



فصلنامه زمین ساخت  
پاییز ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۷

## شناسایی زون‌های آسیب دیده و گسلی خرد شده با محاسبه تراکم شکستگی‌ها با داده‌های ژئوفیزیکی جهت اکتشاف آب در سازندهای سخت (مطالعه موردی - طرح آغلغان، دانشگاه آزاد کرمانشاه، شهر خمارلو)

بهزاد زمانی ق. <sup>۱\*</sup>، محمد حسن پورصدقی <sup>۲</sup>، باقر زحمتی <sup>۳</sup>، رسول سیفی <sup>۴</sup>، خسرو زمانی <sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین و مسئول مرکز پایش پیش‌شانگرهای زلزله آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تبریز.
- ۲- استادیار دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین.
- ۳- کارشناس شرکت آبیاب زمین.
- ۴- کارشناس سازمان منابع آب اردبیل.
- ۵- کارشناس شرکت آب و فاضلاب آذربایجان شرقی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲



### چکیده

نیاز انسان به آب شرب سالم و پایدار مسأله مهم جوامع بشری است. استفاده بی‌رویه در دهه‌های گذشته از آبخوان‌های سازندهای نرم در کشور باعث شده اکتشاف آب در سازندهای سخت بیشتر مدنظر قرار گیرد، از این رو اکتشاف آب‌های زیرزمینی در سازندهای سخت متمرکز شده است. تکتونیک و گسل‌ها از فاکتورهای مهم در خرد کردن سنگ‌ها و سازندها و توسعه آبخوان‌های گسلی است. بنابر این در این پژوهش نقش عوامل ساختاری در توسعه تحت‌الارضی شکستگی‌ها بررسی می‌شود و از آزمایش‌های ژئوفیزیک بهره برده می‌شود تا بهترین نقاط برای حفر چاه تعیین و منابع آب اکتشاف گردد. در این خصوص نتایج مطالعات موردی سه محدوده آغلغان چای، دانشگاه آزاد کرمانشاه و شهر خمارلو مورد بررسی قرار گرفته است. خصوصیت مهمی برای اولین بار در ایران در این خصوص یعنی پارامتر لاندای جهت تعیین تراکم شکستگی‌ها در محدوده‌های مطالعاتی استفاده شده است.

این پارامتر با تهیه نقشه‌های پرنده آنیزوتروپی، تراکم شکستگی و درزه‌ها را مشخص کرده است. هرچند این پارامتر بیشترین آب‌های زیرزمینی نیز بیشترین مقدار را دارد. مقدار این پارامتر در طرح آغلغان چای و خمارلو برابر ۸ و در محدوده دانشگاه آزاد کرمانشاه برابر ۱/۷۶ به دست آمده است. محل سونداژ ۲ در طرح خمارلو پس از حفاری بیش از ۴۰ لیتر بر ثانیه آبدهی داشته است. از این رو این روش جدیدی برای ارزیابی آبخوان‌ها قبل از حفاری چاه و دستیابی به منابع آب‌های زیرزمینی جدید و مدیریت بهینه مخاطرات عدم برخورد به آب است.

واژه‌های کلیدی: زون‌های گسلی خرد شده، ضریب ناهم‌سانگردی، چگالی درزه‌داری، مقاومت متقاطع متوسط، مقاومت طولی متوسط.

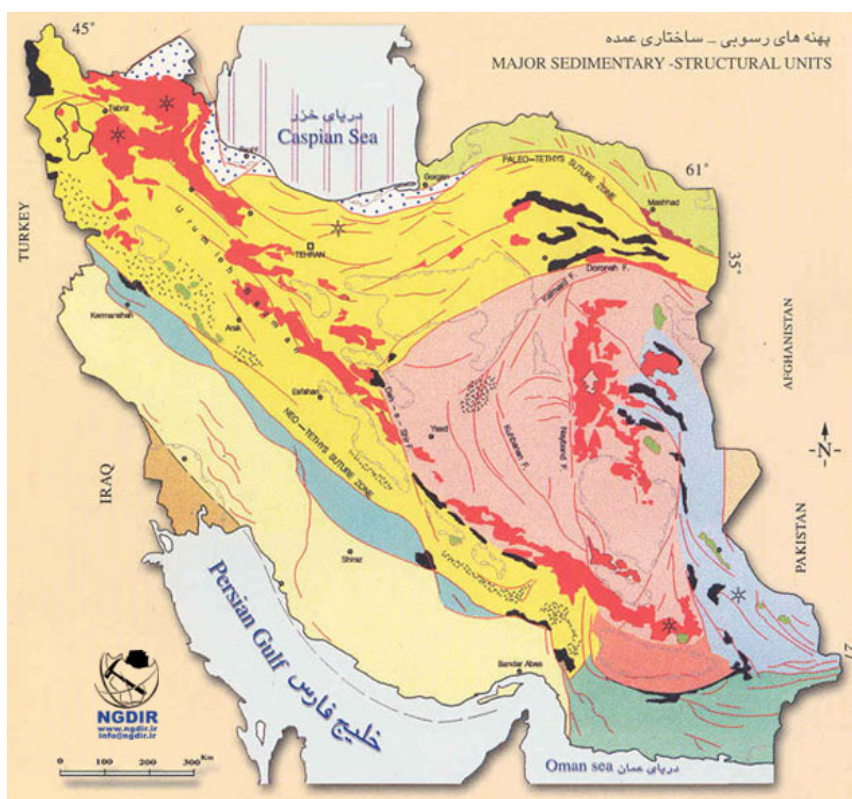
## ۱- مقدمه

گسترش این منابع می‌توان به سنگ‌شناسی، توپوگرافی، میزان نزولات، سطوح ناپیوستگی، شیب‌ها و به‌خصوص مناطق خردشده سنگ‌ها اشاره نمود.

در این پژوهش نقش عوامل ساختاری در توسعه تحت الارضی شکستگی‌ها، درزه‌ها و گسل‌ها بررسی می‌شود و برای شناسایی محدوده‌های با پتانسیل بالای درزه‌داری و مستعد تشکیل آبخوان در سازند سخت از نتایج آزمایش‌های ژئوفیزیک بهره‌برده می‌شود تا بهترین نقاط برای حفر چاه مشخص گردد. در این خصوص سه محدوده مطالعاتی (شکل ۱) در کشور مورد بررسی قرار گرفته است و با توجه به محدودیت‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی در این حوزه‌ها و نیازهای شهری و روستایی در مجاورت آنها، ضرورت شناسایی آبخوان‌های این مناطق با هدف امکان‌یابی تأمین آب از سازندهای سخت این مناطق و تعیین نقاط بهینه حفر چاه در آنها مدنظر قرار گرفته است.

آب شرب سالم، پایدار و مطمئن نیاز اولیه بشر در طول تاریخ بوده است. یکی از مهم‌ترین منابع آبی که دارای چنین ویژگی‌هایی است، منابع آب‌های زیرزمینی است. در طول دهه‌های گذشته اکثر آبخوان‌های موجود در سازندهای نرم در کشور استفاده شده است، این موضوع باعث شده اکتشاف آب در سازندهای سخت بیشتر مدنظر قرار گیرد. همچنین در مناطقی همچون ایران که از نظر زمین‌شناسی دارای پوشش‌های رسوبی و دشت‌های دارای آبخوان‌های مناسب و ضخیم اندکی بوده و بیشتر سازندهای سخت غالب است، اهمیت اکتشاف آبخوان در سازندهای سخت بیشتر نمود می‌یابد. همچنین شناسایی چنین آبخوان‌هایی نه تنها از دید رفع نیازهای حال حاضر، بلکه با دید شناسایی ذخایری از دیدگاه پدافند غیر عامل و رفع نیاز در زمان‌های تهدید نیز اهمیت بسیاری خواهد داشت.

عوامل متعددی در تشکیل منابع آب در سازندهای سخت حائز اهمیت می‌باشند (Singhal, and Gupta, 2010; In-



شکل ۱. نقشه زون‌بندی ساختاری ایران و سه محدوده مطالعاتی (داخل مربع‌ها نشان داده شده) در کشور که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است (برگرفته از آغانباتی، ۱۳۸۳).



## ۲- روش تحقیق

در این پژوهش در جهت بررسی تحت‌الارضی شکستگی‌ها و چگالی درزه‌ها برای شناسایی محدوده‌های با پتانسیل بالای درزه‌داری و مستعد تشکیل آبخوان از نتایج آزمایش‌های ژئوفیزیک بهره‌جسته شده و ضریب درزه‌داری محاسبه گردیده است. در این پژوهش ابتدا با بررسی نقشه‌ها و تصاویر سنجش از دور گسل‌ها و خطواره‌های مهم در محدوده‌های مطالعاتی شناسایی شده است. سپس با بررسی میدانی و روزمینی محدوده‌هایی از گسل‌ها که بیشترین ضخامت و پهنا را نشان می‌دادند گزینش شده تا در عمق زمین مورد پی‌جویی قرار گیرد. پس از انجام آزمایش‌های ژئوفیزیک و بررسی در عمق جهت شناسایی بهترین و ضخیم‌ترین بخش خرد شده زون گسلی که دارای سفره آب زیرزمینی با ارزشی باشد از روش تحلیلی Dewashish (2014) استفاده شده است.

در این تحقیق جدیدترین روش بررسی درز و شکاف در سازندهای سخت به کار گرفته شده است. در سال ۲۰۱۴ دواشیش (Dewashish) و همکاران آنها برای ارزیابی تراکم شکستگی، درزه و شکاف در سازندهای سخت از داده‌های مقاومت ژئوالکتریک و کنترل آنها با داده‌های حفاری و پمپاژ چاه، روش ارزشمندی را ارائه نموده‌اند. بر مبنای این روش برآورد پارامترهای ضریب ناهمسان گردی، متوسط مقاومت عرضی (average transverse resistivity) و هدایت پذیری طولی متوسط (average longitudinal resistivity) (ty) و هدایت‌پذیری طولی (longitudinal conductance) در سازند سخت برای موقعیت هر کدام از سونداژهای الکتریکی اجرا شده صورت می‌گیرد. در این روش ضریب آنیزوتروپی به نام لاندا ( $\lambda$ ) تعریف می‌شود.

این پارامتر از دو پارامتر مقاومت لایه و ضخامت آن محاسبه می‌شود. هدایت ویژه الکتریکی کل  $S$  برای  $n$  لایه به صورت رابطه ۱ می‌باشد:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\rho_i} = \frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2} + \dots + \frac{h_n}{\rho_n} \quad (1)$$

همچنین مقاومت ویژه عرضی کل نیز به صورت رابطه ۲ می‌باشد:

$$T = \sum_{i=1}^n h_i \rho_i = h_1 \rho_1 + h_2 \rho_2 + \dots + h_n \rho_n \quad (2)$$

با استفاده از معادله ۱ متوسط مقاومت طولی به صورت رابطه ۳ بدست می‌آید:

$$\rho_L = \frac{H}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\rho_i}} \quad (3)$$

مقاومت ویژه عرضی متوسط نیز از معادله ۲ به صورت رابطه ۴ تعریف خواهد شد:

$$\rho_t = \frac{T}{H} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \rho_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (4)$$

با تلفیق معادلات فوق‌الذکر ضریب آنیزوتروپی به صورت رابطه ۵ به دست می‌آید:

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_L}} \quad (5)$$

نتایج بررسی شده برای ضریب  $\lambda$  مشخص کرده است که در یک محدوده مطالعاتی هر جا که  $\lambda$  بالا است، تعداد شکستگی، ضریب درزه‌داری و سیستم درز و شکاف در تمام جهات زیاد بوده و به تبع آن ضریب تجمع آب بالا و امکان تشکیل آبخوان ارزشمندی وجود خواهد داشت و تخلخل سنگ مقدار بیشتری خواهد داشت. به این ترتیب درزه‌داری بالا شرایط مناسبی برای تجمع آب و تشکیل آبخوان ارزشمند را فراهم خواهد کرد و مقدار  $\lambda$  بالایی را به دست خواهد داد. پیشنهاد می‌گردد جهت اخذ اطلاعات بیشتر و جزئیات بیشتر روش به (Dewashish, 2014) مراجعه گردد. در این پژوهش کارایی این روش در سه منطقه در ایران مورد استفاده عملی قرار گرفته و کارایی آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

بر این مبنای جهت ارزیابی وضعیت آب زیرزمینی و تعیین نقاط مناسب دارای تراکم درزه‌داری بیشینه در سازند سخت، تخلخل درزه با مقدار آنیزوتروپی  $\lambda$  به صورت مدل ژئوالکتریک VES تحلیل شده است.

این تخلخل درزه با درزه‌داری تکنیکی سنگ‌ها برآورد گردیده است. برای هر سونداژ ضریب  $\lambda$  تعیین گردیده و سپس این مقدار در محدوده‌های مورد مطالعه به صورت نقشه پربند ترسیم شده است (شکل‌های ۲، ۶ و ۹ به ترتیب برای طرح‌های آغلغان، کرمانشاه و خمارلو).

## ۳- نتایج

## ۳-۱- طرح حوزه آغلغان چای اردبیل

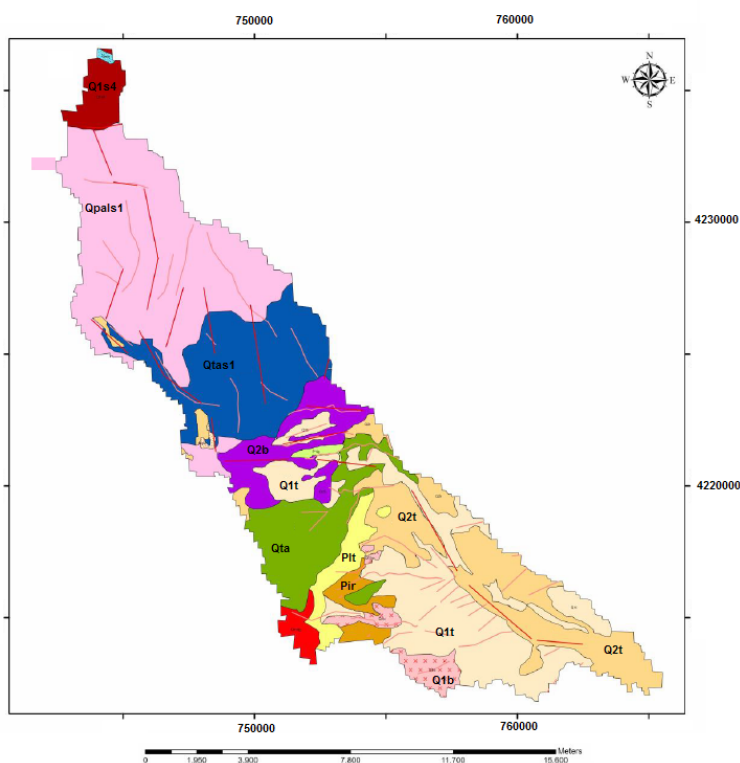
حوزه آغلغان چای در شرق شهر اردبیل قرار دارد که یکی از سرشاخه‌های رودخانه بالیخلوچای می‌باشد که از ارتفاعات کوه سبلان سرچشمه می‌گیرد. متوسط پتانسیل این رودخانه ۳۸ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد (زمانی و همکاران، ۱۳۹۵).

در این مطالعات ابتدا با بررسی‌های دورسنجی با داده‌های Spot بخش‌هایی از محدوده مطالعاتی که گسل‌های مهم در آنها وجود داشت مورد شناسایی و سپس تحت بررسی صحرایی قرار گرفتند. نتایج این بررسی‌ها نشان داده است که علاوه بر این، گسل‌های عمده این محدوده از نظر تکتونیک فعال هستند و مشابه با نتایج بررسی‌های انجام شده توسط (Salvany, J. M., 2004) در حوضه آبریز گوادامار در جنوب غرب اسپانیا در این حوضه نیز شاخص‌های ژئومورفیک فعالیت زیاد تکتونیک حوضه را نشان می‌دهند (سیفی، ۱۳۹۴). در بررسی نتایج کاوش‌های تحت‌الارضی، مشخص شده است که محدوده مطالعاتی در بیشتر مناطق از سازندهای سخت ناتراوا یا بسیار کم تراوا تشکیل شده است و اغلب گسل‌های فراوانی که در منطقه وجود دارد (به جز چند مواردی که نتایج آنها ذکر شده) نیز زون‌های گسلی ناتراوا و یا بسیار کم تراوایی دارند. از این رو

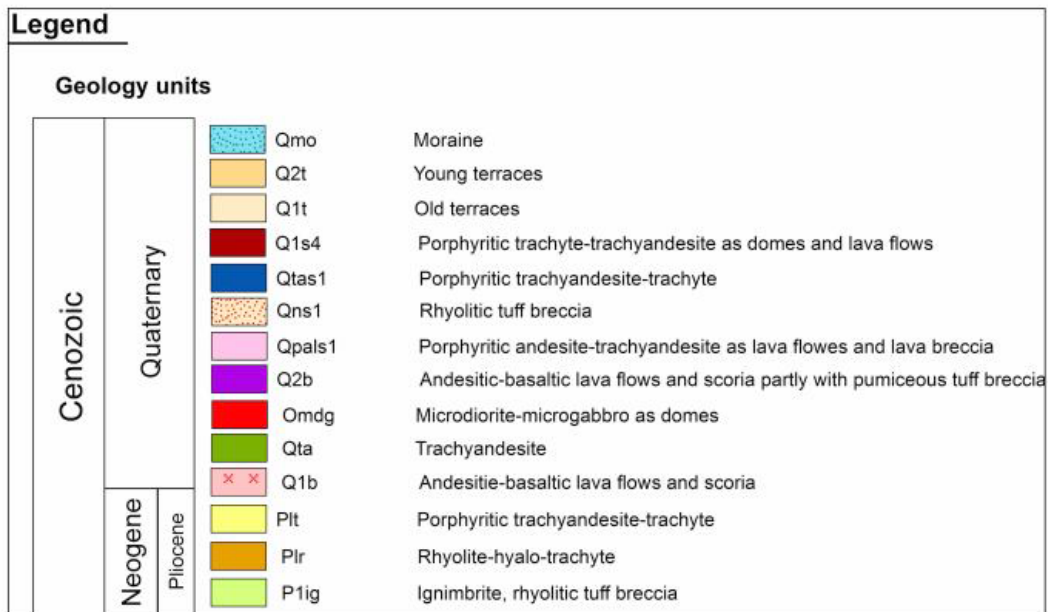
جهت بررسی و بهینه‌یابی نقاطی برای پیشنهاد حفر چاه ضریب تراکم شکستگی‌ها برای بخش‌های مختلف طرح محاسبه شده و نقشه پربند با ضریب  $\lambda$  جهت برآورد چگالی شکستگی‌ها تهیه شده است (شکل ۳).

بررسی نقشه‌های مذکور در محدوده حوزه آغلغان چای اردبیل نشان می‌دهد مقادیر تخلخل از شرق به غرب و از جنوب به شمال غرب محدوده مطالعاتی افزایش می‌یابد و در محدوده سونداژ ۳۱ به بیشترین مقدار می‌رسد.

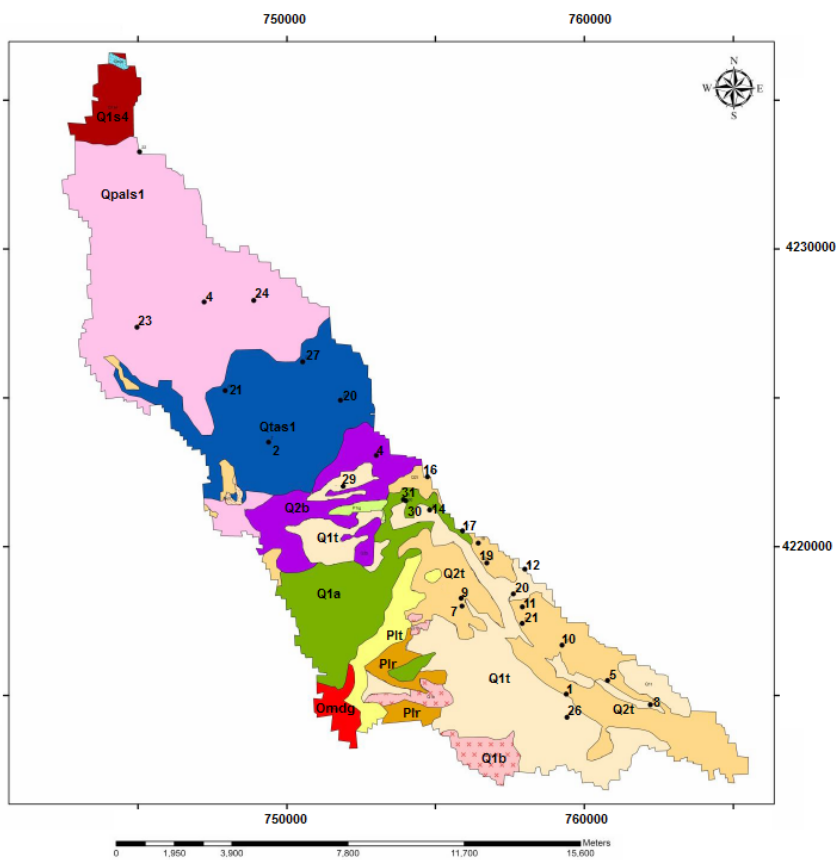
بررسی و برآورد پارامترهای ضریب آنیزوتروپی، مقاومت متقاطع متوسط، مقاومت طولی متوسط و هدایت پذیری طولی در سازند سخت برای موقعیت هر کدام از سونداژهای الکتریکی اجرا شده مقدار ضریب آنیزوتروپی را برای محدوده سونداژ ۳۱ برابر ۸ به دست داده است که با توجه به بالا بودن این ضریب در محل این سونداژ که نسبت به تمام سونداژهای دیگر بیشترین است، ضریب درزه‌داری سنگ و به تبع آن ضرایب آبخوان و به خصوص آبدهی سازند سخت در محدوده این سونداژ بهتر از سایر نقاط خواهد بود. از این رو این نقطه به عنوان نقطه بهینه جهت حفر چاه پیشنهاد شده که در حال اخذ پروانه جهت حفر توسط کارفرما می‌باشد.



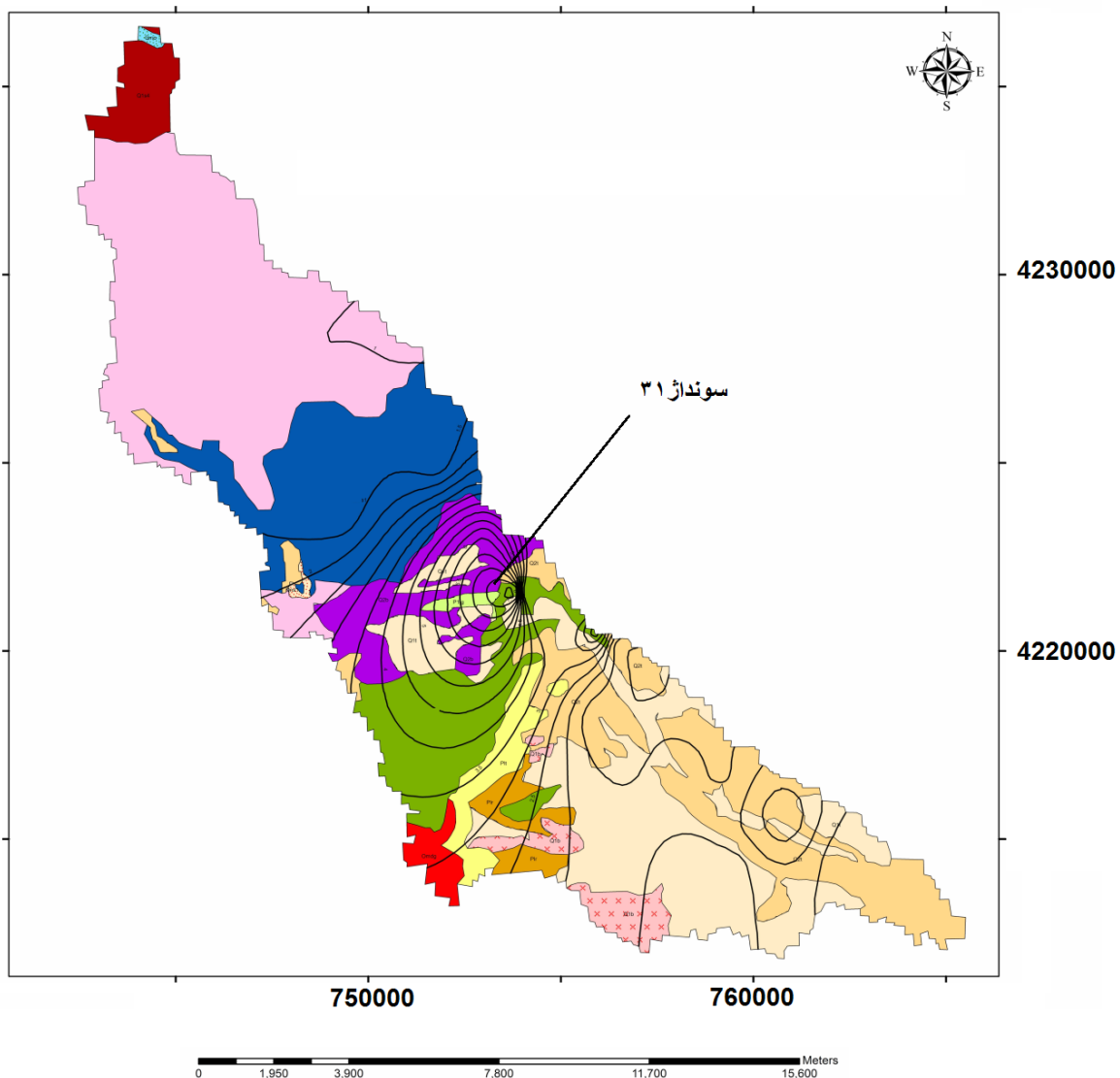
شکل ۲- الف- نقشه خطواره‌های گسلی و زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی آغلغان چای.



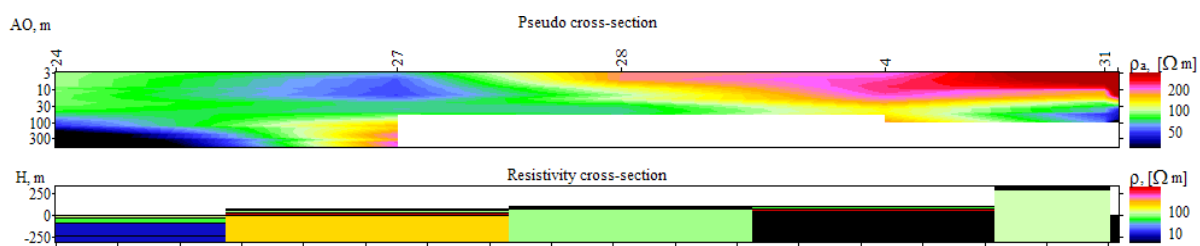
شکل ۲-ب- راهنمای واحدهای چینه‌شناسی شکل ۲-الف و ج و شکل ۳



شکل ۲-ج- موقعیت سونداژهای انجام شده در مطالعات ژئوفیزیک حوضه آغلان چای. راهنمای واحدهای چینه‌شناسی باشکل ۲-ب یکسان است.



شکل ۳. نقشه پربند چگالی شکستگی‌ها با ضریب  $\lambda$  در بخش‌های مختلف محدوده مطالعاتی طرح آغلان جای اردبیل منطبق با نقشه زمین‌شناسی در سیستم GIS. راهنمای واحدهای چینه‌شناسی با شکل ۲-ب یکسان است.



شکل ۴. برش شبه مقطع-ژئوفیزیکی از محل سونداز ۳۱ پیشنهادی برای حفر چاه. این برش بر مبنای ۵ سونداز که شماره‌های آنها در ردیف بالای برش و محل و فاصله‌های آنها در ردیف پایین برش مشخص شده است، ترسیم گردیده.

### ۳-۲- طرح دانشگاه آزاد کرمانشاه

مناطق مجاور (شکل ۳) در اواخر شهریورماه سال ۱۳۹۵ با هدف اکتشاف آب به مرحله اجرا درآمد (بهزاد زمانی و خسرو زمانی ۱۳۹۴).

کاوش‌های تحت‌الارضی (مطالعات ژئوفیزیک- به‌روش ژئوالکتریک) در محدوده اراضی دانشگاه آزاد کرمانشاه و



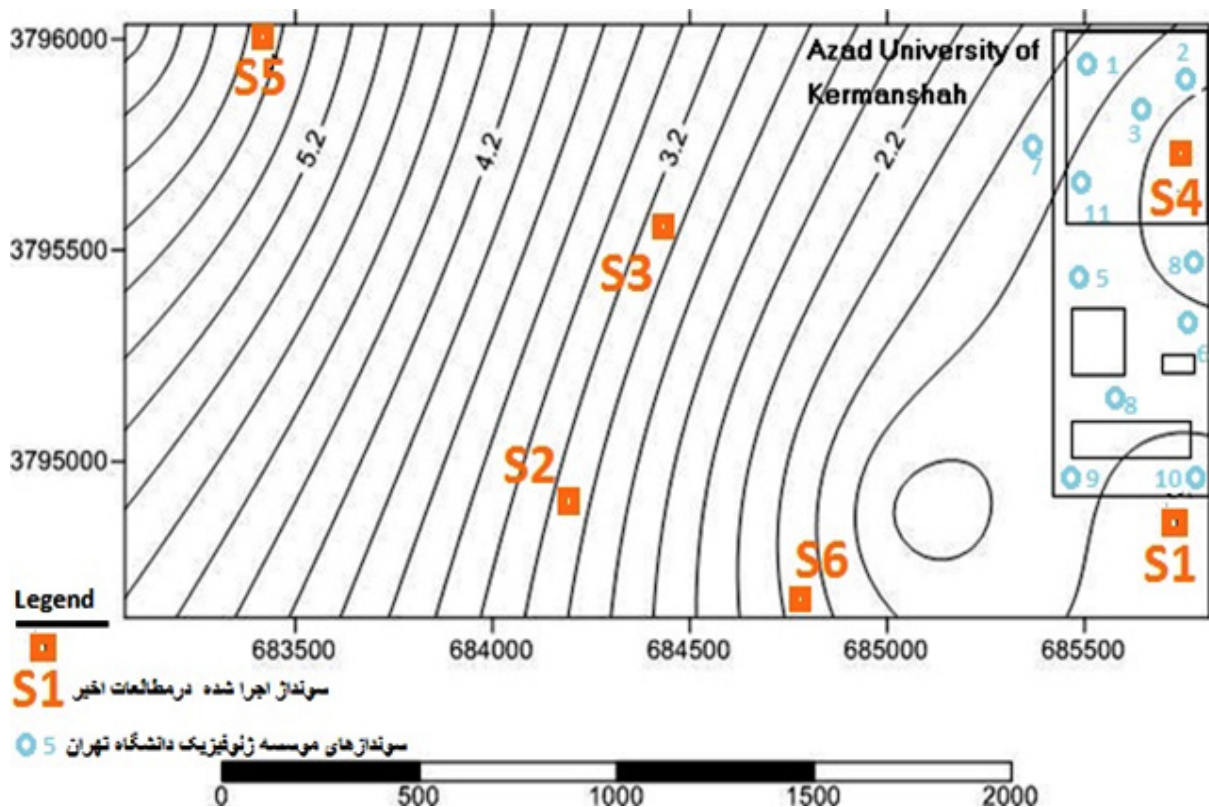
شکل ۵. موقعیت محدوده مورد مطالعه در مجاورت دانشگاه آزاد کرمانشاه و محل سونداژهای اجرا شده در این مطالعات.

۱/۷۹ محاسبه گردید. همچنین مقدار ضریب درزه‌داری بر مبنای داده‌های مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران که در سال ۱۳۹۰ در این محل مطالعات ژئوفیزیک انجام داده‌اند و ۱۱ سونداژ ژئوالکتریک اجرا کرده‌اند (شکل ۶)، در بین سونداژهای اجرا شده آن مؤسسه، محدوده سونداژ ۸ بیشترین و مناسب‌ترین مقدار است. مقدار ضریب تراکم درزه در عمق زمین بر مبنای داده‌های مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران در محدوده چاه پیشنهادی آن مؤسسه (محل سونداژ ۱۱) برابر با مقدار ۱/۱ محاسبه گردید که مقدار اندکی بوده و تراکم درزه ناچیزی نشان می‌دهد و گویای آبدهی ناچیز در صورت حفر چاه در سازند سخت خواهد بود.

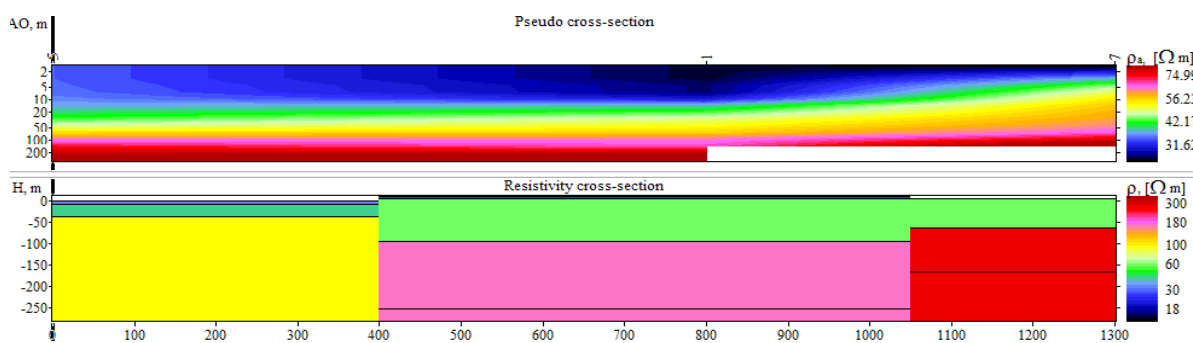
بر اساس نتایج حاصله در مطالعات حاضر، موقعیت سونداژ یک به‌عنوان گزینه مورد نظر برای حفر چاه پیشنهاد شده است که با ضریب درزه‌داری ۱/۷۹ در محدوده مطالعاتی بیشترین مقدار این شاخص را دارد. برای حفر چاه مذکور پروانه و مجوزهای لازم اخذ شده است و در حال تأمین اعتبار برای حفر است.

در این مطالعات با بررسی‌ها و مطالعات سنجش از دور بهترین زون‌های گسلی شناسایی شده و سپس با بررسی زمین‌شناسی صحرایی محدوده‌های دارای بیشترین ضخامت‌های ممکن برای زون گسل شناسایی گردید. در ادامه با انجام بررسی‌های ژئوفیزیکی و تهیه مقاطع ژئوالکتریک وجود و گستره تحت‌الارضی آبخوان‌ها در محدوده مجاورت دانشگاه آزاد کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از این نقشه‌ها و اطلاعات امکان مدل‌سازی ژئوفیزیکی و بررسی عمقی وضعیت لایه‌های آبدار فراهم شده. اما برای یافتن نقطه بهینه برای حفر چاه از فرایند تحلیل ضریب تاهمسان‌گردی (ضریب تراکم درزه‌داری) بهره گرفته شده است. برای این منظور این ضریب برای تمام سونداژها محاسبه و به‌صورت نقشه پربند در آمده است (شکل ۶).

بررسی ضریب تاهمسان‌گردی محاسبه شده برای هر یک از سونداژها در عمق زمین ضریب شکستگی و درزه‌داری را در چاه شاهد (S5) که بیش از ۱۰ لیتر بر ثانیه آبدهی دارد بیشتر از تمام موارد نشان می‌دهد. ضریب یاد شده در محل پیشنهادی (S1) برابر با مقدار



شکل ۶. نقشه پربند چگالی شکستگی‌ها برای ضریب  $\lambda$  و برآورد چگالی شکستگی‌ها در بخش‌های مختلف محدوده مطالعاتی در محدوده و اطراف دانشگاه آزاد کرمانشاه. شکل‌های مربع محل سونداژهای اجرا شده در این مطالعات و شکل‌های دایره محل سونداژهای مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران را نشان می‌دهند.



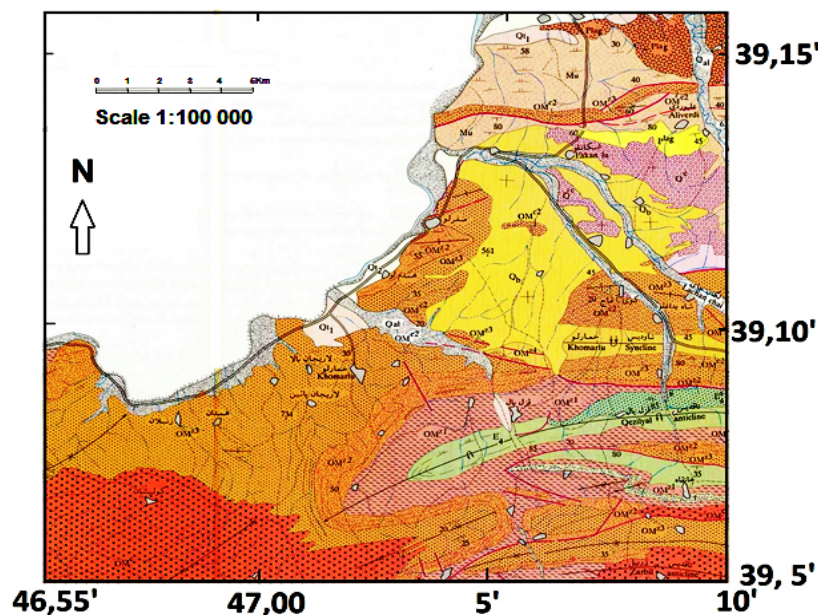
شکل ۷. برش شبه مقطع-ژئوفیزیکی از محل سونداژ ۱ پیشنهادی برای حفر چاه. این برش بر مبنای ۳ سونداژ که شماره‌های آنها در ردیف بالای برش و محل فاصله‌های آنها در ردیف پایین برش مشخص شده است، ترسیم گردیده.

شهر کلیبر قرار دارد. این شهرستان در دامنه شمالی رشته کوه‌های ارسباران قرار گرفته است (شکل ۸).

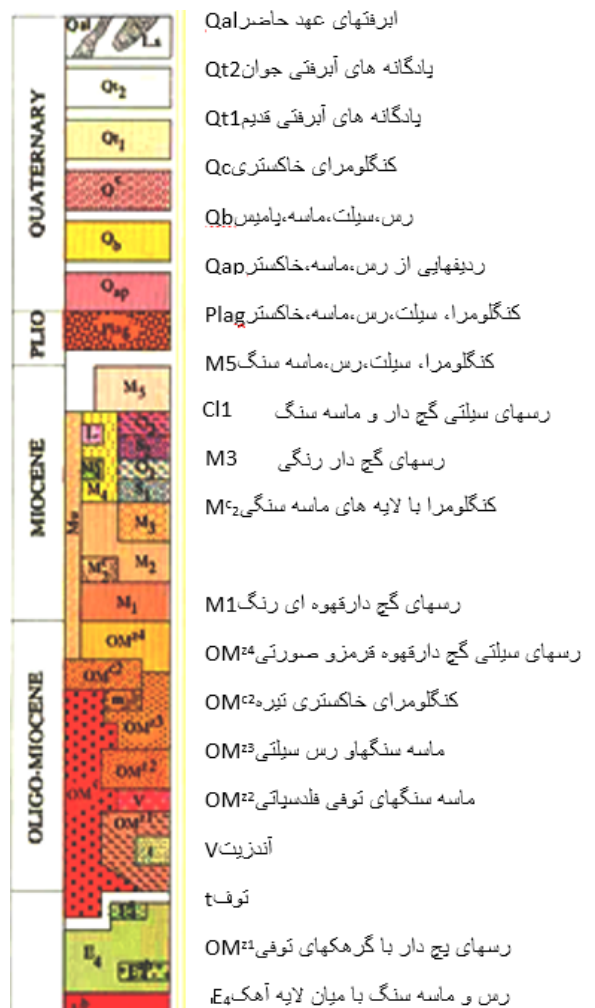
### ۳-۳- طرح خمارلو- آذربایجان شرقی

شهرستان خمارلو در شمال استان آذربایجان شرقی و مشرف به رودخانه ارس قرار گرفته است و در شمال شرق

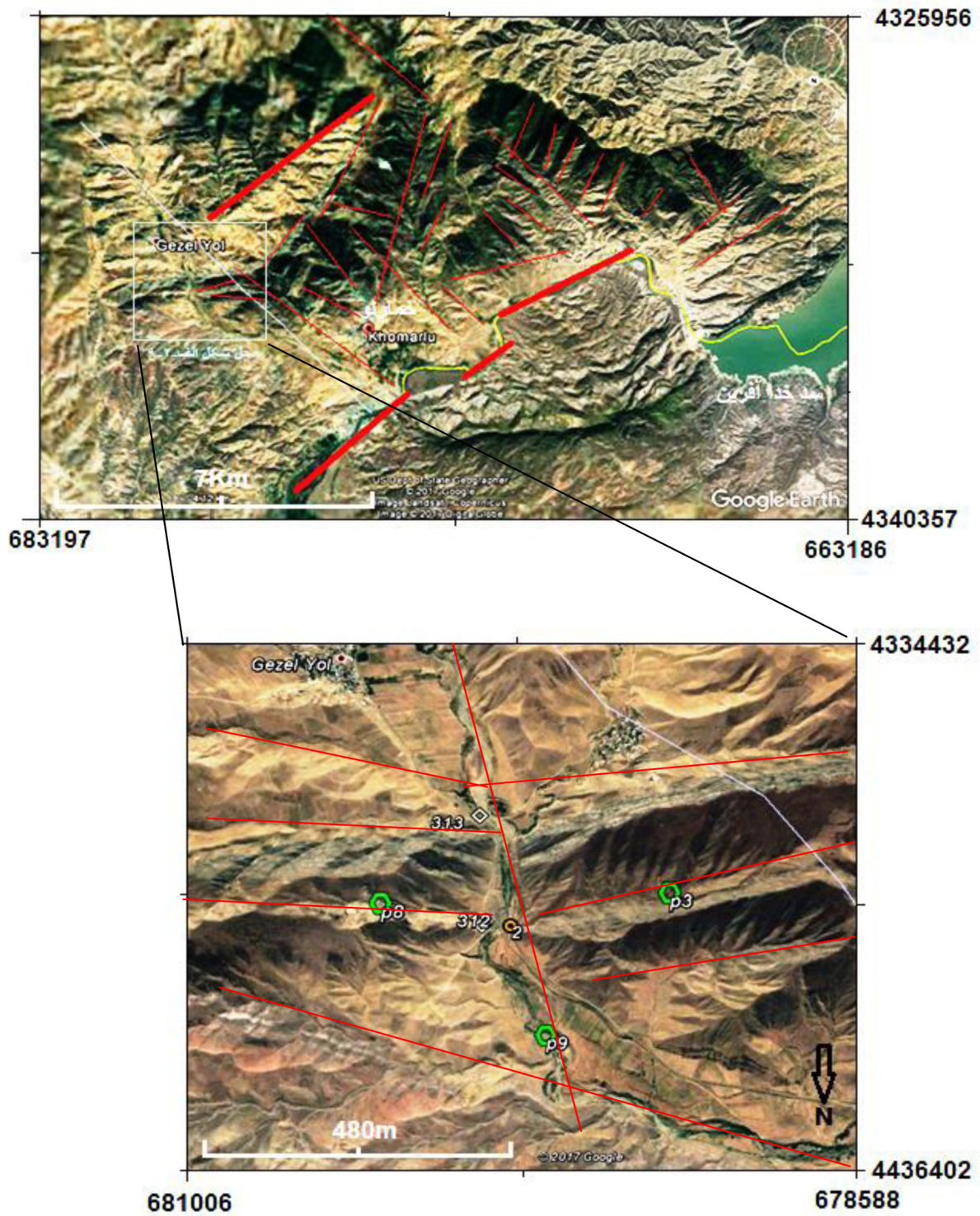




شکل ۸. نقشه زمین‌شناسی و راهنمای محدوده مورد مطالعه (داخل مستطیل). برگرفته از نقشه اصلاندوز سازمان زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰



ادامه شکل ۸- راهنمای نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی (خمارلو)



شکل ۹-الف- گسل های عمده محدوده شهر خمارلو (P<sup>۳</sup>, P<sup>۸</sup>, P<sup>۹</sup>) در شکل پایین سه گسل اصلی هستند که عامل ایجاد زون خرد شده در محل سونداژ ۲ هستند).

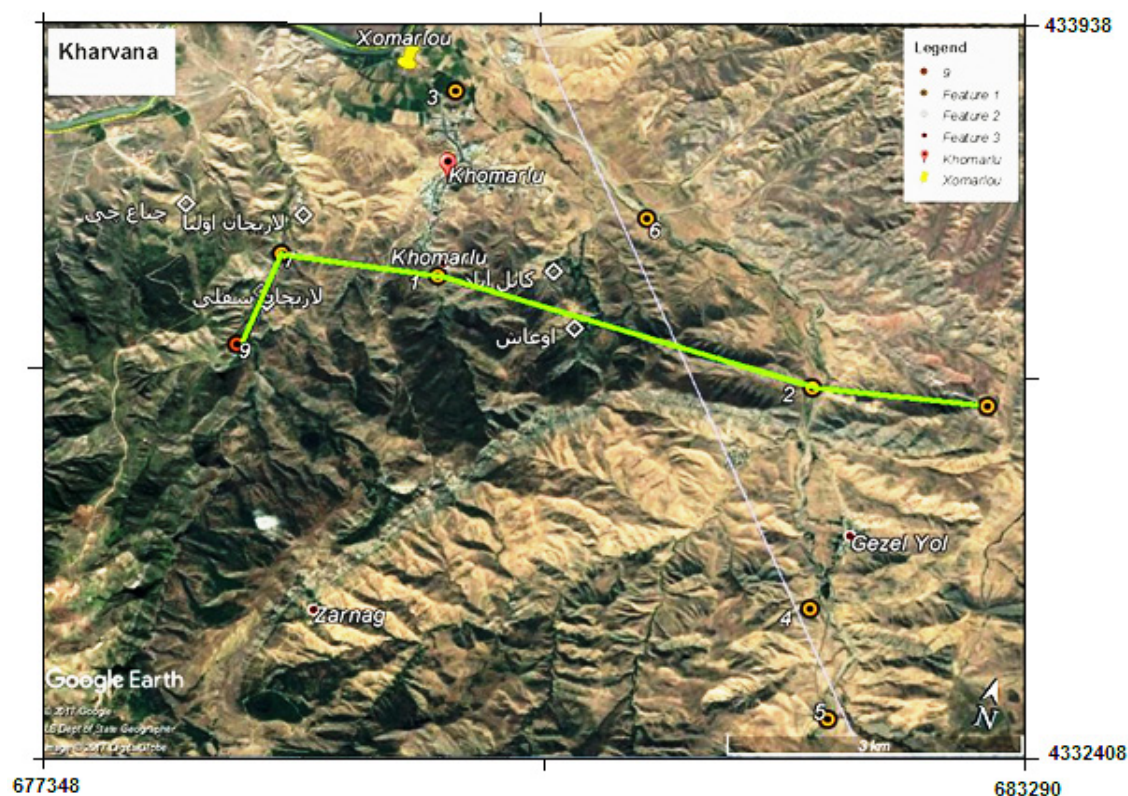
شکستگی‌ها شناسایی گردد.

پس از تعیین ضریب  $\lambda$  برای هر سونداژ نتایج در محدوده مورد مطالعه به صورت نقشه پربند ترسیم شده است (شکل ۹). بررسی نقشه مذکور نشان می‌دهد مقادیر تخلخل از شرق به غرب و از جنوب به شمال و مرکز محدوده مطالعاتی افزایش می‌یابد و در محدوده سونداژ ۲ به بیشترین مقدار می‌رسد.

بررسی و برآورد پارامترهای ضریب آنیزوتروپی، مقاومت متقاطع متوسط، مقاومت طولی متوسط و هدایت پذیری طولی در سازند سخت برای موقعیت هر کدام از سونداژهای الکتریکی اجرا شده مقدار ضریب آنیزوتروپی را برای محدوده سونداژ ۲ برابر ۸ به دست داده است که با توجه به بالا بودن این ضریب در محل این سونداژ که نسبت به تمام سونداژهای دیگر بیشترین است، ضریب درزه‌داری سنگ و به تبع آن ضرایب آبخوان و به خصوص آبدهی سازند سخت در محدوده این سونداژ بهتر از سایر نقاط می‌باشد. محل مذکور پس از معرفی به کارفرمای طرح در مهر ماه ۱۳۹۶ حفاری و بیش از ۴۰ لیتر بر تانیه آبدهی داشته است که تا کنون در شعاع ۱۰۰ کیلومتر.

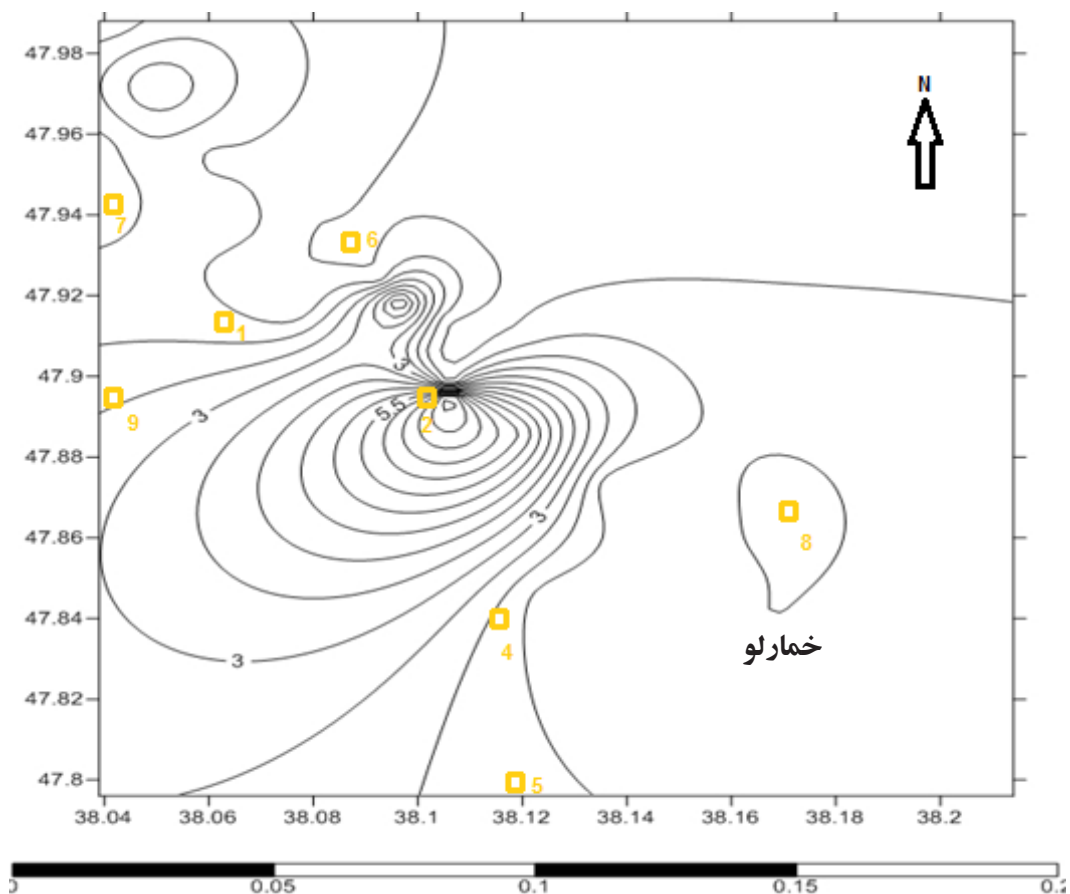
مطالعات آبیایی برای این شهر در سال ۱۳۹۶ (بهزاد زمانی و خسرو زمانی ۱۳۹۶) با بررسی‌های سنجش از دور، و شناسایی گسل‌های عمده در محدوده طرح و سپس مطالعات زمین شناسی صحرایی و شناسایی میدانی محدوده‌هایی از گسل‌ها که ضخامت زون گسلی بیشتری نشان می‌دهند، انجام گرفت. با انجام بررسی‌های ژئوفیزیکی و تهیه مقاطع ژئوالکتریک، وجود و گستره زون‌های گسلی ضخیم و به تبع آن آبخوان‌ها در محدوده مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گرفت. در این خصوص با استفاده از این نقشه‌ها و اطلاعات امکان مدل‌سازی ژئوفیزیکی و بررسی عمقی وضعیت گسل‌ها و لایه‌های آبدار فراهم شد.

نتایج مطالعات ژئوفیزیک نشان می‌دهد در محدوده‌های غربی و شرقی شهر خمارلو درسازندهای سخت که با گسل‌های عمده بریده شده‌اند، آبخوان‌هایی مرتبط با سازند سخت وجود دارد. اما به دلیل موقعیت و توپوگرافی خشن دسترسی به این منطقه‌ها جهت اجرای عملیات ژئوفیزیک و حفر چاه از نظر اجرایی بسیار دشوار می‌نماید. با این وجود در چند محدوده با وجود دشواری‌های عملیات صحرایی آزمایش‌های ژئوفیزیک اجرا گردید تا نقاط بهینه بای حفر چاه با تهیه نقشه پربند تراکم

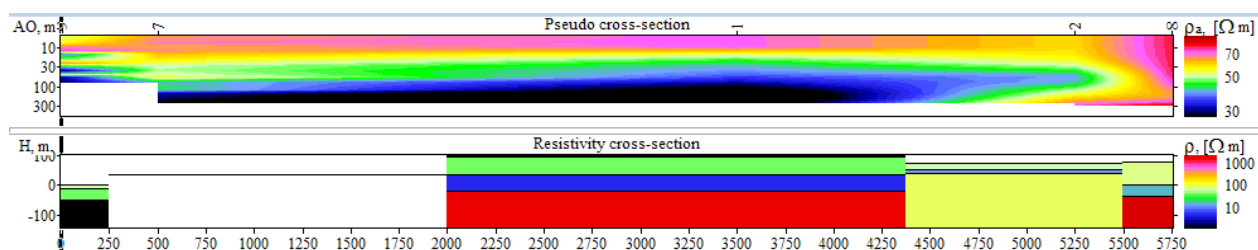


شکل ۹-ب- موقعیت سونداژهای اجرا شده و محور پروفیل شبه مقطع ترسیم شده.

این چاه، در تمامی چاه‌های حفر شده، چاهی با آبدهی بیش از ۵ لیتر در ثانیه وجود نداشته است که گویای موفقیت آمیز بودن این روش در مطالعات آبیایی است.



شکل ۹-ج. برآورد چگالی شکستگی‌ها در بخش‌های مختلف محدوده مطالعاتی و نقشه پربند چگالی شکستگی‌ها برای ضریب  $\lambda$  در منطقه مورد مطالعه. محل سونداژها با مربع و شماره کنار آنها نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۰. برش شبه مقطع ژئوفیزیکی از محل سونداژ ۲ پیشنهادی برای حفر چاه. این برش بر مبنای ۵ سونداژ که شماره‌های آنها در ردیف بالای برش و محل و فاصله‌های آنها در ردیف پایین برش مشخص شده است، ترسیم گردیده.



#### ۴- نتیجه گیری

مختلف محدوده‌های مطالعاتی مد نظر قرار گرفت. به این ترتیب در سازند سخت نقشه‌های پربند آنیزوتروپی برای بخش‌های مختلف محدوده‌های مطالعاتی تهیه شد. بررسی و مقایسه نقشه‌های پربند آنیزوتروپی در سه محدوده نمونه مطالعاتی نشان داد که هر جا مقدار لاندا افزایش دارد تراکم درزه‌ها و شکستگی‌ها بالا بوده و پتانسیل تشکیل آبخوان بیشتر است و آبدهی چاه حفر شده در آن نقطه نیز بالا است که این مطلب در نتایج کارهایی که Lattman, and Parizek, (1964) انجام داده‌اند نیز نمود دارد و بیشترین آبدهی در چاه‌هایی بوده که تراکم درزه‌ها و شکستگی‌ها در آنها بالا بوده است.

#### ۵- تشکر

این پژوهش با حمایت سازمان آب منطقه‌ای اردبیل و دانشگاه تبریز انجام گرفته است و به این نحو از این حمایت‌ها قدردانی می‌گردد.

در این پژوهش از تلفیق روش‌های مرسوم سطح‌الارضی زمین‌شناسی برای شناسایی گسل‌ها و زون‌های گسلی با روش‌های کاوش‌ها و پی‌جویی‌های زیر زمینی و روش‌های نوین تحلیلی بهره جسته شده است و با تهیه مقاطع ژئوالکتریک و نقشه‌های پربند چگالی شکستگی‌ها (شکل‌های ۹، ۶ و ۳) و برای ضریب  $\lambda$  و برش‌های شبه مقطع، وجود و گستره تحت‌الارضی آبخوان‌ها در محدوده‌های مورد مطالعه مشخص گردیده است. اما گاه به دلیل عدم امکان تعیین ضخامت زون‌های گسلی به روش ارزان‌تر ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی از یک سو و مشابهت خصوصیات به دست آمده برای آبخوان‌ها با روش‌های ژئوفیزیکی مرسوم و عدم امکان تعیین تفاوت آبدهی در بخش‌های مختلف یک آبخوان در سازند سخت، تحلیل خصوصیت دیگری یعنی پارامتر لاندا جهت تعیین تغییرات تراکم شکستگی‌ها در بخش‌های



#### References

Dewashish Kumar, S. N. Rai, S. Thiagarajan and - Y. Ratna Kumari, 2014, Evaluation of heterogeneous aquifers in hard rocks from resistivity sounding data in parts of Kalmeshwar taluk of Nagpur district, India, . CURRENT SCIENCE, VOL. 107, NO. 7

Indraratna, B and Ranjith, P. 2001. Hydromechanical Aspects and Unsaturated flow in Jointed Rock. AA Balkema Publ. Tokyo. Pp 286

Lattman, L. H. and Parizek, R. R. 1964. Relationship between fracture traces and the occurrence of groundwater in carbonate rocks. J. Hydrol. 2: 73-91

Singhal, B. B. S. and Gupta, R.P. 2010. Applied-Hydrogeology of fractured Rocks. Kluwer Academic Publishers (now Springer). 429 p

Salvany, J. M., 2004- Tilting neotectonics of the Guadiamar drainage basin, SW Spain. Earth Surface Processes and Landforms 29, 145-160

Narendra, KN and Rao, PS Latha, 2013. Integrating remote sensing and GIS for identification of groundwater prospective zones in the Narava basin, Visakhapatnam region, Andhra Pradesh. Journal of the Geological Society of India

#### ۶- منابع

- صابری، ع. رنگزن، ک. مهجوری، ر. کشاورزی، م. ۱۳۹۰. پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با تلفیق سنجش از دور و GIS به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تاقدیس کمستان استان خوزستان. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته. دوره ۱. شماره ۶. صفحات ۲۰-۱۱.

- سیفی ایناللو، رسول، ۱۳۹۴، بررسی تکتونیک و آب‌های زیر زمینی حوضه نیر استان اردبیل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

- زمانی، ق. بهزاد، زمانی خسرو و محمد حسن پور صدقی، ۱۳۹۵، بررسی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در سازندهای سخت حوضه‌های آبریز استان اردبیل، مطالعه موردی حوضه آغلغان چای (نیر). گزارش طرح پژوهشی، سازمان آب منطقه‌ای استان اردبیل کد طرح ۱۸۱۷۸/۹۰۰.

- زمانی، ق. بهزاد و خسرو زمانی، ۱۳۹۴، گزارش مطالعات ژئوفیزیک برای آبیای در محدوده دانشگاه آزاد کرمانشاه. شرکت آبیاب زمین.

- زمانی، ق. بهزاد و خسرو زمانی، ۱۳۹۶، گزارش مطالعات ژئوفیزیک برای آبیابی در محدوده شهرخمارلو- آذربایجان شرقی. شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی.

**Identification of the crushed fault zones, by calculating fracture density with geophysical data for water exploration in hard formations (Case study- Aghligan, Azad Kermanshah University, Khomarlou city projects)**

**Behzad Zamani G.<sup>1,3\*</sup>, Mohamad Hasanpour Sedghi<sup>2</sup>, Bagher Zahmati<sup>5</sup>, Rasol Seyfi<sup>4</sup>, khosrow zamani<sup>3</sup>**

1. Associate prof., University of Tabriz, Natural Sciences College, Earth Sciences dep.
2. Assistant prof., University of Tabriz, Natural Sciences College, Earth Sciences dep.
3. Expert of Abyab zamin co.
4. Expert of Ardabil survey of water resources.
5. Expert of East Azerbaijan, Water and water waste co.



**Abstract:**

Necessity of the human to the safe and permanent water sources is one of the important problems. In the last decades, soft rock aquifers of country mainly are used, therefore, exploration for groundwater in the hard rocks has focused

Tectonics and faults one of the important factors to crush the rocks and formations and make and develop the faulted aquifers. Therefore, in this study the role of the structural geology is researched in development of the underground fractures and have used the geophysical tests to explore water sources and well locating. In this case three study area researched in country. An important property means the Lambda parameter for the first time have used in the studied areas to determine the fractures density.

In this research evaluate the Lambda parameter and fracture density in three study area in Iran. where Lambda parameter used to determine and print the joints and fracture density and anisotropy contour maps. These maps show potentially for developing the ground water is high where Lambda parameter is highest. Lambda was 8 in Aghlighan-chay and Khomarlou and 1.76 in Kermanshah University. The location of the 2nd soundage in Khomarlou project after boring have had up to 40 L/S well water. Therefore this method is a new method to evaluate the aquifers before boring the wells to access the new resources of ground water and management the drought hazards.

**Key words:** Crushed fault zones, Anisotropy modulus, Fracture density, mean longitudinal resistivity.

---

\* b.zamani@tabrizu.ac.ir