می‌شود. در داخل دشت تپه‌هایی با شیب ملایم وجود دارند که جهت آنها شمالی – جنوبی و گاهی شمال غربی – جنوب شرقی می‌باشد. علاوه بر تپه‌های مذکور یک مجموعه تپه نیز در منطقه وجود دارد که در زیر رسوبات تراکمی باد قرار گرفته است. شیب منطقه در دشت کمتر از یک درصد و به سمت ارتفاعات افزایش می‌یابد تا در منطقه اشکذر مرتفع به حدود ۴۵ درصد می‌رسد.



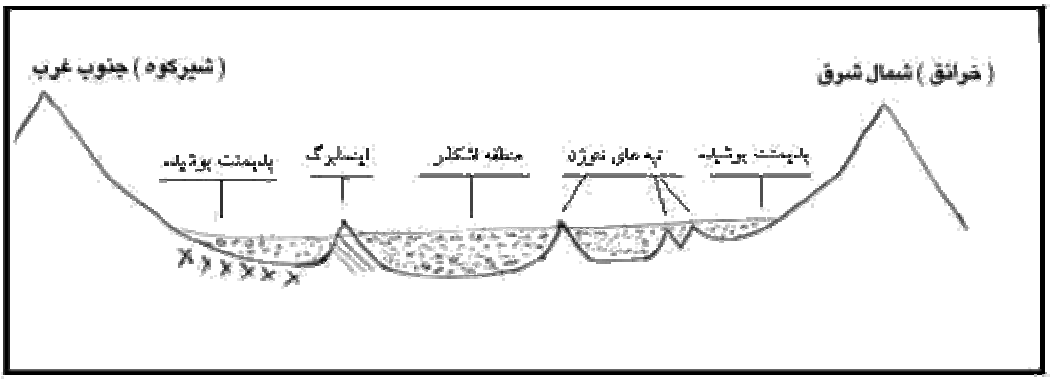
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه اشکذر

از دیدگاه زمین‌شناسی دشت اشکذر از دو واحد شمالی و جنوبی تشکیل شده است. واحد شمالی که از تشکیلات نئوژن و رسوبات کواترنر تشکیل شده است، معمولاً جزو زیر حوضه خرانق محسوب می‌شود. تشکیلات نئوژن به صورت یک باند تاقدیس طویل با جهت شمال باختری – جنوب خاوری در دشت رخنمون دارد که تیپ ویژه آن را در تپه دخمه الله آباد می‌توان یافت که تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ قرمز، مادستون و مارن با لایه‌های گچدار دارد. آب‌های زیر زمینی موجود در این واحد شور هستند. فرسایش بادی – آبی بر روی این واحد اثرات شدیدی را بر جای گذاشته است (مهرشاهی، ۱۳۸۳) .

واحد جنوبی در سمت جنوبی تپه‌های نئوژن از رسوبات دانه ریز آبرفتی کواترنر تا رسوبات سیلابی دانه درشت و ماسه‌های بادی پرشده است. ضخامت رسوبات آبرفتی (رسی، سیلتی و ماسه‌ای) به مراتب از واحد شمالی بیشتر است و در چرخاب به حدود ۴۰۰ متر می‌رسد (مهر شاهی، ۱۳۸۳). این نوع رسوبات به سمت پدیمنت های پایکوبی جنوبی (تفت و خضرآباد) دانه درشت تا بسیار درشت دانه می‌شوند و رخساره سیلابی را نشان می‌دهند (شکل۲).

باند کنگلومرا– مادستون در واحد شمالی که به سمت عمق به لایه‌های مارنی و مادستون گچدار تبدیل می‌شود، نقش نگهدارنده آب‌های سطحی و عمقی را ایفا کرده است. به عبارت دیگر، این تپه‌ها نقش مهمی در ایجاد یک حوضه آبگیر در بخش جنوبی خود به سمت اشکذر و چرخاب ایفا کرده‌اند و نیز به صورت مانعی در برابر حرکت ماسه‌های بادی عمل نموده‌اند که استقرار و تراکم تلماسه‌های اشکذر نتیجهٔ نقش مانعی آنهاست.

از آنجا که زیر بنای رسوبی واحد جنوبی بیشتر از مواد حاصله از حمل رسوبات شیرکوه بوده است، آب‌های زیرزمینی این قسمت هم برای کشاورزی و هم برای شرب قابل استفاده بوده‌اند و اغلب آبادی ها نیز در محور دشت یزد – اردکان در همین واحد جنوبی احداث شده‌اند. اشکذر و ناحیه اطراف آن نیز در همین واحد جنوبی شکل گرفته‌اند و بنابراین بخش مهمی از زیربنای رسوبی آن از لایه‌های رسوبی رسی و سیلتی تشکیل یافته است. وجود ضخامت قابل توجهی از این گونه مواد می‌تواند نقش معنی‌داری در ایجاد پدیده‌های حاصل از افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی ایفا نماید (مهرشاهی، ۱۳۷۲) .



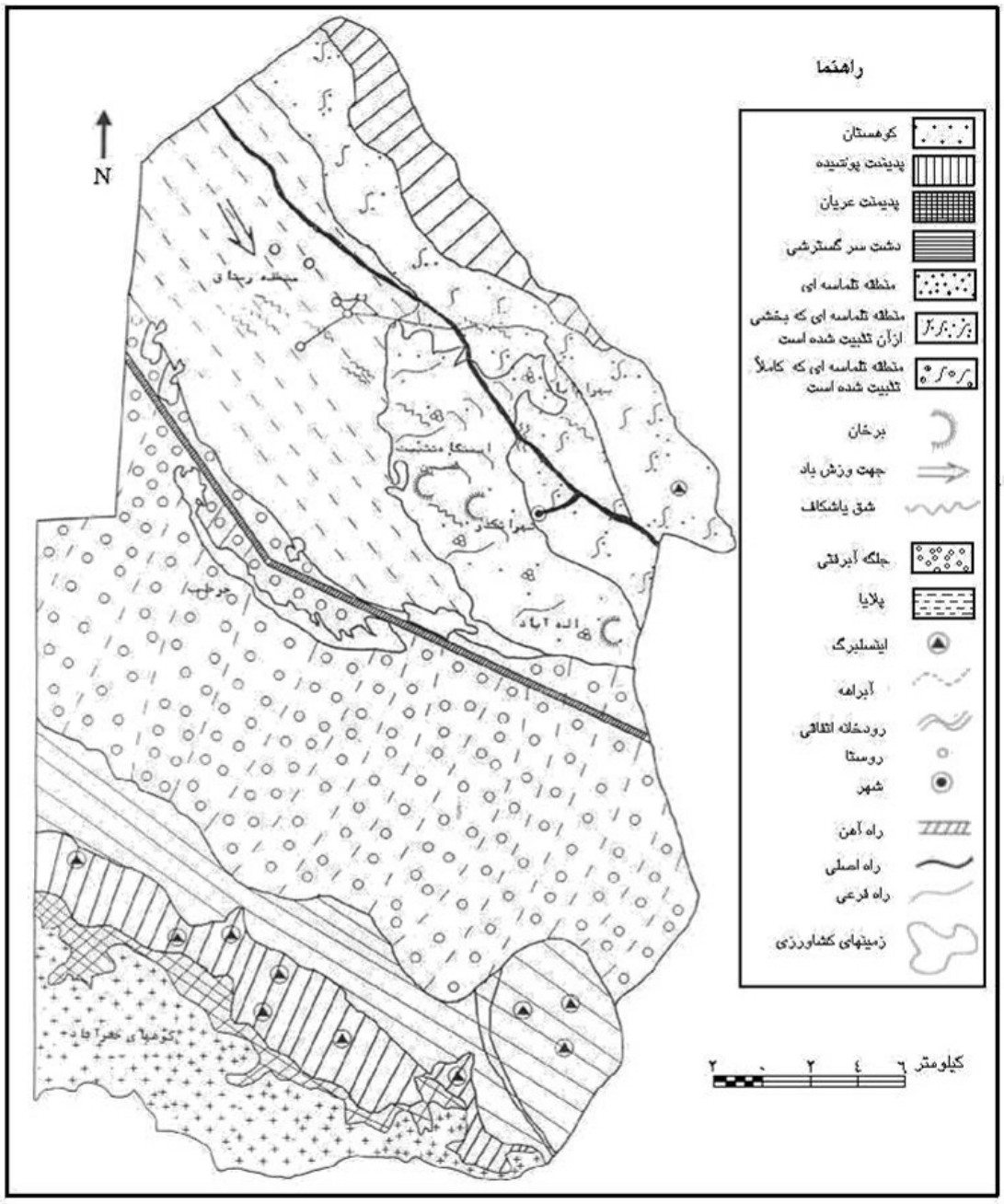
شکل ۲ لندفرم‌های منطقه اشکذر و رسوبات متراکم ریز دانه درکف دشت(مهرشاهی،۱۳۸۳)

واحد شمالی، منطقه فرسایش شدید بادی و آبی است. فرسایش و حمل باعث شده است تا بقایای سازنده‌های نئوژن به شکل رخنمون‌های کشیده و طویل ظاهر شوند و شکل یاردانگ مانندی را ارائه دهند.

در واحد جنوبی اگرچه آثار فرسایش بادی در پست ترین قسمت‌ها (از ۱۳۰۰ متر به پایین) به شکل سطوح باد برده، پیکان‌های ماسه‌ای و ریپل مارک‌های دانه درشت مشاهده می‌شوند، ولی این واحد بیشتر نقش تراکمی را دارد که انتهای سیلاب‌های تفت و بخشی از دامنه‌های رو به شمال قوام آباد به آن ختم می‌شوند. به همین دلیل واحد جنوبی از دو بخش تشکیل می‌شود: بخش بسیار دانه‌ریز (رسی و سیلتی) در سمت شمالی خط آهن یزد به تهران و بخش دانه درشت آبرفتی در قسمت جنوبی خط آهن مذکور(شکل ۳).

متوسط بارش سالانه منطقه اشکذر ۵۹/۵ میلیمتر و متوسط دمای سالانه ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان سالانه تبخیر در ایستگاه محمد آباد میبد ۳۴۹۰ میلی متر گزارش شده است. بنابراین از نظر تقسیم بندی دمارتن این منطقه جزو اقلیم خشک بیابانی با ضریب خشکی ۳/۲۴ محسوب می‌شود (بولتن هواشناسی ۱۳۷۸). تحت این شرایط آب وباد عوامل اصلی شکل‌زایی منطقه را تشکیل خواهند داد. مهمترین پدیده‌های حاصل از رسوبگذاری بادی، تپه‌های ماسه‌ای هلالی شکل یا برخان و نبکاها می‌باشند که تقریبا در تمامی منطقه اشکذر قابل مشاهده می‌باشند. تپه‌های ماسه‌ای در اغلب نواحی دشت یزد– اردکان, جهت شمال غربی– جنوب شرقی دارند. اما در منطقه اشکذر که تقریباً ناحیه پایانی منطقه تحت اشغال تپه‌های ماسه‌ای است، به دلیل تغییر جهت باد، جهت استقرار تپه‌های ماسه‌ای نیز جهت شمالی – جنوبی به خود می‌گیرند (شکل۳).

از نظر هیدرولوژی، منطقه مورد مطالعه در حوزه آبریز یزد – اردکان قرار گرفته است. این منطقه فاقد هرگونه رودخانه دائمی و فصلی می‌باشد. آب مصرفی مردم این منطقه در گذشته از طریق قنات و امروزه از طریق چاه‌های عمیق و نیمه عمیق تأمین می‌گردد.



شکل ۳: نقشه زمین ریخت‌شناسی منطقه اشکذر یزد

براساس برآوردهای شرکت سهامی سازمان آب منطقه‌ای استان یزد(۱۳۷۱)، میزان سالانه آب ورودی به منطقه از طریق ذوب برف و باران و آب‌های زیر زمینی، ۴۸۵ میلیون متر مکعب و میزان خروجی آب از طریق مصرف ساکنین و سایر تلفات حدود ۶۱۹ میلیون متر مکعب می‌باشد. بنابراین سالانه ۱۳۴ میلیون متر مکعب از سفره‌های آب زیرزمینی کم می‌شود. این افزایش برداشت به دلیل تبدیل اشکذر به شهر و افزایش جمعیت خیلی سریع آن درفاصله بین سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۵ رخ داده است که از آن به بعد هر ساله برتعداد جمعیت و میزان برداشت آب زیرزمینی افزوده می‌شود.

۳ - مواد وروش‌ها

جهت‌گیری، عمق و عرض شق‌ها از ویژگی‌های مهم آن‌ها بودند که در روی زمین به وسیله قطب‌نما، متر، خط کش و وزنهٔ آویزان به نخ صورت گرفت. میزان بالا زدگی لوله‌های جدار چاه برای جهت مشخص نمودن مقدار نشست زمین در منطقه از زمان نصب لوله جدار چاه تا حالا توسط متر اندازه‌گیری گردید.

از بین عوامل مؤثر در نشست زمین که در مقدمه راجع به آن‌ها صحبت شد، عامل بارگذاری نمی‌تواند در این منطقه – که میزان آن نسبت به جاهای دیگر کم می‌باشد – اثر داشته باشد. ولی احتمال دارد یک یا چند عامل استخراج مایعات و سیالات زیر زمینی (نفت، گاز و آب)، حل شدن زیرزمینی سنگ آهک و نمک، انقباض لایه‌های سطحی بر اثر زهکشی بیش از حد و خشک شدن رس‌ها در دوره‌های خشکسالی مهم باشند. از این رو برای آزمون این فرضیه‌ها روش‌های زیر به کار گرفته شده‌اند:

برای آزمون فرضیهٔ اول ازآمارهای سطح ایستابی از سال ۱۳۵۲ تا سال۱۳۸۰ که از شرکت آب منطقه‌ای استان یزد دریافت شده است، استفاده شد. داده‌ها به سه دسته تقسیم شدند (جدول پیوستی الف)؛ یعنی از سال ۱۳۵۲ تا۱۳۶۰(دهه اول)، سال ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۰ (دهه دوم) و سرانجام از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۰ (دهه سوم). برای نشان دادن تفاوت آن‌ها، از آزمون‌های آنالیز واریانس وتیوکی کرامر استفاده گردید.

برای آزمون فرضیه دوم و سوم، آنالیز شیمیایی خاک صورت گرفت و برای فرضیه چهارم، داده‌های بارندگی از سازمان هواشناسی در ۴۸ سال دریافت شد و سپس با توجه به تعریف خشکسالی (علیجانی و کاویانی،۱۳۷۱) که بارندگی کمتر از متوسط سالیانه را خشکسالی می‌نامند، دوره‌های خشکسالی قبل و بعد از ایجاد شق‌ها استخراج گردید(جدول پیوستی ب) و به وسیله آزمون t معلوم گردید که آیا خشکسالی‌های معنی‌داری وجود داشته‌اند تا باعث خشک شدن رس‌ها گردند؟ باید خاطر نشان کرد که چون شق‌ها تپه‌های ماسه‌ای این ناحیه را تحت تأثیر قرار داده‌اند و این تپه‌ها از سال۱۳۶۰ تثبیت شده‌اند، زمان قبل از نشست زمین نیز از روی زمان تأسیس ایستگاه‌های تثبیت ماسه‌های روان به دست آمده است.

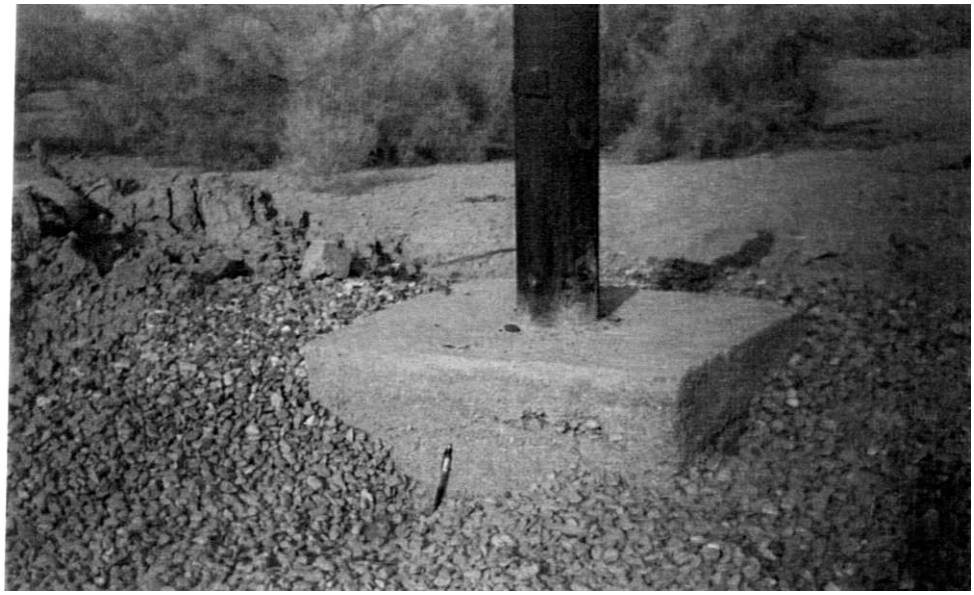
برای اندازه‌گیری مقدار نشست زمین از دو روش استفاده شده است. روش اول اندازه‌گیری، بالازدگی لوله جدار چاه‌هاست که در سه محل اتفاق افتاده است:

چاه اولیه جنگلبانی روستای شمسی که در سال ۱۳۵۵ هجری شمسی حفر شده است و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، اما در سال ۱۳۶۱ به علت کاهش آبدهی، تعویض محل گردیده است. میزان رشد ظاهری لوله جداره چاه تاکنون ۵۲ سانتی متر است.

میزان بالا زدگی لوله جداره چاه اکتشافی روستای بهرام آباد که در سال ۱۳۵۵ حفر و فقط آزمایش پمپاژ گردیده است تاکنون ۶۰ سانتی متر نشان می‌دهد.

میزان بالازدگی لوله جداره در چاه اکتشافی جنگلبانی ایستگاه تثبیت ماسه شهید صدوقی که در سال ۱۳۷۷ حفر و فقط آزمایش پمپاژ گردیده است، تاکنون ۲۳ سانتی متر است(شکل۴).

ولی از نظر اخوان طباطبایی (۱۳۶۵) این مقدار نشست زمین در تمام مناطق نمی‌تواند نشانه واقعی و یکنواخت از این پدیده به شمار رود. زیرا که در بعضی مناطق همراه با نشست زمین، لوله جدار چاه نیز نشست کرده است و یا اینکه لایه‌های ضخیم بالایی سفره آب به سختی به لوله جداره چاه چسبیده است و رشد ظاهری لوله جداره چاه را غیر مقدور می‌سازد. از این رو در این پژوهش سعی شده است که روش دیگری نیز به کاربرده شود: در این روش با اندازه‌گیری فشار بین ذره‌ای در رسوبات – که سبب تراکم پذیری آن‌ها می‌گردد– میزان نشست زمین محاسبه می‌شود. این اندازه گیری با استفاده از داده‌های آزمایش خاک ناحیه



شکل ۴ - بالا زدگی فونداسیون لوله چاه ایستگاه تثبیت ماسه شهید صدوقی

رستاق (عالمی، ۱۳۷۷) و از روش بوئر(۱۹۷۷) که رحمانیان(۱۳۶۵) نیز آن را برای منطقه خود به کار گرفت، استفاده شده است.

۴- ریخت‌شناسی شق‌ها

اندازه‌گیری شق‌ها به تاریخ‌های بیست و هفتم فروردین ماه و سوم اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۲ نشان می‌دهد که این شکاف‌ها به دو صورت شعاعی و خطی گسترش یافته‌اند (شکل‌های۵ و۶). شکاف‌های خطی به طور عمده در امتداد شیب طبیعی زمین با جهت اصلی شمال غرب – جنوب شرق توسعه پیدا کرده‌اند؛ درحالی که شکاف‌های شعاعی در اطراف شکاف‌های حاصل از گسیختگی‌های اصلی منتشر شده‌اند.

شکاف‌های خطی به‌طور عمده موازی با رشته ارتفاعات حاشیه دشت (شمال غرب، جنوب شرق) و به‌صورت زیگزاگ می‌باشند. اما شکاف‌های فرعی دیگری نیز وجود دارند که با جهت های متفاوت، شکاف‌های اصلی را قطع می‌کنند. مناطق عمده‌ای که در آن شکاف‌ها به اشکال نامنظم، شعاعی و موازی هم در سطح زمین بوفور دیده می‌شوند، عبارتند از: داخل جنگل‌های مصنوعی تاغ، جاده‌های ارتباطی شامل قسمتی از جاده اصلی یزد– اردکان، اطراف جاده همت آباد به اشکذر، جاده چرخاب و همچنین جاده‌های منتهی به کوره‌های آجرپزی و روستاهای منطقه رستاق.

بنابه اظهار نظر مسئولین و همچنین مشاهدات عینی، وسعت‌یابی این شکاف‌ها به‌حدی است که ترمیم مکرر زیر و روی آسفالت جاده‌ها جوابگوی وسعت گسیختگی و ایجاد ترک‌ها در جاده‌ها نمی‌گردد. عرض شکاف‌های ایجاد شده در نواحی مختلف بین ۲۰ تا۳۰ سانتیمتر تغییر می‌کند. اما در بعضی مناطق به علت فرسایش لبه‌های شکاف، عرض آن تا یک متر گسترش می‌یابد. با وجود این، در دو قسمت انتهایی شکاف‌ها، از عرض آن‌ها کاسته می‌شود تا جایی که دیگر ناپدید می‌گردند.

عمق شق‌ها نیز خیلی متفاوت نشان می‌دهد. مشاهدهٔ خروج بخار آب موجود در لایه‌های پایینی زمین

شکل ۵- شکاف به شکل شعاعی در اطراف جاده همت آباد به اشکذر

شکل ۶ - شکاف خطی ایجاد شده بر اثر پدیده نشست زمین در جنگل های مصنوعی تاغ

شکل ۷ – فرایند فرسایش و رسوبگذاری بادی و فرسایش آبی در منطقه که باعث تخریب لبه های شکاف های حاصل از نشست زمین شده است و شکاف تبدیل به یک آبراهه بزرگ شده است.

از بعضی از این شق‌ها بویژه در فصول سرد سال نشانگر این است که آن‌ها عمق خیلی زیادی دارند. درحالی که بعضی از آن‌ها دارای عمق کمی هستند. تحت این شرایط، آن‌ها به شیارهای جوی مانندی شباهت پیدا می‌کنندکه رسوبات جدید برروی سطح آن‌ها از عملکرد بارش‌ها و پرشدگی آن‌ها خبر می‌دهد. دربعضی موارد فرسایش باعث پسروی لبه‌های این شق‌ها گردیده و آن‌ها را به آبراهه ای بزرگ تبدیل نموده است(شکل ۷).

۵- تأثیر نشست زمین در ایجاد سایر اشکال روی زمین

شق‌های ایجاد شده در منطقه اشکذر یزد از نظر زمین ریخت‌شناختی پیامدهای ویژه‌ای را به دنبال داشته‌اند. در برخی از چاه‌های ناحیه اشکذر مانند بهرام آباد، روستای شمسی و چاه تثبیت ماسه شهید صدوقی به دلیل نشست زمین، لوله اصلی عمودی چاه که به موتور چاه وصل می‌باشد، نسبت به سطح پیشین زمین به نظر می‌رسد که بالا آمده باشد. این بالازدگی در برخی از چاه‌ها به بیش از ۴۰ سانتی متر برای یک دوره ۸ ساله می‌رسد.

شق‌ها به‌ویژه شکاف‌های جدید، محل مناسبی برای دریافت سیلاب‌ها وکاهش خسارت‌های حاصل از آن‌ها نیز می‌توانند به‌شمار روند. بررسی‌های پویا (۱۳۷۹) نشان می‌دهند که در بهمن ماه ۱۳۷۶، عمق یکی از این شکاف‌ها واقع در سه کیلومتری غرب روستای محمد آباد حدود ۱۲ متر بوده است و هنگامی که سیلاب بزرگ سال ۱۳۷۱، به یکی از این شکاف‌ها رسیده است، تمام سیلاب به درون شکاف فرو رفته و مانع خسارت حاصل از سیلاب شده است. با وجود این، نفوذ آب آبیاری در درون شق‌های عمیق، مشکلات عدیده دیگری را نیز در این منطقه به وجود می‌آورد که نیاز به بررسی و ارایه راهکارهای مناسبی دارد. تداوم عبور جریان‌های آب و سیلاب‌ها از داخل این شق‌ها پس از چند سال آن‌ها را به صورت حفره‌ها، مجاری سرپوشیده و روبازی در می‌آورند (شکل ۷) .

ایجاد سطوح آبگیر محلی، عارضه دیگر زمین ریخت‌شناسی در این منطقه می‌باشد که در بعضی مناطق به فرورفتگی‌های محلی گفته می‌شود که به هنگام بارش‌های شدید و یا وقوع سیل در ناحیه، به محل جمع شدن آب تبدیل می‌گردند.

علاوه بر عوارض یاد شده شق‌ها توانسته‌اند عوارض زمین ریخت‌شناختی قبلی را تحت تأثیر قرار دهند. قطع جنگل‌های تاغ(شکل۶) و نبکاهای منطقه توسط برخی شکاف‌ها از نمونه‌های بارز این اثرگذاری می‌باشند.

۶ - علت نشست زمین در ناحیه اشکذر یزد

نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس (جدول ۱) در مورد تغییرات بیلان آب‌های زیر زمینی نشان می‌دهند که تفاوت معنی‌داری در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در سه دهه‌ی قبل از ۶۰ (۶۰ تا ۷۰ و ۷۰ تا۸۰)وجود داشته است و آزمون تیوکی کرامر نشان می‌دهدکه در هر سه دهه نشست سطح آب زیرزمینی معنی‌دار بوده است (جدول‌های ۱و۲). این عامل باعث از بین رفتن خاصیت شناوری ذرات جامد در آبخوان – که سطح آب در آن پایین افتاده است – می‌شود و کاهش خلل و فرج آبخوان موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش تراکم رسوبات می‌شود و در نتیجه زمین نشست می‌کند.

اطلاعات حاصل از آزمایش شیمیایی خاک (جدول۳) این واقعیت را نشان می‌دهد که در ساختمان خاک منطقه اشکذر، نمک‌های قابل انحلال وجود دارند. بدین صورت که در ساختمان خاک، فراوانی کاتیون‌های Na نسبت به دیگر کاتیون‌ها و فراوانی آنیون CL نسبت به مول‌هایNa نشانه وجود مقدار قابل توجهیNaCL در خاک است (عالمی، ۱۳۷۷). در نتایج آزمایش شیمیایی آب شور و شیرین منطقه مورد مطالعه، اختلاف شدیدی بین درصد پراکندگی آنیون‌ها و کاتیون‌ها به طور روشن مشاهده می گردد (قبادیان، ۱۳۶۱). اما میزان این نمک ها به حدی نیست که بعد از شسته شدن ذرات، جریان‌های زیرسطحی (کارستیک) ایجاد نماید و در نهایت به نشست و یا شکست طبقات بالایی بینجامد، نتایج آزمایش شیمیایی آب

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس در سه دهه قبل از ۶۰ (۶۰ تا۷۰ و ۷۰ تا ۸۰) در مورد تغییرات بیلان آب‌های زیرزمینی

منابع تغییر	درجه آزادی	مربعات انحراف معیار	میانگین مربعات	F مشاهداتی	P
تغییرات بین نمونه	۲	۸/۴۰۸	۴/۲۰۴	۱۴/۱۰۱	۰۰/۰
تغییرات داخل نمونه	۲۶	۴۲/۵۲	۰۲/۲	–	–
جمع	۲۸	۳۴/۴۶۱	–	–	–

جدول ۲ - نتایج آزمون تیوکی کرامر برای نشان دادن تفاوت میانگین‌ها نسبت به هم

X(I) X(I)	میانگین اختلاف ها	خطای استاندارد	سطح معنی دار بودن	۹۵ درصد فاصله اطمینان	
	i			محدوده پایین	محدوده بالا
۱۲	۱۱۳۶/۴	۶۵۳۱۷/۰	۰۰/۰	۴۹۵/۲	۷۳۶/۵
	۲۴۷۶/۹	۶۵۳۱۷/۰	۰۰/۰	۶۲۴۵/۷	۸۷۰۶/۱۰
۱ ۲	-۱۱۳۶/۴	۶۵۳۱۷/۰	۰۰/۰	-۷۳۶۵/۵	-۴۹۰۵/۲
۳	۱۳۴۰/۵	۶۵۳۷۵/۰	۰۰/۰	۵۵۴۲/۳	۷۱۳۸/۶
۳۲	-۲۴۷۶/۹	۶۵۳۱۷/۰	۰۰/۰	-۸۷۰/۱۰	-۶۲۴۵/۷
	-۱۳۴۰/۵	۶۳۵۷۵/۰	۰۰/۰	-۷۱۳۸/۶	-۵۵۴۲/۳

شهرستان یزد هم تقریباً به نتایج آب منطقه مورد مطالعه شباهت دارد، ولی نشست زمین در منطقه فوق صورت نگرفته است.

قبادیان (۱۳۶۱) معتقد است که علت بالا بودن املاح و نمک‌ها، وجود رسوبات حامل نمک در منطقه، پیشروی آب شور به علت اضافه برداشت آب زیر زمینی، کاهش تدریجی ذخایر آب زیرزمینی و وجود سفره‌های آب شور زیر زمینی می‌باشد.

جدول ۳ – داده‌های مربوط به آزمایش شیمیایی خاک در ناحیه رستاق (گرم بر سانتی متر مکعب) (عالمی،۱۳۷۷)

نمونه	عمق به متر	NA^+	K^+	CA^{2+}	MG^+	CL	HCO_3	$CO3^{2-}$	$SO4^{2-}$
۱	۳۵/۱۸ ۷۵/۱۸	۰۲۱/۰	۰۰۱۳/۰	۰۰۶/۰	۰۰/۰	۰۲۱/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۳۱/۰
۲	۳۲	۰۲۵/۰	۰۰۰۸/۰	۰۰۸/۰	۰۰/۰	۰۳۵/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۲۵/۰
۳	۹۵/۴۱ ۲۵/۴۲	۰۱۷/۰	۰۰۰۶/۰	۰۰۴/۰	۰۰/۰	۰۲۱/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۲۳/۰
۴	۵۰ ۷۵/۵۰	۰۳۵/۰	۰۰۱۳/۰	۰۱۴/۰	۰۰۹/۰	۰۵۶/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۴۶/۰
۵	۹۰/۶۰ ۱۰/۶۱	۰۲۵/۰	۰۰۰۹/۰	۰۱۶/۰	۰۰/۰	۰۵۳/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۴۶/۰
۶	۹۰/۷۶ ۲۰/۷۷	۰۲۰/۰	۰۰۱۳/۰	۰۱۴/۰	۰۰۱۴/۰	۰۴۹/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۳۷/۰
۷	۹۰/۸۵ ۳۵/۸۶	۲۴/۰	۰۰۱۴/۰	۰۱۴/۰	۰۰/۰	۰۴۲/۰	۰۴/۰	۰۰/۰	۰۳۷/۰

با توجه به موارد فوق به این نتیجه می‌رسیم که ارتباطی بین انحلال کانی‌های نمکدار و آهکی با نشست زمین در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. این در حالی است در گذشته که شکاف‌های حاصل از نشست زمین در این منطقه وجود نداشته و تنها در دو دهه اخیر شکل گرفته است.

جدول ۴- نتایج آزمون t از خشکسالی‌ها و ارتباط آن با نشست زمین

دامنه اختلاف ها ۹۵ درصد	اشتباه استاندارد برای اختلاف	سطح معنی دار بودن	درجه آزادی	مقدار t
-۸۴/۹و۲۹/۱۰	۸۹۵/۴	۹۶۴/۰	۲۶	۰۵/۰

نتایج حاصل از آزمونt داده‌های مربوط به خشکسالی (جدول۴) نیز نشان می‌دهند که در میزان خشکسالی‌های قبل و بعد از نشست یعنی سال ۱۳۶۰ هیچ تفاوتی وجود ندارد. بر این اساس اگر خشکسالی عامل نشست بود باید این نشست قبل از سال ۱۳۶۰ نیز به وقوع می‌پیوست در حالی که قبل از این سال نشست وجود نداشته است. از این رو خشکسالی در این منطقه نمی‌تواند عامل نشست زمین باشد.

برای نشست زمین بر اثر زهکشی نیز باید شرایط ویژه‌ای وجود داشته باشد که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

اولا– لایه‌های قابل تراکم در افق‌های نزدیک به سطح زمین باشند. یعنی خاک‌هایی باشند که با از دست دادن آب، قابلیت تراکم چشمگیر داشته باشند و دارای مواد ارگانیکی فراوان یا نسبتا فراوان باشند.

ثانیا – در طول عمرشان هیچگاه آب خود را از دست نداده باشند و به عبارت دیگر هیچگاه متحمل وزن زیاد نگردیده باشند و سطح آب زیرزمینی در آن‌ها بالا باشد.

ثالثا – ذرات یا دانه‌های خاک توسط سیمان‌های طبیعی (معمولاْ آهک، گچ و اکسید آهن) به هم نچسبیده و در واقع خاک ساختار یا اسکلت مقاومی به دست نیاورده باشند و همچنین لایه‌های زمین هیچگاه وزنی بیش از آنچه که امروز روی آن‌ها می‌بینیم (وزن لایه‌های بالایی) به خود ندیده باشد و یا به عبارت دیگر تحت تاثیر فرسایش قرار نگرفته ولایه‌های بالایی خود را از دست نداده باشند (پدرامی و ایران منش، ۱۳۶۷).

براساس نتایج آزمایش‌های آزمایشگاه مکانیک خاک اداره راه و ترابری استان یزد (۱۳۷۲) در منطقه زارچ و اشکذر از سطح زمین تا عمق ۲۷ متری میزان رس تقریبا ثابت و میزان درصد سیلت و ماسه در حال نوسان است. یعنی در هر عمقی که از میزان سیلت کاسته می‌شود، بر میزان ماسه افزوده می‌شود و بالعکس. در عمق ۲۷ تا ۵۴ متری از مقدار رس کاسته شده و بر مقدار سیلت افزوده شده است و میزان ماسه در حال نوسان بوده است. از عمق ۵۵ تا ۶۳ متری بر مقدار رس افزوده می‌گردد، درحالی که مقدار سیلت ثابت می‌ماند و از میزان ماسه به‌شدت کاسته می‌شود. از عمق ۶۳ متری با کاهش دوباره در مقدار رس و افزایش درسیلت و ماسه نسبت دانه‌بندی دیگری تا ۹۰ متری رقم می‌خورد (شکل ۸). رسوبات فوق دارای تراکم‌پذیری زیاد هستند اما به دلیل نداشتن هیچ گونه لایه‌بندی متفاوت و ناچیز بودن درصد مواد آلی، بارندگی کم، تبخیر شدید و پایین بودن سطح آب زیرزمینی و خشک بودن منطقه، هیچگونه زهکشی نمی‌تواند در آن‌ها صورت بگیرد و از آنجا که نشست‌های ایجاد شده بر اثر زهکشی در مناطقی رخ می‌دهند که سطح آب زیرزمینی بالا باشد و درصد مواد آلی خاک بسیار زیاد باشد، نمی‌توان این عامل را در این منطقه مؤثر دانست.

بنابراین با توجه به آزمون‌های فوق الذکر می‌توان نتیجه گرفت که تنها عامل نشست زمین در منطقه اشکذر افت سطح آب‌های زیرزمینی بوده است. مشهوری نژاد (۱۳۸۱) وقوع نشست حاصل از این پدیده را به این صورت توضیح می‌دهد که حرکت آب به سمت پایین لایه‌های زمین باعث افزایش فشار بین دانه‌ای می‌گردد. بدین صورت که جریان آب از میان محیط متخلخل آغاز شده یا افزایش پیدا می‌کند. سایش بین آب سیال و دانه‌های ساکن رسوبات باعث ایجاد کشش می‌شود که روی رسوبات دانه ریز در جهت جریان نیرو ایجاد می‌کند. اگر این جریان به سمت پایین باشد، افزایش فشار میان دانه‌ای رخ می‌دهد. در نتیجه دانه‌های منفرد به سمت همدیگر حرکت می‌کنند و باعث کاهش فضای خالی میان دانه‌ها می‌گردند. این عامل به فشرده شدن مواد و سرانجام به نشست زمین منتهی می‌شود. این میزان نشست برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه گشته است.

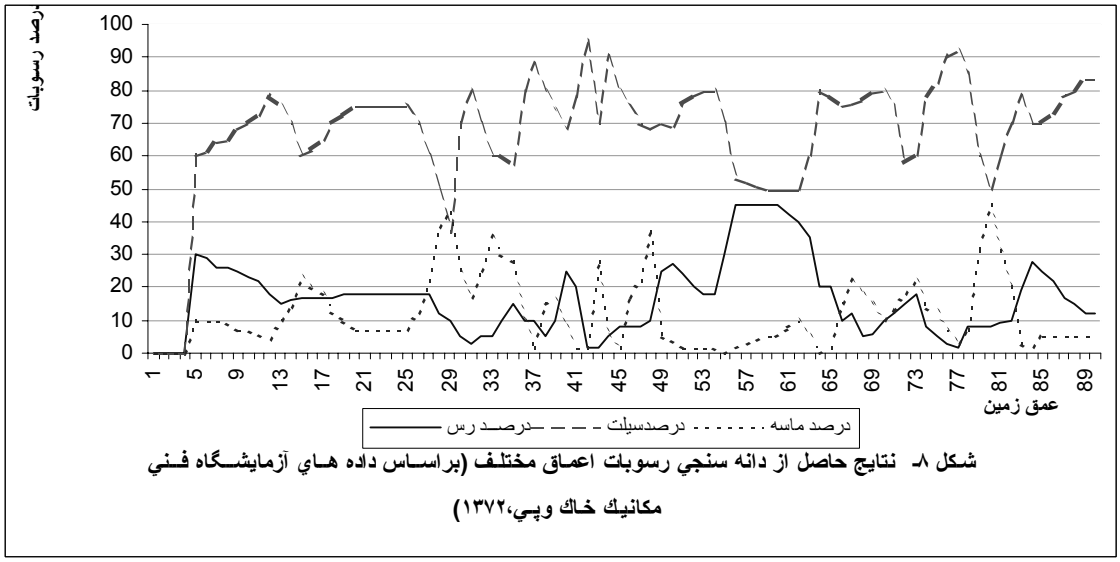
۷ – مقدار نشست زمین در منطقه

افزایش فشار بین‌ذره‌ای در رسوبات باعث تراکم و فشردگی عمودی لایه‌های زمین می‌شود. این فشار در سیستم‌های ساختمانی غیر متراکم با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید.

$$PI = Pt - Ph$$

که در این معادله PI فشار بین‌ذره‌ای، Pt مجموع فشار و Ph فشار هیدرولیک می‌باشد.

این معادله در عمل با تصور یک صفحه افقی فرضی در عمقی از سفره آبدار محاسبه می‌شود. فشار



شکل ۸- نتایج حاصل از دانه سنجي رسوبات اعماق مختلف (براساس داده هاي آزمایشگاه فني مکانیک خاک وپي،۱۳۷۲)

عمود بر روی این صفحه برابر وزن کلیه موادی است که بر روی آن قرار دارد. نیروی دیگری به نام فشار هیدرولیک آب‌های زیر زمینی از پایین بر این صفحه اثر می‌گذارد. تفاوت این دو فشار، مقدار فشار واقعی است که به ذرات منفرد رسوبات وارد می‌شود (فشار بین‌ذره‌ای).

مجموع فشار در عمق مورد نظر از طریق نسبت وزن مواد موجود (جامد یا مایع) در بالای این عمق بر واحد سطح افقی محاسبه می‌شود.

با توجه به موارد فوق، مقدار نشست از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$S_{u1} = (PI_2 - PI_1)\frac{Z_1}{E_1}$$

$$S_{u2} = PI_2\frac{Z_2}{E_2}$$

که در اینجا Su_1، نشست زمین در منطقهٔ هواگیر؛ Su_2، نشست زمین در سفره آبدار؛ PI_1، فشار بین ذره‌ای منطقه هواگیر؛ PI_2، فشار بین‌ذره‌ای سفره آبدار ؛ Z_1، ضخامت رسوبات منطقه هواگیر؛ Z_2 ، ضخامت رسوبات در سفره آبدار ؛E_1، ضریب الاستسیته رسوبات در منطقه هواگیر؛ E_2 ، ضریب الاستسیته رسوبات در سفره آبدار (رحمانیان ۱۳۶۵).

متوسط سطح آب در منطقه اشکذر از ۴۱ متر در سال ۱۳۵۲ به حدود ۵۴ متر در سال ۱۳۸۰ رسیده است. یعنی اینکه سطح آب زیر زمینی از سال ۱۳۵۲ تا سال ۱۳۸۰ در منطقه اشکذر حدود ۱۳ متر کاهش یافته است. ضریب کششی یا الاستیک با توجه به جدول پیوست پ و با توجه به وجود عنصر رس در آبرفت منطقه‌ای که سطح آب در آن افت نموده است (منطقه هواگیر) ۱۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و در منطقه زیر سطح آب (سفره آبدار) حدود ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع منظور شده است. مقدار PI_1 و PI_2 (فشار بین‌ذره‌ای) با توجه به جنس مواد در منطقه هواگیر از فرمول PI=Pt-Ph محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه مقدار تخلخل به علت بافت ریز آبرفت حدود ۳۰ درصد تعیین شده است (جدول پیوستی ت)، یک سانتی متر مکعب از مواد متشکله آبرفت دارای ۰/۷۰ مواد جامد است که با از دست دادن خاصیت شناوری حدود ۰/۷۰ گرم سنگین‌تر می‌شود. چون در منطقه تخلیه شده از آب به‌طور متوسط هنوز ۱۰ درصد آب باقی می‌ماند، وزن

هر سانتی متر مکعب آن حدود ۰/۱ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد که به رقم ۰/۷۰ افزوده می‌شود و در مجموع افزایش وزن مؤثری حدود ۰/۸۰ کیلوگرم بر سانتی متر مکعب را به وجود می‌آورد. از آنجا که منطقه تخلیه شده از آب حدود ۱۳ متر ضخامت دارد پس حداکثر افزایش وزنی که در این منطقه به وجود می‌آید حدود ۰/۸۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در سطح فعلی آب و ۰/۰۶۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در سطح قبلی آب می‌باشد که متوسط افزایش وزنی حدود ۰/۴۳ کیلو گرم بر سانتی متر مربع به دست می‌آید:

$$\frac{۰/۸۰}{۱۳} = ۰/۰۶۱$$

$$\frac{۰/۸۰ + ۰/۰۶۱}{۲} = ۰/۴۳$$

مقدار PI_2 (افزایش فشار بین‌ذره‌ای در سفره آبدار فعلی) با توجه به مقدار PI_2 در سطح جدید آب، حدود ۰/۸۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع برای تمام ضخامت سفره آبدار منظور می‌شود. بنابراین مقدار نشست زمین در منطقه هواگیر (SU_1) و مقدار نشست زمین در سفره آبدار که از آب خالی شده است(SU_2) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Su_1 = (۰/۸۰ - ۰/۰۶۱) \frac{۱۳}{۱۰۰} = ۰/۰۹$$

$$Su_2 = ۰/۸۰ \frac{۱۶۶}{۲۵۰} = ۰/۵۳$$

$$Su = ۰/۰۹ + ۰/۵۳ = ۰/۶۲$$

با توجه به محاسبات فوق، مقدار ۶۲ سانتی متر نشست زمین در منطقه اشکذر از سال ۱۳۵۲ تا سال ۱۳۸۰ مشاهده می‌شود. یعنی به ازای هر یک متر افت سطح آب زیرزمینی (۴/۶۷ = ۱۳ ÷ ۶۲)، ۴/۶۷ سانتی متر نشست زمین رخ داده است.

۸ - نتیجه‌گیری

شق‌ها در منطقه اشکذر یزد علاوه بر این که اشکال ریخت‌شناختی قبلی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، موجب ایجاد اشکال ویژه‌ای نیز می‌گردند که چه بسا تحول ریخت‌شناختی منطقه را به سمت دیگری هدایت نمایند. از میان علل مختلفی که معمولاً موجب ایجاد شق‌ها می‌گردند، احتمال وقوع نشست زمین از همه بیشتر است و همین نشست‌ها نیز به‌طور عمده حاصل برداشت بیش از حد آب‌های زیر زمینی می‌باشند. معنی‌دار بودن رابطه بین تغییرات زمانی برداشت آب و نشست زمین با مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای(۱۳۷۱)، شرکت مهندسی جاماب(۱۳۶۸) و فرحزادی(۱۳۵۳) که در بارهٔ بیلان آب‌های زیرزمینی این منطقه در دوره‌های مختلف که نشانگر تغییرات زمانی تخلیه وتغذیه این دشت می‌باشد، مطابقت دارد.

اندازه‌گیری میزان نشست زمین به روش بوئر نشان می‌دهد که به ازای هر متر افت سطح آب زیرزمینی ۴/۶۷ سانتی متر نشست زمین اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر از سالی که بیلان آب زیرزمینی منفی شده است تا سال ۱۳۶۰ شکاف‌ها و شق‌ها تشدید گردیده‌اند، حدود ۱۸ سانتی متر زمین نشست کرده است که این میزان با رشد ظاهری لوله جدار چاه اولیه جنگلبانی که در سال ۱۳۶۱ توسط طباطبایی با مقدار اندازه گیری

لوله جدار چاه اکتشافی شمسی که در سال ۱۳۷۸ توسط اختصاصی (۱۳۷۹) اندازه‌گیری شده است و همچنین با مقدار به دست آمده در سال ۱۳۸۲ که در طی این پژوهش در روستای بهرام آباد اندازه‌گیری شده است، مطابقت دارد. بنابر این علاوه بر این که مقادیر حاصل از این دو روش همدیگر را تأیید می‌نمایند، نشان می‌دهندکه در منطقه اشکذر چسبندگی رسوبات به لوله جدار که باعث کج شدگی لوله جدار چاه می‌گردد، وجود ندارد و میزان نشست زمین با میزان بالازدگی لوله جدار چاه یکسان است.

از این رو با افزایش جمعیت و برداشت اجباری از آب‌های زیر زمینی، در صورتی که جبرانی برای افت سطح آب زیرزمینی وجود نداشته باشد، باید انتظار تداوم نشست زمین را داشت. با این نشست شق‌ها گسترش بیشتری خواهند یافت و ممکن است چاله‌های کوچکی به وجود آیند که سبب ایجاد کویری قطعه قطعه شوند و ناحیه کویری را به سمت منطقه تلماسه‌ای و نبکاها بکشانند؛ مگر این که سطح آب زیرزمینی دوباره بالا بیاید که در این صورت ممکن است تثبیت شکاف‌ها و جلوگیری از فرسایش و پرشدگی آن‌ها شرایط نفوذ آب را در ماه‌های مرطوب فراهم سازد.

تشکر و قدردانی

در تهیه این مقاله از داده‌ها و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان یزد و شرکت جاماب و سازمان هواشناسی استان استفاده شده است که بدینوسیله از همکاری صمیمانه مسئولین محترم این سازمان‌ها تشکر می‌گردد. همچنین برخود وظیفه می‌دانیم که از دکتر داریوش مهرشاهی سپاسگزاری نماییم که اطلاعات ارزشمند خود را در اختیار ما قرار دادند.

منابع:

۱- مینی حسینی ، کامبد، ۱۳۷۳؛ فرونشست زمین بر اثر وجود قنات‌ها و فضاهای زیر زمینی، مجله عمران شریف(دانشگاه شریف تهران)، شماره ۱۵.

۲- اختصاصی محمد رضا و دانشور، محمد رضا ، ۳۷۹ ؛ سیر تحولات پس رفت قنات و پیشرفت بیابان در حوزه آبخیز دشت یزد — اردکان ، مجموعه مقالات قنات، جلد دوم، چاپ اول، شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد، تهران، سازمان سازندگی و آموزش وزارت نیرو .

۳- آزمایشگاه فنی مکانیک خاک و پی، ۱۳۷۲؛ گزارش مطالعات ژئوتکنیکی شهرک‌های صنعتی اشکذر و زارچ، اداره راه و ترابری استان یزد.

۴- اجل لوئیان، رسول و بهادران، بهزاد، ۱۳۷۷؛ ارتباط نوسانات آب‌های زیر زمینی با لغزش، نشست و ترک‌های سطحی زمین، مجموعه مقالات دومین همایش رانش زمین و راه‌های مقابله با خطرات آن، چاپ اول، استانداری کردستان با همکاری کمیسیون ملی یونسکو در ایران.

۵- ایران منش، حسین و پدرامی، منوچهر، ۱۳۶۷؛ گزارش بررسی علل ایجاد ترک در ساختمان‌های زمین روستاهای ورزنه و فیلاخص واقع در شرق گلپایگان، وزارت معادن و فلزات ، سازمان زمین شناسی کشور.

۶- پویا، سید عبد العظیم، ۱۳۷۹، آبنامه یزد، شناخت سرزمین، جلد اول، شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد.

۷- رحمانیان، داود،۱۳۶۷؛ پیامدهای استفاده بی رویه از آب‌های زیر زمینی، مجله رشد آموزش زمین شناسی، شماره ۱۲ و ۱۳.

۸- رحمانیان، داود، ۱۳۶۵؛ نشست زمین و ایجاد شکاف بر اثر تخلیه آب‌های زیر زمینی در کرمان، مجله آب، شماره ۶ .

۹- شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد، امور مطالعات آب زیر زمینی،۱۳۷۱؛ گزارش ادامه مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت یزد — اردکان.

۱۰- شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۶۸ ؛ طرح جامع آب کشور حوزه آبریز یزد — اردستان، وزارت نیرو.

۱۱- طباطبایی، اخوان، ۱۳۶۵؛ نشست زمین بر اثر برداشت شدید آب زیرزمینی دشت یزد — اردکان منابع طبیعی و کشاورزی، سازمان برنامه و بودجه یزد.

۱۲- عالمی، افشین، ۱۳۷۷؛ نشست زمین در دشت یزد — اردکان ، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران دانشگاه تربیت مدرس.

۱۳- فرحزادی، کیخسرو، ۱۳۵۵؛ گزارش آماری منطقه مطالعاتی یزد – اردکان، اکیپ مطالعاتی نیمه تفضیلی آب‌های یزد – اردکان ، جلد اول، وزارت آب و برق سابق.
۱۴- قبادیان، عطا الله، ۱۳۶۱؛ سیمای طبیعی استان یزد در ارتباط با مسائل کویری، استانداری یزد.
۱۵- کوک، آر . یو ودور کمپ، جی، سی، ۱۳۷۸؛ ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، جلد اول، ترجمه شاهپور گودرزی نژاد، انتشارات سمت .ص۲۶۴-۲۴۳.
۱۶- مهرشاهی، داریوش، ۱۳۸۳، زمین شناسی و ژئومورفولوژی استان یزد. طرح پژوهشی توان‌های بالقوه اکوتوریسم استان یزد، مجری: مبین محمد حسین. دانشگاه یزد.
۱۷- مشهوری نژاد، پوریا (۱۳۸۰)؛ بحران فرو نشست زمین، نشریه برزگر، شماره ۷۶۹.
18- Bouwer Herman,1977, land subsidence and cracking due to ground water depletion, Groundwater,V15, 338-364.
-Douglas A. E.,1927, The hazards of the subsidence and earth fissures in southern Arizona: http://ag. Arizona.edu/azwater/arroyo/o62 land .

19-Galloway, D.L., Jones, DR, and Ingebritsen, SE, 1999, Land subsidence in the United States: US Geological Survey Circular, 1182, 175 p.

20-Leake.S.A.,2001, land subsidence from grond water pumping: http//water.usgs/ogw subsidence.html.

21 -Pool, D.R.,1992, Simulation of Transient Ground Water Flow and Land Subsidence in the Picacho Basin, centeal arizona .USGS.

22 -Shoman L.,1998, General Groundwater in for mation land subsidence: http://www.dpla.water.ca. gov/nd/ground water land subsidence.HtmL

23 -Sneed M. and Galloway. d. L.,2002, Detection and Measurement of Land Subsidence Using Global Positioning System and Inter Ferometric Synthetic Aperature Radar Coachella Valley California: url . http://puhs.water.USGS.gov/wrio.

جدول پیوستی الف- ارتفاع متوسط سطح ایستابی آب های زیر زمینی دشت یزد- اردکان

دهه اول			دهه دوم			دهه سوم		
ردیف	سال	سطح مطلق ایستابی به متر	ردیف	سال	سطح مطلق ایستابی به متر	ردیف	سال	سطح مطلق ایستابی به متر
۱	۱۳۵۲	۸۶/۱۱۲۰	۱	۱۳۶۱	۰۴/۱۱۱۸	۱	۱۳۷۱	۸۹/۱۱۱۲
۲	۱۳۵۳	۴۳/۱۱۲۰	۲	۱۳۶۲	۴۷/۱۱۱۷	۲	۱۳۷۲	۳۶/۱۱۱۲
۳	۱۳۵۴	۳۲/۱۱۲۰	۳	۱۳۶۳	۸۹/۱۱۱۶	۳	۱۳۷۳	۸۸/۱۱۱۱
۴	۱۳۵۵	۱۲/۱۱۲۰	۴	۱۳۶۴	۲۵/۱۱۱۶	۴	۱۳۷۴	۶۰/۱۱۱۱
۵	۱۳۵۶	۹۸/۱۱۱۹	۵	۱۳۶۵	۷۳/۱۱۱۵	۵	۱۳۷۵	۰۲/۱۱۱۱
۶	۱۳۵۷	۷۴/۱۱۱۹	۶	۱۳۶۶	۵۵/۱۱۱۵	۶	۱۳۷۶	۲۸/۱۱۱۰
۷	۱۳۵۸	۳۱/۱۱۱۹	۷	۱۳۶۷	۱۶/۱۱۱۵	۷	۱۳۷۷	۹۷/۱۱۰۹
۸	۱۳۵۹	۹۲/۱۱۱۸	۸	۱۳۶۸	۵۹۰/۱۱۱۴	۸	۱۳۷۸	۱۰/۱۱۰۹
۹	۱۳۶۰	۳۹/۱۱۱۸	۹	۱۳۶۹	۷۷/۱۱۱۳	۹	۱۳۷۹	۴۱/۱۱۰۸
۱۰			۱۰	۱۳۷۰	۲۷/۱۱۱۳	۱۰	۱۳۸۰	۸۷/۱۱۰۷

جدول پیوستی ب- میزان بارندگی در سالهای قبل از نشست زمین و بعد از نشست زمین در منطقه اشکذر (توکلی و هاشمی ۱۳۷۸) .

میزان بارندگی قبل از زمان نشست زمین				میزان بارندگی بعد از زمان نشست زمین	
سال	میزان بارندگی	سال	میزا ن بارندگی	سال	میزان بارندگی
۱۳۳۲	۷۰/۴۹	۱۳۴۷	۲۰/۸۴	۱۳۶۱	۲۰/۸۷
۱۳۳۳	۳۰/۳۲	۱۳۴۸	۹۰/۴۳	۱۳۶۲	۳۰/۸۶
۱۳۳۴	۰۰/۱۷۱	۱۳۴۹	۷۰/۱۶	۱۳۶۳	۶/۱۱۴
۱۳۳۵	۷۰/۵۱	۱۳۵۰	۰۰/۹۸	۱۳۶۴	۱۰/۴۹
۱۳۳۶	۲۰/۶۶	۱۳۵۱	۷۰/۳۹	۱۳۶۵	۰۰/۸۷
۱۳۳۷	۸۰/۱۰۳	۱۳۵۲	۲۰/۳۵	۱۳۶۶	۸۰/۵۹
۱۳۳۸	۰۰/۴۳	۱۳۵۳	۰۰/۳۱	۱۳۶۷	۱۰/۲۸
۱۳۳۹	۹۰/۵۶	۱۳۵۴	۷۰/۵۲	۱۳۶۸	۷۰/۴۹
۱۳۴۰	۴۰/۳۵	۱۳۵۵	۹۰/۶۲	۱۳۶۹	۰۰/۵۸
۱۳۴۱	۰۰/۳۸	۱۳۵۶	۱۰/۱۴۸	۱۳۷۰	۰۰/۶۶
۱۳۴۲	۰۰/۶۰	۱۳۵۷	۱۰/۲۳	۱۳۷۱	۰۰/۱۰۴
۱۳۴۳	۱۰/۶۱	۱۳۵۸	۸۰/۸۴	۱۳۷۲	۰۰/۲۱
۱۳۴۴	۰۰/۴۳	۱۳۵۹	۹۰/۴۸	۱۳۷۳	۵۰/۳۳
۱۳۴۵	۰۰/۲۱	۱۳۶۰	۶۰/۳۰	۱۳۷۴	۲۰/۱۰۴
۱۳۴۶	۷۰/۵۷			۱۳۷۵	۶۰/۲۸
				۱۳۷۶	۶۰/۳۵
				۱۳۷۷	۴۰/۱۱۴
				۱۳۷۸	۹۵/۳۷
				۱۳۷۹	۹/۱۲
				۱۳۸۰	۲۰/۵۷

جدول پیوستی ج- مقادیر ضریب الاستیسیته (E) برای انواع خاکها بر اساس تئوری ترزاقی برای محاسبه میزان نشست زمین (رحمانیان،۱۳۶۵)

ردیف	نوع خاک	Kg/Cm^2	ردیف	نوع خاک	Kg/Cm^2
۱	رس نرم	۳۵-۵/۱۷	۶	رس متراکم و سیلت	۱۰۰۰-۱۰۰
۲	رس سخت	۱۴۰-۶۰	۷	رس غیر متراکم و سیلت	۱۰۰-۵۰
۳	ماسه شل	۲۸۰-۱۰۵	۸	رس غیر متراکم	۵۰-۱۰
۴	ماسه متراکم	۷۰۰-۳۵۰	۹	زغال سنگ	۵-۱
۵	ماسه نرم	۲۰۰-۱۰۰			

جدول پیوستی د- خصوصیات فیزیکی مواد در منطقه هواگیر و سفره آبدار منطقه اشکذر (عالمی ۱۳۷۷)

وزن کل	وزن مخصوص	حجم آب به درصد	تخلخل به درصد	
۸۵/۱	۷۱/۲	۱۰	۳۰	منطقه هواگیر
۱۴/۲	۷۱/۲	۳۰	۳۰	سفره آبدار