

## نقش ویژگی‌های کانی‌شناسی رس در شدت فرونشست زمین‌های دشت ابرکوه یزد

محمد اخوان قالیباف\*، استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران  
هستی بیدکی، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران  
حمید مهرنهاد، استادیار دانشکده مهندسی عمران، پردیس فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، ایران

### چکیده

در دشت ابرکوه یزد پدیده ناخواسته فرونشست و رانش زمین در چندین موقعیت گزارش شده است. مطالعه حاضر مربوط به رانش‌های موجود در یک مزرعه پسته در مسیر جاده کمربندی از یزد و نزدیکی ابرکوه، پس از هلال احمر است. پس از ثبت مشاهدات مرفولوژیکی، کار نمونه‌برداری از خاک در موقعیت‌های نشست زمین انجام شد. آزمایشات معمول خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بر روی خاک و رسوبات انجام گرفت. آزمایشات تکمیلی مانند روش‌های طیف نگاری فلوروسنس اشعه ایکس جهت تشخیص عناصر کل و پراش اشعه ایکس جهت کانی‌شناسی بر روی نمونه‌های رس از رسوبات و خاک‌ها صورت گرفت. آنچه می‌توان به عنوان یافته‌های جدید در این تحقیق اشاره کرد، وجود سازندهای رسوبی دولومیت‌دار اقلیم خشک و بیابانی دشت ابرکوه است که گمان عامل کارست در نشست زمین را با تردید مواجه می‌نماید. وجود دولومیت از طریق آزمایشات شیمیایی و پراش اشعه ایکس اثبات گردید. همچنین ویژگی خاص رس‌ها در این ناحیه به صورت بین لایه‌ای تبادلی از ایلات و اسمکتیت، توانسته است تا شدت فرونشست زمین را در این ناحیه افزایش دهد. وجود نوسانات سطح آب زیر زمینی به جای تنها افت سطح آب می‌تواند تأثیر رس‌ها در رانش زمین در این ناحیه را افزایش داده باشد. پیشنهاد می‌شود تا با افزودن ترکیبات کلسیم‌دار، پایداری رس‌ها را افزایش داد و واگرایی آنها را کم کرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد تا با چینه‌شناسی و شناسایی لایه‌های رس موجود در رسوبات آبرفتی دشت ابرکوه، نقشه پهنه بندی خطر نشست زمین تهیه گردد تا کاربری اراضی و میزان استحصال آب را مدیریت کرد.

**کلمات کلیدی:** فرونشست زمین، نوسانات سطح آب زیر زمینی، اختلاط تصادفی ایلات-اسمکتیت

## مقدمه

واگرایی خاک<sup>۱</sup> و ناپایداری سطح زمین به صورت نشست زمین<sup>۲</sup> و به شکل فروچاله‌ها در ابرکوه یزد، موضوعی است که در ایران و جهان، هرچند عوامل تشدید کنندگی متفاوتی از جمله تکنوتیک، انحلال املاح پرمحلول و کارسترا برای آن ذکر کرده‌اند، ولی تماماً به یک عامل اصلی منتهی می‌گردد و آن برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های آب زیر زمینی است (جباری، ۱۳۸۳ و زارع مهرجردی، ۱۳۹۰). در این رخداد به عواملی مانند انحلال املاح، کارست‌های سنگ پی، تکنوتیک و نقش رس در مقاومت خاک در گزارش‌های متفاوت توجه شده است. اهمیت مطالعه موضوع نشست زمین به دلیل اختلال در کاربری‌های عمرانی مانند زیر سازی جاده‌ها و بناها و ناپایداری خطوط انتقال نیرو، گاز و آب برکسی پوشیده نیست. حتی وضعیت شدید آن مانند آنچه در ابرکوه رخ داده است، کاربری‌های کشاورزی را نیز دچار مشکل کرده است. از این رو در تهیه نقشه‌های پهنه بندی شدت، لازم است تمامی عواملی که در این عارضه نقش دارد را مورد توجه قرارداد.

از آنجا که کانی‌های رس با توجه به سطح ویژه بالا و دارا بودن سطوح تبادل با یون‌هایی مانند سدیم، می‌تواند یکی از عوامل موثر در واگرایی خاک و رانش زمین باشد، در این مطالعه در موقعیت فروچاله‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در بخش‌های مهرآباد و بهمن از شهر ابرکوه، به ویژه در حاشیه روستاهای فیض آباد و هروک، هرچند منشا ایجاد چاله‌ها به دلیل انحلال آهک و به پدیده کارست نسبت داده شده است، سعی شده است تا با مطالعه کانی شناسی رس در این ناحیه، ضمن بررسی نقش رس در تشدید این پدیده و در نوع خاص نشست زمین در ابرکوه یزد، با پدیده مشابه آن در ناحیه دشت یزد - اردکان و دشت شهرکرد مقایسه گردد.

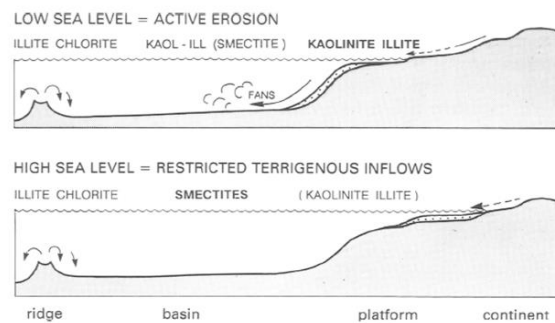
کانی‌های بین لایه‌ای مانند ایلایت - اسمکتیت نسبت به انواع اسمکتیت منیزیم‌دار و تری اکتاهدرال بیشتر در محیط‌هایی که تبخیری نیستند، به وجود می‌آیند (بیافورت،

- 
1. Soil Divergency
  2. Land subsidence

۱۹۱۰<sup>۱</sup>). از آنجا که با پایین رفتن سطح سفره آب زیر زمینی در یک آبخوان و با توجه به قابلیت فشرده شدن رسوبات پیرامون سفره آب پس از خشک شدن، نشست زمین اتفاق می‌افتد، از این رو در شدت این فشردگی و فرونشست عوامل اصلی می‌تواند اندازه ذرات رسوبات، کانی‌شناسی رس، ژئوشیمی، آب روزه‌ای و زیر زمینی باشد که تعیین کننده میزان نشست است (پولند و دیویس، ۱۹۶۹<sup>۲</sup>). میزان نشست می‌تواند از یک تا ده متر به ازای هر ۱۰ متر افت سطح آب سفره اتفاق بیافتد که آن نیز به عواملی مانند ضخامت رسوبات، و تراکم پذیری آن بستگی دارد. همچنین مواردی از حرکت جانبی زمین نیز در مواردی که از منابع نفت و گاز بهره برداری شده، گزارش شده است (باور، ۱۹۷۷<sup>۳</sup>). در تحقیق تیری و جک کوئین<sup>۴</sup> (۱۹۹۳) و نمودار هک (۱۹۹۱)<sup>۵</sup> در شکل یک در زمینه پراکندگی رس‌های با سن کرتاسه در رسوبات دریایی عمیق نشان دادند که تحت تاثیر کوه زایی‌ها، نوسانات سطح آب دریا و شکل اقیانوس‌ها در گذشته بوده است. آنها در مطالعه خود از چهار کانی رسی اصلی، منشا دو کانی را مربوط به رسوبات اقیانوسی و دو مورد دیگر را مربوط به تبدیل رس‌ها به یکدیگر به صورت جدید دانستند. آنها ایلات و کلریت به همراه ایلات - اسمکتیت‌های بین لایه‌ای و اسمکتیت را بر روی بستر دریایی بازالتی و آذرآواری‌ها مربوط دانستند، اما کائولینیت با مقادیر متغیری از ایلات، کلریت، اسمکتیت و کانی‌های بین لایه‌ای را نتیجه موادآواری و تخریبی قاره‌ای از پلات فرم‌های<sup>۶</sup> ساحلی دانستند. همچنین آنها اسمکتیت را یک کانی غالب در رسوبات عمیق دریایی کرتاسه تشخیص دادند. این کانی ثانویه توانسته است در نتیجه تغییر و تحول بر روی کانی‌هایی که در طی مراحل آواری به اقیانوس منتقل شده است، به وجود آمده باشد.

1. Biaufort, D, 1910
2. Poland & Davis, 1969
3. Bouwer (1977)
4. Thiry and Jacquin (1993)
5. Haq (1991)
6. Platforms

آن‌ها در شکل ۱ این روند را مرتبط با سطح آب دریا نشان دادند. کانی‌های رسی دارای قابلیت لخته شدن متفاوتی هستند.



شکل ۱. ارتباط بین سطح آب دریا، فرسایش اراضی قاره‌ای، فرآیندهای رسوب شناسی و پراکندگی کانی‌های رسی (هک<sup>۲</sup>، ۱۹۹۱).

به طوری که این تمایل به ترتیب از کائولینیت به ایلایت و به اسمکتیت کم می‌شود و گاهی این کانی‌ها به صورت بین لایه‌ای در امتداد محور C قرار می‌گیرند. رانکا و همکاران (۲۰۰۴)<sup>۳</sup> در کتاب منتشر شده از انستیتو دولتی ژئوتکنیک سوئد در بخش ۱، ۳ از کتاب با عنوان خصوصیات ژئوتکنیکی رس‌های فعال<sup>۴</sup> به تفکیک رس‌ها از جنبه درجه فعالیت در رانش‌های زمین پرداختند. آنها رس‌های سریع که همان رس‌های روان<sup>۵</sup> تعریف شده است را در دسته‌های اصلی فعال و غیر فعال و همچنین در اجزای فعال، معمولی و غیر فعال قرار دادند. همچنین از شاخص‌های تعیین فعالیت رس را علاوه بر نوع رس، نوع کاتیون جذب شده در سطح آن ذکر کردند. به طوری که اسمکتیت را در مجاورت کلسیم درجه یک فعالیت و در مجاورت سدیم درجه ۷ با بیشینه درجه فعالیت نسبت دادند، در حالی که مسکویت از کانی‌های گروه میکا دارای

1. Flocculation
2. Haq, 1991
3. Rankka et al (2004)
4. Quick clays
5. Liquefied clays

درجه ۰/۲۳ است. از شاخص‌های تعیین شدت فعالیت رس که در کتاب رانکا و همکاران ارائه شده است، نسبت شاخص خمیرایی برحسب درصد از شاخص‌های حدود اتربرگ به درصد رس است، چنان که با استفاده از این شاخص رس‌های با نسبت بیشتر از ۱/۴ در گروه رس‌های فعال یا سریع قرار می‌گیرد. فین وج و همکاران (۲۰۰۶)<sup>۱</sup> در مطالعه خود در دشت رسی بانکوک ارتباط بین برداشت آب زیرزمینی که از دهه ۸۰ به بالغ بر ۲ میلیون متر مکعب در روز رسیده است را سبب نشست سالانه ۱۲۰ میلی متری دشت تشخیص دادند. پاجیکو و همکاران (۲۰۰۶)<sup>۲</sup> در مکزیک در دره کورتارو نشست زمین را بر روی رسوبات ریز دانه رسی مدل سازی کردند، به طوری که در این مدل، نشست این دره با هندسه آبخوان مرتبط بوده و تنش‌های برشی و کششی حاصله خصوصیات ظاهری گسل را به همراه داشته است، برای اولین بار گزارش احتمال تشکیل کانی‌های گروه اسمکتیت در خاک‌های تشکیل شده بر روی آبرفت‌های قدیمی یزد توسط اخوان و همکاران (۱۳۸۸) با انجام آزمایش‌های ترمال و اسپکترومتری فلورسنس اشعه ایکس گزارش گردید در این گزارش بر طبق گزارش بورچاردت (۱۹۸۹)<sup>۳</sup> که بیدلیت می‌تواند نتیجه هوازدگی میکاهای دی اکتاهدرال حاصل شده باشند؛ زیرا این‌ها قبلاً جان‌شینی لازم را در لایه تتراهدرال خود برای ساختمان بیدلیت پیدا کرده‌اند، گمان آن مطرح شد که این فرآیند می‌تواند در محیط خاک یزد با تاثیر اقلیم‌های مرطوب گذشته به وجود آمده باشد. همچنین آنها با شباهت ترموگرام‌های به دست آمده در ناحیه یزد با ترموگرام‌هایی که توسط راس و هندریکس (۱۹۵۷)<sup>۴</sup> و همچنین ترموگرام‌هایی که در گزارش مک کنزی (۱۹۴۵)<sup>۵</sup> از رس بیدلیت ارائه شده بود، احتمال تشکیل رس‌های گروه اسمکتیت در خاک‌های یزد را مطرح کردند.

1. Phien-wej (2006)
2. Pacheko et al (2006)
3. Borchardt (1989)
4. Ross and Hendricks(1945)
5. Mackenzie(1945)

اخوان و المدرسی (۲۰۰۹) با توجه به بعضی از خصوصیات فیزیکی در بخش‌هایی از آبرفت‌های قدیمی یزد، رس‌های گروه اسمکتیت را در ایجاد شکاف‌های غول‌آساموثر دانستند. اخوان و محمدی (۱۳۹۰)، در مطالعه کانی‌شناسی رس در دشت یزد-اردکان، تیپ غالب کانی‌های رسی را از گروه ایلایت با بیش از ۸۰ درصد به دست آوردند. محمدی و اخوان (۲۰۱۱) با بررسی رسوبات با آنالیزهای ترمال و طیف‌سنجی فلورسنس اشعه ایکس سعی کردند چینه‌شناسی دشت رسوبی یزد-اردکان را از نظر منشا با سازندهای زمین‌شناسی کنونی مقایسه کنند. آنها در تحقیق خود از نمونه‌های رسوبات رسی جدید و قدیمی دشت سیلابی یزد-اردکان و نیز بعضی از سازندهایی که در ناحیه یزد می‌تواند در تولید رسوبات رسی موثر باشند، آزمایش پراش اشعه ایکس را انجام دادند. در درجه دوم، از نظر کمیت، کانی‌های همراه با ایلایت را در دشت یزد-اردکان، کلریت، کائولینیت و در مقدار کمتر اسمکتیت تشخیص دادند.

مهرنهاد و همکاران (۱۳۹۰) نقش گسل‌ها را در دشت یزد-اردکان در تغذیه سفره‌های این دشت مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه پهنه‌بندی گسیختگی و نشست زمین در دشت سیلابی یزد-اردکان بر اساس شاخص‌های فیزیکی و کریستالو شیمی با توجه به جنبه‌های کانی‌شناسی رس توسط اخوان و همکاران (۱۳۹۱) نقش تغییر و تحول در کانی‌های رسی را به عنوان یک عامل اصلی در تشدید واگرایی و نشست زمین به دست آوردند. همچنین در این تحقیق کانی‌های رسی در دشت قدیمی آبرفتی را ایلایت به همراه اسمکتیت به دست آوردند و همچنین گزارش کردند که بخشی از کانی‌های رسی با تجزیه و انحلال به مواد بی‌شکل تبدیل شده است. در گزارش اخیر در خصوص نشست زمین در دشت یزد اردکان مانند ناحیه رستاق و یا بخش‌هایی از خویدک یزد شکاف‌ها و رانش‌هایی با طول ۱۰۰ متر، عرض چند متر (۲-۵ متر) و عمق تا ۳۰ متر ذکر گردیده است. همچنین در بخش نتایج و بحث این گزارش، آنها این پدیده را از مشکلات جنبی برداشت بی‌رویه آب که نا سازگار با اقلیم و بیلان آب ناحیه بوده است، ذکر نمودند. آنها این وضعیت را در نتیجه تغییر در روش برداشت آب از حدود

دهه ۵۰ زمانی که قنات‌ها جای خود را به چاه‌های عمیق دادند و بر تعداد چاه‌های جدید در دشت‌ها نیز روز به روز افزوده گردید، ذکر کردند. یکی از دلایل تشدید نشست زمین در دشت‌های ایران را به خشک‌سالی‌هایی مربوط دانستند که از دهه ۷۰ افزایش یافته، در حالی که مصرف آب نه تنها با تناسب کمبود بارش‌ها کمتر نشد، بلکه حتی به نحوی تصاعدی با رشد و توسعه اراضی کشاورزی و صنعتی افزایش یافت. کرم و همکاران (۱۳۹۲) تعداد فروچاله‌ها را در دشت ابرکوه و در اطراف روستای فیض آباد، ۲۸ عدد و در اطراف روستای هروک ۳ مورد ذکر کردند. آنها با استفاده از روش سامانه اطلاعات جغرافیایی شامل ۸ لایه اطلاعات لایه‌های توپوگرافی، سطح آب زیر زمینی، زمین شناسی، پوشش‌های خاک و گیاه و فعالیت‌های انسانی، به طور کلی ۳۲ درصد از منطقه مورد مطالعه خود، در ناحیه مرکزی شهرستان ابرکوه، را در معرض خطر بالای وقوع فروچاله به دست آوردند. در گزارشی که در خصوص نشست زمین در دره سان جواکین<sup>۱</sup> توسط لودورف و همکاران (۲۰۱۴) منتشر شده است، میزان نشست زمین که به دلیل فعالیت‌های انسانی به وجود آمده را حدود یک فوت در سال ذکر کرده‌اند. همچنین آنها بدون احتساب خسارات وارده به نهرها و کانال‌ها تنها هزینه‌های بازسازی نشست را در طی سال‌های ۱۹۵۵-۱۹۷۲، ۱/۳ بیلیون دلار برآورد کردند. کو و همکاران (۲۰۱۴) در شهر خیابان چین در یک دوره ۷ ساله با استفاده از تصاویر راداری توانستند وضعیت نشست زمین را ثبت کنند. آنها در مطالعه خود از تکنیک InSAR استفاده کردند. هرچند در علت و نحوه فرونشست، نقش افت سطح سفره غیر قابل انکار است، ولی در نحوه وقوع این پدیده می‌تواند عوامل متفاوتی دخیل باشد که در این خصوص شاید بتوان نظریه ژئودوالیتی یا زوجیت به کار رفته در خصوص ژئومرفولوژی ایران توسط پورخسروانی (۱۳۹۳) اشاره کرد. به دلیل خصوصیت خاصی از زمینمی‌تواند رخداد نشست، دیرتر، زودتر و یا با شکل متفاوتی از نقطه دیگری نمایان گردد. رهبر عالم شیرازی و اخوان قالیباف (۲۰۱۴)<sup>۲</sup> با مقایسه سازندهای

---

1. San Joaquin Valley  
2. RahbarAlamShirazi and Akhavan Ghalibaf (2014)

دولومیتی سلطانیه مربوط به دیرینه زیستی در جنوب یزد با سازند های آهکی نایبند مربوط به میانه زیستی، روند هوازدگی ضعیف تری را برای سازند های دولومیتی گزارش کردند. آنها آب و هوای خشک و بیابانی را دلیلی برای محدودیت هوازدگی و انحلال دولومیت‌های یزد در مقایسه با دولومیت‌های مناطق سرد و مرطوب اروپایی ذکر نمودند.

### داده‌ها و روش‌ها

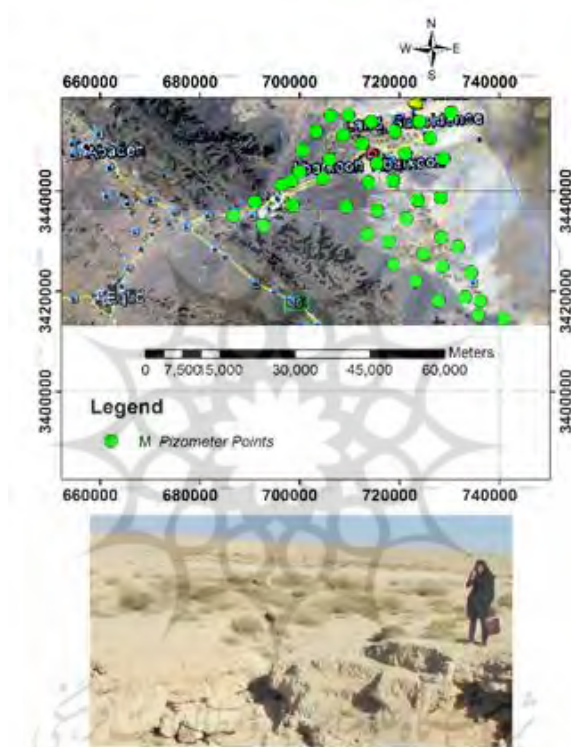
اقلیم شهرستان ابرکوه با دو بخش عمده مهر آباد و بهمن از یک ژئومرفولوژی بیابانی شامل چاله نمکی، بخش‌های حاشیه چاله رسی و دشت‌سرها و کوهستان بهره مند بوده و تابعی از آب و هوای گرم و خشک فلات مرکزی ایران است. مطابق با آمار آب منطقه‌ای یزد، از ویژگی اقلیمی این ناحیه، ناچیز بودن میزان بارش با میانگین سالانه در حدود ۷۵ میلیمتر است. در عوض میانگین سالانه تبخیر و تعرق پتانسیل آن بالغ بر ۲۰ برابر بارش و به حدود ۱۵۰۰ میلیمتری بالغ می‌شود. دامنه تغییرات درجه حرارت میانگین مطلق سالانه در این ناحیه از حداقل زیر ۱۰ درجه سانتیگراد تا حداکثر بالای ۴۳ درجه سانتیگراد از یک دامنه ۵۳ درجه سانتیگراد برخوردار است (ویکی پدیا، ۲۰۱۵) از آنجا که نزولات جوی این ناحیه ناچیز است و از وجود رودخانه دائمی نیز برخوردار نیست، از این رو آب مورد نیاز به ویژه در زمینه کشاورزی در گذشته از قنات و امروز عمدتاً از چاه‌های نیمه عمیق و عمیق تامین می‌شود. از آنجا که بهره برداری از آب چاه را بر خلاف آب قنات به سختی می‌توان با شرایط اقلیمی موجود تطبیق داد، به ویژه در مناطقی که به صورت باغ (مانند پسته کاری) توسعه یافته است، در سال‌های خشک نیز همانند ایام ترسالی از آب چاه‌ها و حتی با میزان بیشتر استحصال می‌گردد. نتیجه این امر افت شدید سطح آب زیر زمینی در این دشت مانند بسیاری از دشت‌ها در نواحی دیگر کشور است. منطقه مورد مطالعه در مسیر جاده



یزد به ابرکوه در دو کیلومتری ابرکوه بعد از حلال احمر در مزرعه‌ای واقع گردیده است. این ناحیه دارای کاربری پسته کاری با سطح زیر کشت حدود یکصد هکتار است که وسعت آن همچنان در حال توسعه است. موقعیت پروفیل‌های شاهد در منتهی الیه شمال غربی مزرعه واقع گردیده و آن جایی است که میزان فرونشست‌ها از سایر بخش‌ها بیشتر است. این موقعیت‌های کشاورزی و فرونشست که در فاصله چند صد متری چاه آب کشاورزی قرار دارد، به ترتیب دارای مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۲ دقیقه و ۲۸/۱۶ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۵/۹۶ ثانیه شرقی و همچنین ۳۱ درجه و ۱۲ دقیقه و ۳۱/۶۵ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۹/۹۲ ثانیه شرقی است (شکل ۲). پس از مشاهده و بررسی عوارض زمین و خاک‌ها با حفر پروفیل به عمق ۲ متر در بخش کشاورزی و نیز با بررسی خاک از دیواره بخش دارای شق، ویژگی‌های ظاهری خاک‌ها بررسی گردید و از آنها نمونه برداری انجام شد. همچنین از آب چاه کشاورزی ضمن انجام بعضی از آزمایشات معمولی جهت مطالعه آزمایشگاهی، نمونه برداری گردید. در آزمایشگاه بعد از انجام آزمایشات معمول فیزیکی و شیمیایی خاک شناسی بر روی خاک و آب برداشت شده، از آنها نمونه‌هایی جهت آزمایشات تکمیلی ژئوشیمی و کریستالوشیمی مانند آنالیز عناصر کل خاک به روش طیف نگاری فلوروسنس اشعه ایکس و نیز آزمایش پراش اشعه ایکس آماده گردید. آزمایشات طیف سنجی فلوروسنس اشعه ایکس با استفاده از دستگاه اس ۴ اکسپلورر ساخت بروکر آمریکا<sup>۱</sup> در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه یزد صورت گرفت و آزمایش پراش اشعه ایکس نیز به سفارش همان آزمایشگاه توسط دستگاه فیلیپس با توان ژنراتور ۴۰ کیلوولت و ۳۰ میلی آمپر در فاصله ۲ تا ۴۰ درجه دو تتا با سرعتی برابر نیم درجه دو تتا در ثانیه اسکن گردید. به منظور بررسی خصوصیات مکانیک خاک، آزمایش‌هایی از جمله اندازه‌گیری حدود اتربرگ، پین هول<sup>۲</sup> و اندازه‌گیری ضریب

1. S4 Explorer, Bruker, USA
2. Pine Hole

انبساط خطی<sup>۱</sup> بر روی نمونه‌های خاک در محلات‌آزمایشگاه‌های مکانیک خاک دانشکده عمران و آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد انجام شد. برای محاسبه درصد نوع رس بر روی دیفراکتوگرام‌های اشعه ایکس از روش بیسکایی<sup>۲</sup> (۱۹۶۴)، استفاده گردید.



شکل ۲- موقعیت منطقه مطالعاتی با رانش و نشست زمین (تصویر پایین) و چاه‌های پیزومتری دشت ابرکوه (دایره‌ها) بر روی گوگل ارث (تصویر بالا)

### نتایج و بحث

بیشترین دیدگاه‌های محقق در زمینه نشست زمین که در بررسی منابع ارائه شده است، به مصرف آب و افت سطح سفره آب زیرزمینی مربوط است. هرچند عوامل

1. COLE (Coefficient of linear Extensibility)  
2. Biskaye (1964)

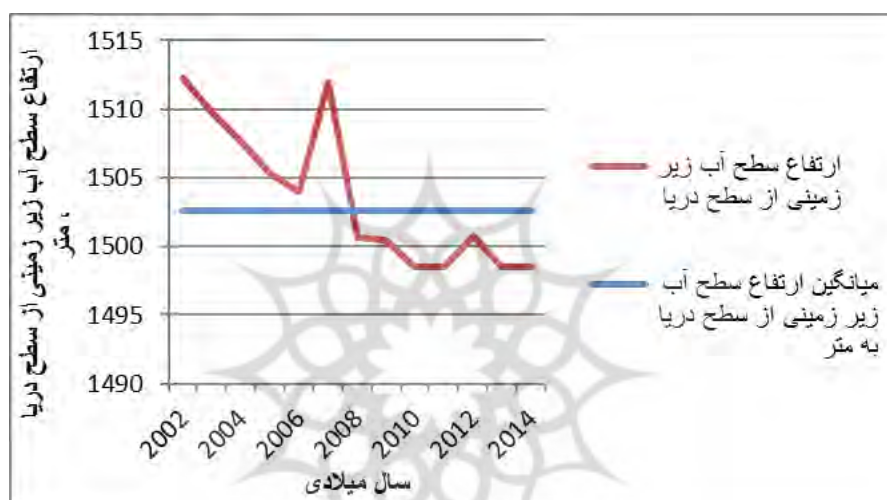
دیگر مانند بافت و ترکیب مواد تشکیل دهنده بستر سفره و شرایط و فعالیت‌های زمین ساختی می‌تواند نقش تشدیدکنندگی در پدیده نشست و رانش زمین را داشته باشد. وضعیت نوسانات سطح آب زیر زمینی در دشت ابرکوه با توجه به آمار پیرومتری سطح آب که توسط سازمان آب منطقه‌ای یزد تهیه شده، در نمودار ۱ ارائه گردیده است. آنچه می‌توان از نمودار ۱ نتیجه گرفت، ویژگی نوسان سطح آب در کنار افت سطح در این ناحیه است، به طوری که در زمان پایین‌ترین سطح آب در سال ۲۰۱۴ تا بالاترین آن در سال ۲۰۰۲ در یک فاصله زمانی سیزده ساله، سطح آب در حدود ۱۳٫۸ متر کاهش یافته است. البته در این فاصله زمانی سطح آب زیر زمینی دارای نوسانات کوچکتری نیز بوده است. بنابراین دشت ابرکوه ضمن افت سطح آب زیر زمینی با نوسان سطح آب نیز همراه بوده است. البته از آنجا که در این مطالعه سعی شده تا به خصوصیات ژئوشیمیایی و کریستالوشیمیایی موثر در نشست زمین پرداخته شود، از بررسی دلایل این نوسانات خودداری شده، ولی می‌تواند سال‌های خشکسالی و ترسالی، تغییر کاربری‌ها و تغییر در روند نظارت و کنترل برداشت توسط مراجع مربوطه از دلایل آن باشد. برای مثال افزایش سطح آب در سال ۲۰۰۷ میلادی (۱۳۸۶ شمسی) را مطابق آمار هواشناسی<sup>۱</sup> می‌توان به افزایش بارندگی‌های سراسری از جمله یزد در زمستان ۸۴ و ۸۵ مربوط دانست. در نتیجه هر آنچه که از نتایج آماری مشهود است همان بالا و پایین رفتن سطح آب در آبخوان‌های موجود در دشت ابرکوه می‌باشد.

اثر این نوسانات سطح آب در سال‌های مختلف به همراه تغییرات فصلی سطح آب توانسته است تا بر روی ترکیبات خاک، شرایط احیا در هنگام بالا آمدن سطح آب و شرایط اکسیداسیون با خروج رسوبات از آب را فراهم کند. همچنین آب‌گیری و خروج آب می‌تواند کانی‌های رسی آماس‌پذیر را در تناوبی از تورم و چروکیدگی قرار دهد که خود این پدیده ممکن است با پیدایش عوارض فیزیکی ثانویه بر روی زمین مانند گیلگای<sup>۲</sup> همراه گردد که از ویژگی خاک‌های دارای رس‌های آماس‌پذیر است

1. <http://iranmet.takbb.com/printthread.php?tid=560&page=170>

2. Gilgai

(کلید تاکسونومی خاک<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). در این خصوص با مشاهده‌ای که در ناحیه مورد مطالعه صورت گرفت، بر روی دیواره پروفیل‌های حفر شده آثاری از ماتلینگ<sup>۲</sup> با برتری رنگ قرمز مربوط به هماتیت در عمق ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتری از سطح خاک مشاهده شد. همچنین میکروریف‌ها یا همان گیلگای<sup>۳</sup> موجود بر روی سطح زمین به دلیل عدم یکنواختی توزیع آب و املاح، در تشدید واگرایی خاک موثر بوده است.

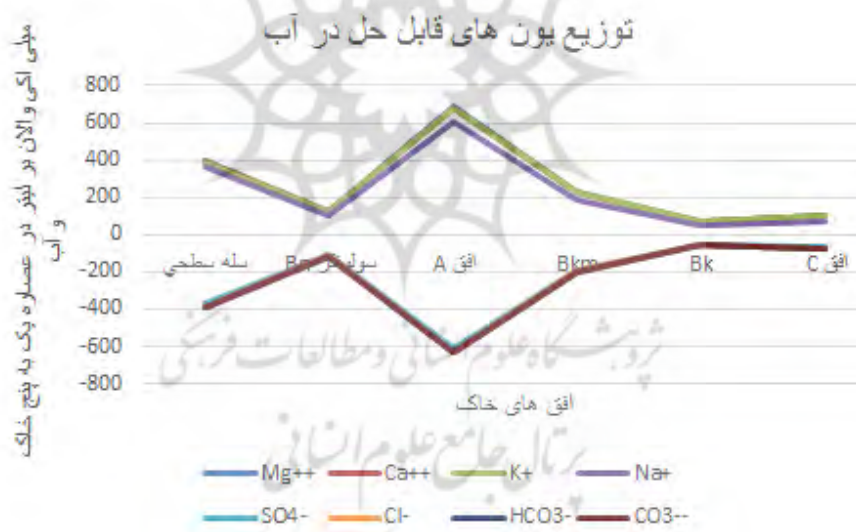


نمودار ۱. نوسان سطح آب زیر زمینی در سال‌های مختلف استخراج شده از آمار سازمان آب منطقه‌ای یزد

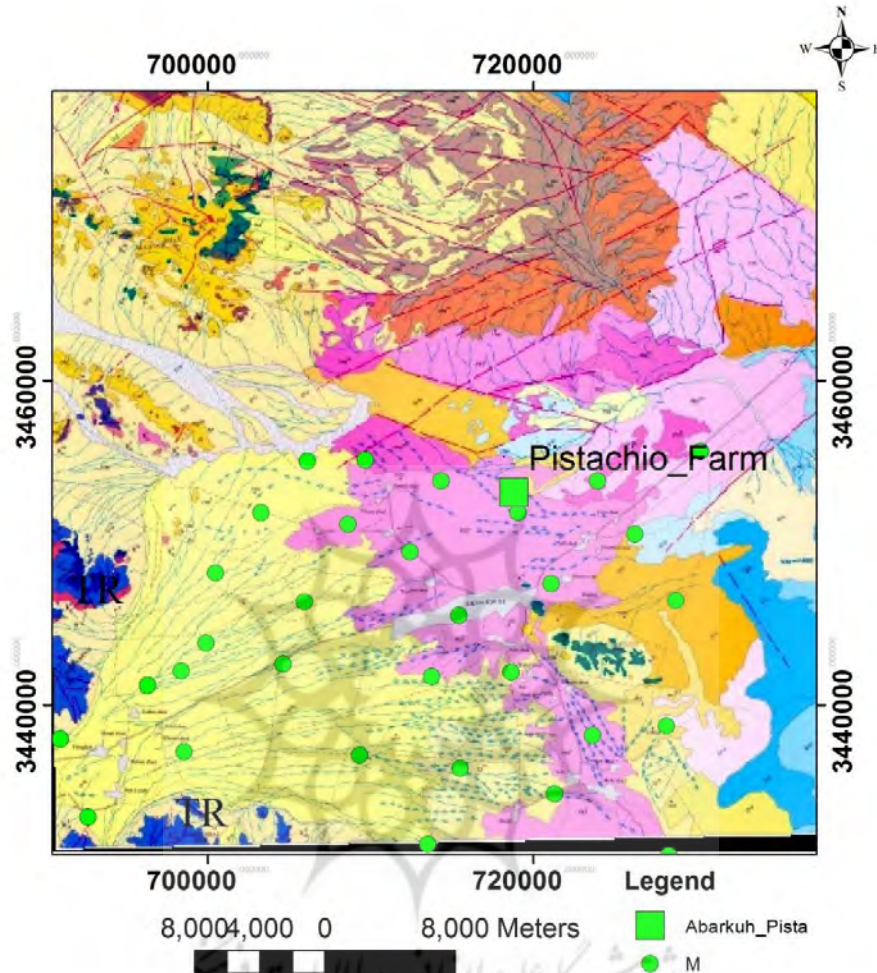
وضعیت یون‌های قابل حل در آب و یا همان شوری خاک در نمودار ۲ نشان داده شده است. میزان زیاد املاح در خاک‌های ابرکوه که حکایت از مجاورت آن با چاله ابرکوه و بالا بودن سطح آب زیر زمینی در گذشته دارد. همچنین فراوانی یون‌های سدیم توانسته است درجه فعالیت رس‌ها را افزایش دهد. بدیهی است که بهره برداری‌های زیاد از آب در زمینه‌های کشاورزی، سطح آب زیرزمینی را نسبت به گذشته‌ای نسبتاً

1. Keys to Soil Taxonomy, 2011
2. Mottling
2. Gilgai

دور، عمیق‌تر کرده است و این امر موجب گسترده‌گی بیشتر اراضی کشاورزی شده است. موقعیت مورد مطالعه که اکثر اراضی کشاورزی ابرکوه بر روی آن واقع شده، حاشیه کویر یا چاله ابرکوه است که شامل رسوبات ریز دانه‌ای می‌شود که از ادامه مراحل حمل و رسوب گذاری از مخروط افکنده‌های حاشیه مناطق کوهستانی نظیر ارتفاعات به سمت آباده حاصل شده است. البته در بخش‌های شمالی و شمال شرقی دشت ابرکوه وجود برون‌زدهای نئوژنی نیز در افزایش میزان املاح در خاک و آب ناحیه موثر بوده است (شکل ۳). تیپ شوری خاک‌ها در ناحیه ابرکوه از آنیون‌های سولفاتی و از کاتیون‌های سدیمی است. این تیپ به دلیل تشکیل املاحی مانند تناردیت و میرابیلیت خاک را به شدت واگرا نموده است.



نمودار ۲. توزیع یونی قابل حل در آب به نسبت یک به پنج، خاک و آب در پروفیل خاک شاهد در ناحیه رانش و نشست زمین در ابرکوه



شکل ۳- ناحیه مورد مطالعه (مربع روی نقشه) و پیزومترها (دایره‌ها با حرف M) بر روی بخشی از نقشه زمین شناسیبا مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ البرکوه اقتباس از نقشه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی (خباز نیا و همکاران، ۲۰۰۵) که TR به رنگ آبی در موقعیت جنوب غرب سازندهای شتری بر روی تریاسیک از دوران میان زیستی را نشان می‌دهد.

در جدول‌های یک و دو، درصد عناصر کل بخش رس کمتر از یک میکرون خاک و نسبت بعضی از این ترکیبات ارائه گردیده است. آنچه که از نتایج به دست آمده، مشهود

است، افزایش نسبی منیزیم اکسید نسبت به کلسیم اکسید در نمونه‌های مربوط به دشت ابرکوه است. بنابراین ترکیبات آهکی در رسوبات دشت ابرکوه به جای کلسیت از دولومیت است. همچنین از جدول یک، می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از کربنات‌های موجود در رسوبات ممکن است، کربنات آهن یا همان سیدریت باشد. در تایید مطلب اخیر می‌توان به وجود لکه‌های قرمز رنگ اشاره کرد که در نیم‌رخ خاک‌های مطالعه شده در ابرکوه مشاهده گردید. این لکه‌های قرمز ممکن است با مجاورت سیدریت با هوا و اکسیداسیون آن و تشکیل کانی‌های هماتیت پدید آمده باشد. از دلیل دولومیتی بودن رسوبات دشت ابرکوه می‌توان به سازندهای زمین‌شناسی مجاور آن از جمله ارتفاعات آبادیه اشاره کرد که با توجه به شکل ۵، از سازندهای تریاسیک مانند سازند شتری تشکیل شده است که بستری ضخیم تا متوسط از دولومیت خاکستری تا خاکستری تیره با رگه‌های کلسیتی است. آنچه که به صورت دشت درآمد، آبرفت‌هایی است که بیشتر از ارتفاعات شمال غرب و غرب از کوه‌های آبادیه و اقلید و بخشی نیز از رسوبات دوران سوم زمین‌شناسی مانند نئوژن از شمال ناحیه انتقال یافت‌هوا دشت آبرفتی ابرکوه را پدید آورده است. بنابراین نسبت دادن پدیده کارست که بیشتر در سازندهای کلسیتی محتمل است، درون چنین رسوباتی اهمیت کمتری دارد.

جدول ۱. درصد اکسیدهای کل از بخش رس خاک در ناحیه دچار رانش و نشست زمین در ابرکوه

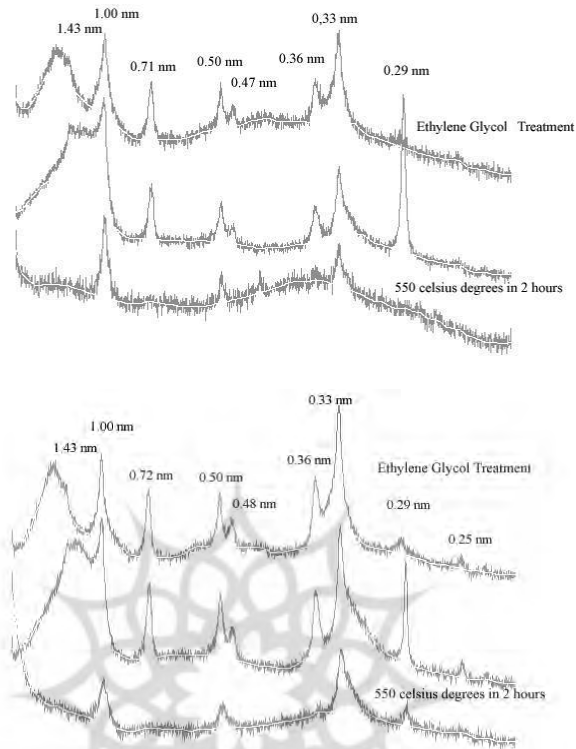
درصد اکسیدهای عناصر کل در بخش رس با قطر کمتر از یک میکرون												عمق، cm	افقی
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		
دشت شور ابرکوه													
۴۸/۲۰	۱۷/۰۰	۳/۱۳	۲/۵۶	۵/۱۷	۳/۲۹	۴/۸۶	۵/۳۹	۲/۴۰	۰/۶۴	۰/۷۶	۷/۱۰	۵۰-۲۰	B
۳۹/۲۰	۱۴/۰۰	۸/۵۰	۳/۱۸	۴/۶۰	۲/۴۲	۶/۲۲	۸/۶۰	۲/۳۰	۱/۰۹	۰/۴۶	۱۵/۰۰	۱۰۰-۵۰	C
دشت شهرکرد													
۲۷/۶۰	۸/۵۲	۱/۶۴	۱۲/۸۰	۷/۲۸	۱/۲۴	۱۰/۴۰	۱۸/۳۰	۱/۳۶	۰/۳۳	۰/۲۴	۱۰/۰۰	۵۰-۲۰	B
۳۵/۴۰	۱۱/۵۰	۲/۰۱	۹/۶۸	۶/۳۵	۱/۶۸	۷/۶۲	۱۴/۶۰	۰/۹۵	۰/۲۴	۰/۲۹	۹/۷۰	۱۰۰-۵۰	C

جدول ۲. بعضی از نسبت‌های اکسید عناصر کل در بخش رس کمتر از یک میکرون خاک در ناحیه رانش و نشست زمین در ابرکوه

نسبت عناصر در بخش رس کمتر از یک میکرون خاک			عمق، Cm	افق
SiO <sub>2</sub> / (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	CaO/ MgO	Cl/ SO <sub>3</sub>		
دشت شور ابرکوه				
۲/۳۹	۰/۵۰	۳/۷۵	۵۰-۲۰	B
۱/۷۴	۰/۶۹	۳/۷۴	۱۰۰-۵۰	C
دشت شهرکرد				
۲/۷۲	۱/۷۶	۴/۰۳	۵۰-۲۰	B
۲/۶۲	۱/۵۲	۳/۹۶	۱۰۰-۵۰	C

در شکل ۴، پراش نگارهای اشعه ایکس مربوط به دو نمونه رس در محل رانش و نشست زمین در ابرکوه نشان داده شده است. کانی‌های رسی در نمونه‌های رس شامل اسمکتیت با پیک ۱/۴۳ نانومتر، ایلایت با پیک اصلی ۱/۰ نانومتر و پیک فرعی ۰/۵ نانومتر و کائولینیت با پیک ۰/۷۱ نانومتر مشخص گردید. همچنین پیک اصلی ۰/۳۳ مربوط به کوآرتز و پیک اصلی ۰/۲۹ دلالت بر وجود دولومیت در نمونه‌ها دارد. مقدار نسبی کانی‌های اصلی رسی در نمونه‌ها با غالبیت ایلایت از ۷۴ تا ۷۸ درصد تغییر کرده است. میزان نسبی کائولینیت در افق‌های سطحی ۱۶ درصد و در افق‌های زیر سطحی به ۷ درصد رسیده است. مقدار اسمکتیت که از کانی‌های انبساط پذیر است از مقدار حداقل ۱۰ درصد در افق‌های سطحی به میزان ۱۵ درصد در افق‌های زیرین بالغ گردیده است. افزایش کانی‌های اسمکتیت به دلیل میل به پراکندگی و کلوئیدی شدن توسط آب می‌تواند به افق‌های زیرین حرکت کند. کانی‌های کائولینیت بر خلاف اسمکتیت چنین تمایلی را ندارد و از این رو مقدار نسبی آن در مقایسه با سایر کانی‌ها در افق‌های زیرین کمتر شده است.





شکل ۴. دیفراکتوگرام پراش اشعه ایکس در نمونه رس کمتر از یک میکرون در موقعیت نشست زمین ابرکوه در بخش سطحی (بالا) و زیر سطحی (پایین)

مطابق با ساونی<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) هرگاه پس از تیمار ۵۰۰ درجه سانتیگراد جمع شدن لایه های رسی به طور کامل تا حد ۱ نانومتر اتفاق بیافتد نشانه عدم وجود کلربیت در نمونه های رس بین لایه‌ای با ترتیب تصادفی<sup>۲</sup> از ایلایت و اسمکتیت است. چنین وضعیتی در پراش نگارهای ارائه شده در شکل ۷ قابل مشاهده است. به طوری که در تیمار حرارتی که مربوط به پراش نگارهای پایینی در دو دسته از پراش نگار است: در بخش اول پراش نگار پیک ۱/۴۳ نانومتر حذف و پیک ۱/۰ نانومتر باقی مانده است. خاک‌ها دارای

1. Sawhney (1989)

2. Rondon mix interstratified clay

بافتی رسی تا لومی شنی است که در لایه‌های رسی میزان رس به بیش از ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. آزمایشات مکانیک خاک انجام شده تماماً موید وجود رس‌های انبساط پذیر در خاک‌های ناحیه مورد مطالعه است. شاخصی که از نسبت شاخص خمیریایی به درصد رس حاصل می‌شود در لایه‌های دارای رس که به تناول در خاک‌های مورد مطالعه قابل مشاهده است، بیش از ۱,۵ به دست آمد. آزمایش پین هول نمونه‌های خاک را کاملاً گل آلود نسبت به نمونه‌های موجود در دشت یزد اردکان ثبت نمود. ضریب انبساط خطی نیز در نمونه‌های رسی از خاک‌های مورد مطالعه بیش از ده برابر حدود خاک‌های دارای اسمکتیت (۰,۰۳) تعیین گردید که نشانه‌ای از فراوانی این کانی در نمونه‌های خاک است.

### نتیجه‌گیری

در ناحیه مورد مطالعه در دشت ابرکوه یکی از عوامل تشدید کننده در رانش و نشست زمین و یا همان عامل اصلی واگرایی خاک وجود رس‌های لایه لایه با ترتیب تصادفی اسمکتیت و ایلیت است. ایلیت با استعداد واگرایی متوسط با اختلاط با اسمکتیت با توان واگرایی شدید به صورت نامنظم و تصادفی توانسته است که مجموعه رس را به صورت فعال در آورد و نقش آن را در واگرایی خاک بیشتر کند و در نتیجه نشست‌های شدید را پدید آورد. همچنین نوسانات سطح آب زیر زمینی منجر شده است تا نقش تشدید کنندگی را در نشست زمین با توالی‌های آبگیر و آماس رس و خروج از آب و کاهش حجم آنسبب گردد. از آنجا که خاک‌های مورد مطالعه دارای آهک کلسیتی کمی هستند و در مقابل وجود مقدار قابل توجه دولومیت، به دلیل حلالیت نسبی کمتر دولومیت نسبت به کلسیت در شرایط آب و هوایی خشک، یون‌های ناچیز کلسیم حاصل از انحلال آهک نتوانسته است تا شرایط انعقاد رس را فراهم کند. در عوض فراوانی بیشتر منیزیم نسبت به کلسیم خود عامل تشدید کننده در واگرایی خاکدانه‌ها و کلوئیدهای رس بوده است. منطبق با رانکا و همکاران (۲۰۰۴) در

خصوص خصوصیات ژئوتکنیکی رس‌های سریع و شاخص به دست آمده ۱,۵ در لایه‌های رسی، می‌توان این لایه‌ها را از جنبه‌های ژئوتکنیکی سریع و فعال طبقه‌بندی کرد. از این رو می‌توان نقش رس را در ناحیه دشت ابرکوه در کنار سایر پارامترهای دیگر در تشدید فرونشست زمین مهم ارزیابی کرد.

نظر به این‌که رس‌های دشت ابرکوه با منشا زمین‌شناسی است و از سنگ مادر منتقل شده است، نمی‌توان ماهیت آنها را تغییر داد و یا آنها را حذف کرد، ولی می‌توان با افزودن مواد منعقدکننده مانند ترکیباتی که کلسیم آزاد کنند، از شدت واگرایی چنین خاک‌هایی کم کرد. در خصوص نقش کلسیم در انعقاد رس قبل از این نیز توسط گلچین و کلیچ<sup>(۱۳۸۵)</sup> توصیه گردیده است. بخشی از کلسیم مورد نیاز را می‌توان از گچ‌های موجود در سازندهای دوران سوم زمین‌شناسی مشروط به شور نبودن آن تامین نمود که در شمال و شمال شرقی این دشت قابل دسترسی است. با مطالعه چینه‌شناسی این دشت در زمینه شناسایی توده‌های رسی و تشخیص حفره‌های کارستی احتمالی پنهان به روش‌های ژئوفیزیک مطابق با استیپشونیک و میهوز،<sup>۲۰۰۸</sup> و تعیین عمق لایه‌ها، می‌توان دشت را از جنبه شدت این پدیده طبقه‌بندی کرد تا در کاربری اراضی ملاحظات لازم صورت گیرد. بدیهی است با بهینه‌سازی مصرف آب در زمینه کشاورزی با شیوه‌های آبیاری تحت فشار و کم آبیاری می‌توان سعی کرد تا بیلان آب در تعادل با شرایط اقلیمی ناحیه حفظ گردد.

## منابع

- اخوان قالیباف، محمد و سمیه محمدی، (۱۳۹۰)، کانی‌شناسی کمی رس در دشت رسی یزد- اردکان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰، گزارش طرح پژوهشی دانشگاه یزد، ۲۳ص.
- اخوان قالیباف، محمد، حمید مهرنهاد، نصرت‌الله امانیان، حمید رضا عظیم‌زاده و محمد حسین مختاری، (۱۳۹۲)، پهنه بندی گسیختگی و نشست زمین در دشت سیلابی یزد- اردکان

1. [http://www.civilica.com/Paper-SESDC-SESDC\\_087.html](http://www.civilica.com/Paper-SESDC-SESDC_087.html)  
 2. Stepisnik and Mihevc, 2008

بر اساس شاخص‌های فیزیکی و کریستالو شیمی با توجه به جنبه‌های کانی شناسی رس در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (فاز اول: مقیاس اکتشافی اولیه با خروجی نقشه ۱:۴۰۰۰۰۰)، طرح پژوهشی سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، معاونت بهبود تولیدات گیاهی، محل اجرا در دانشگاه یزد. ۲۹ ص.

پورخسروانی، محسن، (۱۳۹۳)، نظریه ژئودوالیتی (ایده‌ای در حوزه دانش ژئومرفولوژی)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و پنجم، شماره اول، صفحات: ۲۵-۳۶، جباری، ایرج و فلی رضاییان، (۱۳۸۳)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال اول، شماره دوم، صفحات: ۴۸-۶۵.

زارع مهرجردی، احمد علی، (۱۳۹۰)، بررسی پدیده نشست زمین و شکستگی‌های موجود در منطقه رستاق جنوب یزد، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و دوم، شماره سوم، صفحات: ۱۵۵-۱۶۶.

کرم امیر، پرویزضیائیان و نعیمه السادات محصل همدانی، (۱۳۹۱)، بررسی عوامل مؤثر در وقوع فروچاله‌های دشت ابرکوه و تهیه نقشه خطر نواحی مستعد بروز آن، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی.

مهر نهاد، حمید، سید محمود فاطمی عقدا، هادی جعفری و سید امیر میرزینلی، (۱۳۹۰)، بررسی نقش گسل‌های مهم و عمده محدوده دشت یزد - اردکان و تاثیر آن در کمیت آبهای زیر زمینی دشت یزد - اردکان، (طرح پژوهشی شرکت آب منطقه‌ای)، دانشگاه یزد، ۱۴۰ ص.

Akhavan Ghalibaf, M., and S., Alhoseini Almodarresi, (2009), The Vertisols (as paleosols) with their related giant land cracks as a disaster in Central Iran deserts. International Conference on Desertification in Memory of professor John B. Thornes (ICOD 2009). Murcia University, Spain.

Biaufort, D., (1910), Clay minerals indicators of basin evolution Sanstone reservoirs). International Master in Advanced Clay Science, 104p.

Biskaye, P., E., (1964), Mineralogy and sedimentation of the deep sea sediment fine fraction in the Atlantic Ocean, Geochemistry Technology, Rept., 8, PP: 1-86.

Borchardt, G., (1989), In chapter 14, smectites, Co-Editors: Dixon, J.B. and S.B. Weed. Minerals in soil Environments. Second Edition. SSSA. USA. 1244p.

Bouwer, H., (1977), Land subsidence and cracking due to ground-water depletion, Vol. 15, No. 5, Ground Water, PP: 358-364.

Bouwer, Herman, (1977), Land subsidence and cracking due to ground water depletion, U.S. Water Conservation Laboratory, The Agricultural Research Service, U.S. Agriculture Department. GROUND WATER, Vol. 15, No. 5, PP: 358-365.

Haq, B., U., (1991), Sequence stratigraphy, sea level change, and significance for the deep sea, Spec. Publ. Int. Ass. Sediment. 12: 3-39.

Khabaz-nia, A.R., M. Fonoudi, A. Sadeghi, A. Bahrami, J. Ghalamghash, F. Vakil, E. Kayhani, T. Mohtat, M. Davari, S. Zolfaghari and M. Bahremand, (2005), Abarkuh Geological Map, Scale: 1:100000, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran.

Keys to Soil Taxonomy, (2010), United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Eleventh Edition, 338p.

Luhdorff & Scalmanini, Borchers and Carpenter, (2014), Consulting Engineers Land Subsidence from Groundwater Use in the San Joaquin Valley, Commissioned by the California Water Foundation. 20p.

Mackenzie, R., C., (1957), The differential thermal investigation of clays. Mineralogical Society, London.

Mohammadi-Joozdani, S., and M., Akhavan-Ghalibaf, (2011), Vertisols as a phenomenon related to Stratigraphy of quaternary in the Central Iran, Yazd paleoalluvials. XIV ДОКУЧАЕВСКИЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ, посвященная 165-летию со дня рождения В.В. Докучаева. Санкт-Петербург, Russia.

Pacheco Jesús, Jorge Arzate, Eduardo Rojas, Moises Arroyo, Vsevolod Yutsis, Gil Ochoa, (2006), Delimitation of ground failure zones due to land subsidence using gravity data and finite element modeling in the Querétaro valley, México, Engineering Geology 84 143-160

Phien-wej N., P.H. Giao, P., Nutalaya, (2006), Land subsidence in Bangkok, Thailand, Engineering Geology 82 187-201.

Poland, J., F., Davis, G., H., (1969), Land subsidence due to withdrawal of fluids. U. S. Geological Survey, Sacramento, California, and Washington, D. C. Geological Society of America. Observed (08 July 2015) at <http://reg.gsapubs.org/content/2/187.abstract>

Qu, Feifei, Qin Zhang, Zhong Lu, Chaoying, Zhao, Chengsheng Yang, Jing Zhang, (2014), Land subsidence and ground fissures in Xi'an, China 2005-2012 revealed. Remote Sensing of Environment by multi-band InSAR time-series analysis, 155 -366-376

Rahbaralam Shirazi, F. and M. Akhavan Ghalibaf, (2014), The geological formations as a major factor of soil evolution in semiarid vertical zones of Iran. МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ. ВЫПУСК 8 (35). Saint Petersburg University, PP: 117-120.

Rankka, Karin, Yvonne, Andersson-Skold, Carina, Hulten, Rolf, Larsson, Virginie, Eroux and Torleif Dahlin, (2004), Quick clay in Sweden, 1.3. Geotechnical properties of quick clays, Swedish Geotechnical Institute, Report No 65, 148 p.

Ross, C., S., and S., B., Hendricks, (1945), Minerals of the montmorillonite group, their origin and relation to soils and clays. Geol. Surv. Prof. Pap. (U.S.), PP: 23-79.

Sawhney, B., I., (1989), Interstratifications in layer silicates, Chapter 14, in Minerals in soil environments, by Dixon J.B and S.B. Weed, 2th Edition, SSSA, Book Series: 1. PP:789-828. IRY AND T. JACQUIN\* THIRY AND T.

Stepisnik, Uros and Andrej Mihevc, (2008), Investigation of structure of various surface karst formations in limestone and dolomite with application of the electrical resistivity imaging. ACTA CARSOLOGICA 37/1, 133-140, POSTOJNA.

Thiry, M., and T., Jacquin, (1993), Clay Minerals distribution related to rift activity, sea level changes and pale oceanography in the cretaceous of the Atlantic ocean. Clay minerals. 28:68-84.

Wikipedia, (2015), [https://fa.wikipedia.org/wiki/Abarkuh\(Observed](https://fa.wikipedia.org/wiki/Abarkuh(Observed)), 10/07/2015)

