چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی و تهیه نقشه خسروشاه با نگرش ویژه بر برنامه ریزی شهری و سازه های مهندسی

زکریا حسن زاده [۱]، محمد قربانی [۲]

[۱] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه تبریز، تبریز zakaria.hasanzadeh1805@gmail.com

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، تبریز Ghorbanigeologycal@gmail.com

چکیده

نخستین ملاک ارزیابی موفقیت یک پروژه مهندسی، علم به ماهیت زمین شناسی و شناسنامه مکانیک سنگ و خاک پیش از آغاز هر پروژه ایست. تحقیق حاضر در یک مطالعه موردی، شهر خسروشاه، واقع در شمالغرب ایران از توابع استان آذربایجان شرقی به فاصله ۳۱ کیلومتری از شهر تبریز است. مورد بحث قرار می‌دهد. در سرار جهان، زمین‌شناسی شهر در برنامه‌ریزی و تهیه نقشه محیط زمین‌شناسی شهرها، یک جایگاه کلیدی دارد و در برخی موارد یک مترادف بسیار نزدیک با زمین‌شناسی زیست‌محیطی درنظرگرفته می‌شود.
در این مطالعه با بررسی منابع اولیه شامل گزارش‌ها، نقشه‌های از پیش تهیه شده و انجام آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی محدوده خسروشاه شامل واحدهای سنگی و خاکی بررسی شده و نقشه ۱:۲۵۰۰۰ زمین‌شناسی مهندسی محدوده رسم شده است. در قسمت واحدهای سنگی نتایج به دست آمده شامل لایه‌بندی، درزه‌داری و فاصله‌داری، مقاومت فشاری، هوازدگی و دگرسانی، نفوذپذیری، بلوک‌ریزی، شاخص کیفی سنگ، سهولت نسبی گودبرداری و رده‌بندی توده سنگ‌ها(GSI) و در قسمت خاکی نتایج شامل دانه‌بندی خاک، نتایج حدود آتربرگ، مقاومت زمین با استفاده از آزمون نفوذ استاندارد، چگالی خاک طبق روش مخروط ماسه و رطوبت خاک است.

واژه‌های کلیدی

زمین شناسی مهندسی، بررسی‌های ژئوتکنیکی، نقشه زمین‌شناسی مهندسی، خسروشاه

۱. متن مقاله

نقشه زمین‌شناسی مهندسی نوعی نقشه زمین‌شناسی است که نمایش تعمیم‌یافته‌ای از همه سازنده‌های پیرامون زمین‌شناسی که در برنامه‌ریزی کاربرد زمین و در طراحی، ساختمان و نگه‌داری سازه‌ها در مهندسی راه و ساختمان و مهندسی معدن از اهمیت برخوردارند را فراهم می‌آورد(IAEG, 1976).

زمین‌شناسی مهندسی شهری بخشی از دانش زمین‌شناسی است که به مطالعه و شناخت ویژگی‌های محدوده نهشته‌های شهرها و تحلیل خطرات زمین‌شناختی و همچنین تاثیرات شهرسازی بر روی دو پارامتر فوق می پردازد(Fuchu et al, 1998).

در سرار جهان، زمین‌شناسی شهر در برنامه‌ریزی و تهیه نقشه محیط زمین‌شناسی شهرها، یک جایگاه کلیدی دارد و در برخی موارد یک مترادف بسیار نزدیک با زمین‌شناسی زیست‌محیطی درنظرگرفته می‌شود.

مطالعات زمین‌شناسی برای تدوین نقشه‌ها و پروژه‌ها از اوایل قرن بیستم مخصوصاً در اروپا آغاز شده است. همزمان با افزایش تقاضای مهندسان برای در دست داشتن هر چه بیشتر اطلاعات زمین شناسی به صورت کمی، مطالعات و بررسی‌های زیادی در مورد ساختارها و پدیده‌های زمین‌شناسی و تفسیر مهندسی آنها به انجام رسیده است. این اطلاعات ویژه ابتدا به صورت متن‌های توضیحی، سپس در قالب نشانه نمای گسترش یافته و سرانجام به صورت نقشه‌های واقعی زمین‌شناسی مهندسی ظاهر شدند (Zuquette et al, 2004).

برای ترسیم نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که در ادامه به مهم‌ترین و قابل استنادترین آنها اشاره شده است:

- ترسیم نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی که توسط انجمن بین‌المللی زمین‌شناسی مهندسی به انجام رسیده است(IAEG, 1976).
- اصول تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی که توسط آقایان دیرمان و ماتولا پیشنهاد شده است(Dearman and Matula, 1976)
- روش پیشرفته‌تری توسط زوکت (Zuquette,1993) پیشنهاد شده است که بر اساس ویژگی‌ها و خصوصیات نقشه‌ها به طور عمومی و طرح‌های با طبقه‌بندی مرتب، توسعه یافته‌اند(سکوتی، ۱۳۹۴).

در کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای در حال توسعه تحقیقات و پروژه‌های بسیاری در رابطه با تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی در حال انجام و یا به انجام رسیده است من جمله، در پروژه‌ای در نیغده ترکیه برای ترسیم نقشه‌های ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی مهندسی، پارامترهای ضروری برای مهندسین طراح ژئوتکنیک با استفاده از داده‌های به دست آمده از گمانه‌های مختلف شامل SPT، سطح آب‌های زیرزمینی، آزمایش‌های لازم بر روی نمونه‌های خاک استفاده شده است. در این مطالعه به وسیله نرم افزار ArcGIS چندین نقشه شامل نقشه موقعیت آب‌های زیرزمینی، تعیین منطقه روانگرایی، بررسی انعطاف‌پذیری، طبقه‌بندی خاک ترسیم شده است (Celik et al, 2021).

همچنین در داخل کشور و در تحقیقی جامع در رابطه با تهیه نقشه زمین‌شناسی مهندسی شهر شاندیز، کلیه اطلاعات لازم شامل گزارش‌ها، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها، مقالات، ترانشه‌های موجود، و استفاده از انجام آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی و اطلاعات حاصل از حفاری‌های انجام شده در سطح منطقه، خصوصیات مهندسی نهشته‌های رسوبی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است، علاوه بر موارد یادشده از لایه‌های خاک ۴۱ ترانشه طبیعی و مصنوعی جهت تهیه نقشه بافت خاک در دو عمق سطحی و عمق ۴ متر استفاده شده است(صافی یگانه، ۱۳۹۶).

هدف از انجام این تحقیق، تعیین خصوصیات ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی خاک و سنگ منطقه و تهیه نقشه زمین‌شناسی مهندسی جهت استفاده در طراحی اجرای پروژه‌های عمرانی، شهرسازی و ... برای چهارگوش خسروشاه است.

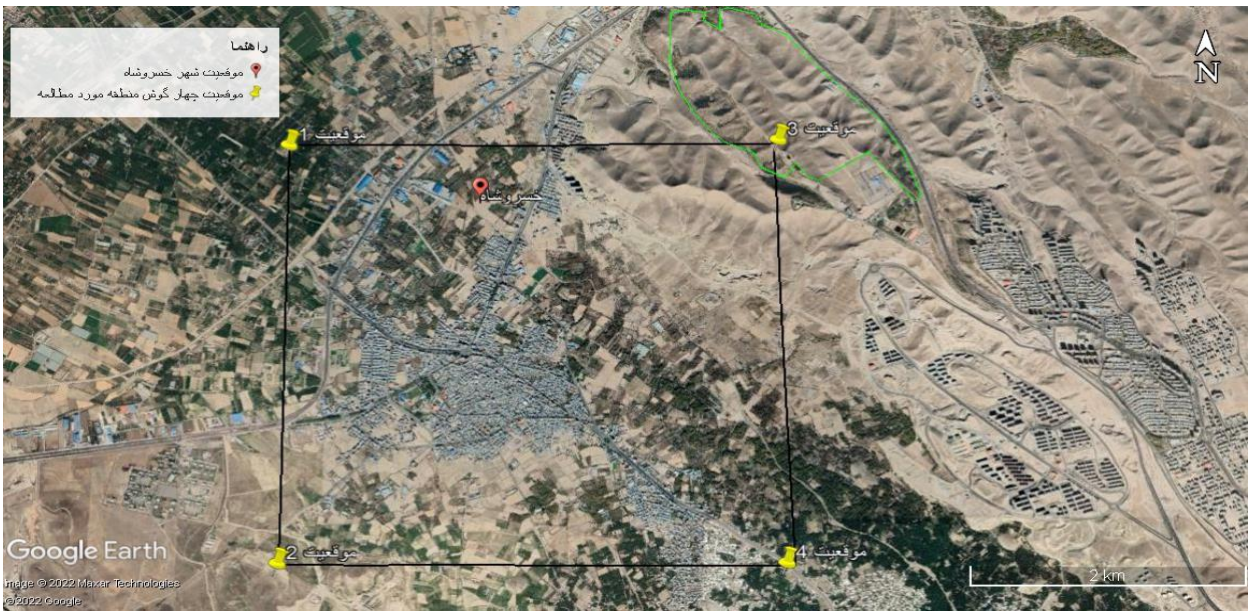
۲-موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه خسروشاه با وسعتی حدود ۱۵۰ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه تا ۴۶ درجه و ۷ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۸ درجه شمالی قرار گرفته‌است (جدول ۱). در شکل ۱ موقعیت شهر خسروشاه با استفاده از نرم‌افزار

گوگل ارث، نشان داده شده است. شهر خسروشاه در شمال‌غرب ایران و در قسمت جنوب تا جنوب‌غربی کلان‌شهر تبریز که مرکزیت استان آذربایجان شرقی را در اختیار دارد قرار گرفته است.

جدول ۱-مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از شکل ۱)

۱. موقعیت محدوده	۲. مشخصات جغرافیایی ۳. (درجه دقیقه ثانیه)	۴. مشخصات جغرافیایی (UTM) ۵.
۶. موقعیت ۱	۷. ۴۶° ۰۰′ ۰۰″ ۸. ۳۸° ۰۰′ ۰۰″	۹. ۵۸۷۷۹۸.۳ ۱۰. ۴۲۰۶۲۸۶
۱۱. موقعیت ۲	۱۲. ۴۶° ۰۷′ ۳۰″ ۱۳. ۳۸° ۰۰′ ۰۰″	۱۴. ۵۹۸۷۷۳.۵ ۱۵. ۴۲۰۶۴۱۲
۱۶. موقعیت ۳	۱۷. ۴۶° ۰۷′ ۳۰″ ۱۸. ۳۷° ۵۲′ ۳۰″	۱۹. ۵۹۸۹۴۰.۵ ۲۰. ۴۱۹۲۵۴۲.۵
۲۱. موقعیت ۴	۲۲. ۴۶° ۰۰′ ۰۰″ ۲۳. ۳۷° ۵۲′ ۳۰″	۲۴. ۵۸۷۹۴۷.۸ ۲۵. ۴۱۹۲۴۱۷.۵



شکل ۱- موقعیت شهر و محدوده مورد مطالعه

خسروشاه به عنوان یکی از شهرهای استان آذربایجان‌شرقی و مرکز بخش خسروشاه طبق مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ جمعیتی بالغ بر ۲۲۰۰۰ نفر داشته است. برخی از تأسیسات و کارخانه‌های مهم استان آذربایجان شرقی از جمله نیروگاه حرارتی تبریز، کشتارگاه تبریز و ... در محدوده جاده تبریز - سنندج احداث گردیده است که اهمیت بررسی محدوده مورد مطالعه که در این بخش قرار دارد را بیشتر می‌کند.

از نظر تقسیمات کشوری(اندکس ۱:۲۵۰۰۰)، ورقه خسروشاه از طرف شمال به ورقه مایان، از طرف شرق به اسکو، از طرف غرب به ورقه ایلخچی و از طرف جنوب به ورقه ینگجه متصل می‌شود.

۳-زمین‌ریخت‌شناسی منطقه

کوه آتشفشان سهند مجموعه‌ای از کوه‌های بلند درشمال‌غربی ایران می‌باشد که با بلندای بیش از ۳۷۰۰ متر از سطح دریا وسعتی حدود ۴۵۰۰ کیلومتر مربع را اشغال نموده است. این آتشفشان بیش از ده‌ها قله منفرد مخروطی‌شکل و یا متصل به همدیگر داشته که بیش از ۱۷ قله آن بالای ۳۰۰۰ مترارتفاع دارند. دهانه‌های این آتشفشان که عمدتاً از گدازه های مختلف تشکیل شده اند دربخش مرکزی محدوده این آتشفشان متمرکز میباشند.

تشکیلات اپی‌کلاستیک‌ها و ولکانوکلاستیک مربوط به آتش‌فشان سهند به شعاع چندین کیلومتر از مراکز آتشفشانی به طرف جلگه-های اطراف آن گسترش یافته‌اند و در حالت کلی ارتفاع از مراکز آتشفشانی به طرف واحدهای آواری و دشت‌های اطراف کمتر می شود. دامنه‌های سهند با رطوبت کافی و مناسب برای رشد گیاهی است به طوریکه بهترین مراتع را دردامنه های سهند میتوان یافت، رودخانه-های منطقه نیز اغلب به صورت شعاعی از مراکز آتشفشانی درجهات مختلف به طرف جلگه ها جریان دارند . درمراکز آتشفشانی بعلت مقاومت دربرابر فرسایش دره ها تنگ و عمیق بوده ولی به طرف حاشیه رودخانه‌ها عریض‌تر می‌شوند. محدوده ورقه خسروشاه درمنتهی الیه دامنه های شمالی وشمالغربی ارتفاعات سهند قرارگرفته که ، ساختار ، ریخت شناسی ومورفولوژی آن متاثر از آتشفشان سهند میباشد. درکل ارتفاع ازشمال باختری به سمت جنوب خاوری افزایش می یابد. ارتفاع در بالاترین نقطه جنوب‌شرق ورقه ۱۷۳۰ متر ودرپایین ترین نقطه درحاشیه رودخانه تلخه‌رود در شمال غربی نقشه۱۳۰۰ متر می‌باشد .

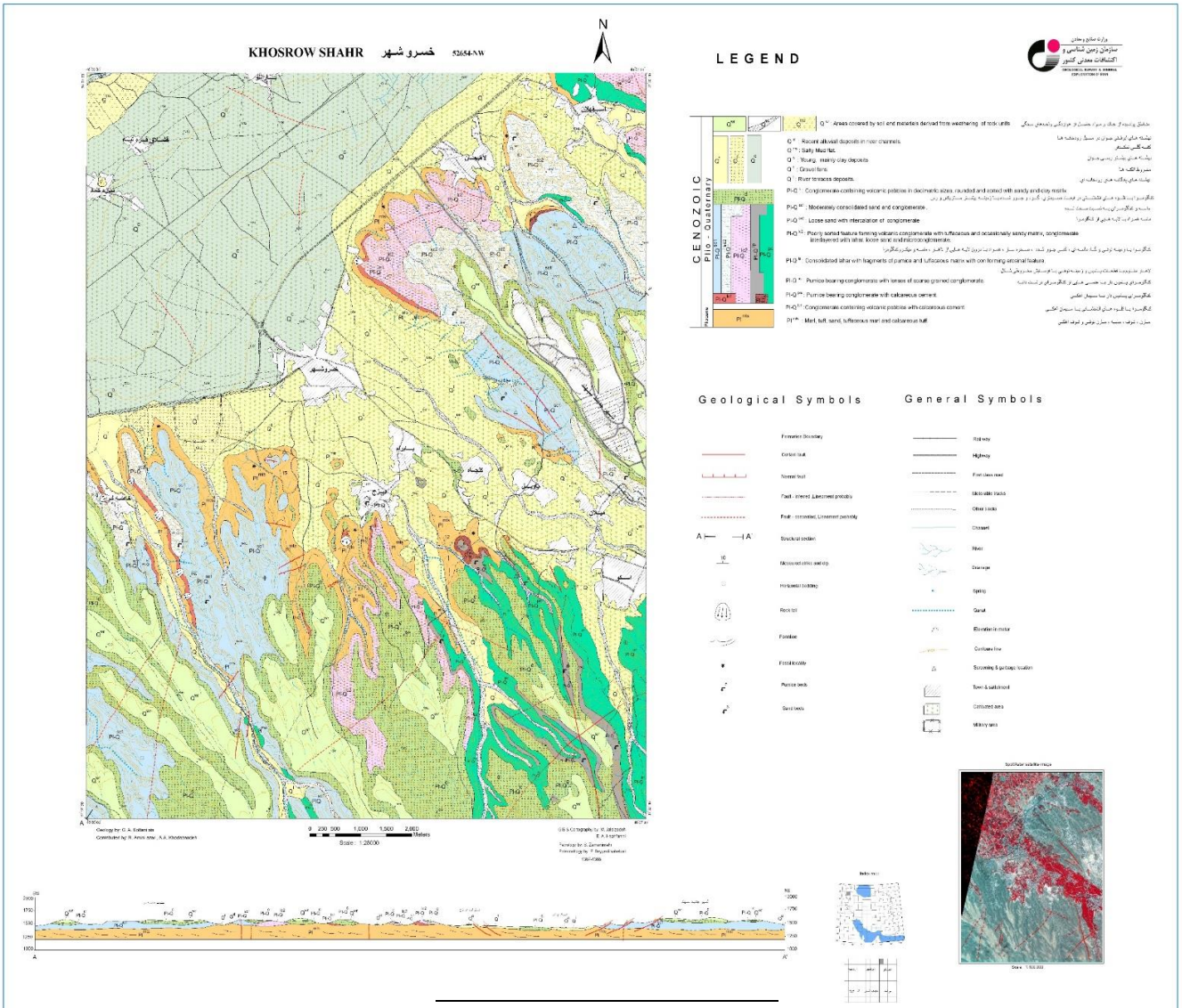
از دیدگاه ریخت‌شناسی تقریباً بیش از ۲۵ درصد از نقشه ۱:۲۵ ۰۰۰ خسروشاه را درنیمه شمال‌غربی را شهر و نهشته‌های دشت پوشانده است. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه را لایه‌های ماسه، مارنی، توف و توف‌های کربناته پلیوسن تشکیل می‌دهد. که در زیر واحدهای ولکانوکلاستیک قراردارند. نهشته‌های این واحد بسیار نرم فرسا است، ولی نفوذپذیری آن‌ها بسیارکم است و سنگ کف آبرفت-های شهر تبریز و خسروشاه نیز تماماً از این واحد تشکیل شده‌اند. ولی گستره بیشتر ورقه را رسوبات رودخانه‌ای نسبتاً نرم اپی‌کلاستیک مربوط به آتشفشان سهند تشکیل داده است. رسوبات اپی‌کلاستیک که بعد از قرارگیری مواد آتشفشانی سایر واحدهای رسوبی توسط آب و باد دوباره به حرکت درآمده و با مواد غیرولکانیکی مجدداً رسوب‌گذاری نموده‌اند. نهشته‌های منطقه اعم از نهشته‌های پلیوسن و رسوبات اپی‌کلاستیک از رسوبات نرم و ناپایدار درعوامل فرساینده تشکیل گردیده است. به علت شیب توپوگرافی زیاد از مراکز آتشفشان به طرف جلگه‌ها و دشت، عمل فرسایش درآنها شدید و ارتفاعات نسبتاً پست و همواری را تشکیل داده است. آبرفت‌های سطح شهر و دشت نیز عمدتاً از تخریب و فرسایش ارتفاعات سهند حاصل شده‌اند، قسمتی که در نزدیکی ارتفاعات تشکیل شده، دانه درشت و در بخش مرکزی دانه‌ریز است. ارتفاعات سهند در منطقه باعث شده که دامنه‌های سهند به نحو مطلوبی رطوبت هوا را جذب نموده و برای رشد گیاهی مساعد باشد. با توجه به اینکه جنس رسوبات از رسوبات نرم مثل مارن، کنگلومرا و ماسه می‌باشد و از طرفی به علت شیب توپوگرافی نسبتاً زیاد، از مراکز آتشفشان به طرف جلگه‌ها و دشت، عمل فرسایش درآن‌ها بسیار شدید بوده و ارتفاعات نسبتاً پست و همواری را بوجود آورده‌اند. (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۲).

۴-زمین‌شناسی منطقه

بخشی ازشمال نقشه زمین‌شناسی خسروشاه در این مقیاس (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) درمحدوده جامع شهر تبریز جای گرفته است واز نظر تقسیمات کشوری شهرخسروشاه یکی ازبخش‌های تابع شهرستان تبریز می‌باشد. مرز زون ساختاری تبریز – ساوه ومجموعه ارومیه – دختر را گسل تبریز تعریف میکند و بنا به گفته دانشمندان این مرز منطبق بر زمین‌درز برخوردی کمان نئوتتیس است. از نظر ساختاری این منطقه در جنوب سامانه گسل تبریز واقع شده که متعلق به کمربند تبریز – ساوه (بخش شمالغربی کمان ارومیه – دختر) می‌باشد. مهم‌ترین عارضه تکتونیکی منطقه، گسل شمال تبریز است. این گسل کمی خارج از محدوده این ورقه‌ها، ازبخش شمال عبور می-کند(سلطانی و همکاران، ۱۳۹۲).

مرز زون ساختاری تبریز – ساوه و مجموعه ارومیه – دختر را گسل تبریز تعریف می‌کند و طبق نظر زمین‌شناسان این مرز منطبق بر زمین‌درز برخوردی کمان نئوتتیس است. این منطقه ازنظر زمین‌ساختی قسمتی از پهنه البرزمرکزی – آذربایجان و از نظر فعالیت‌های ماگمایی قسمتی از پهنه تبریز – بزمان می‌باشد. و یا به عبارت دیگر کوه آتشفشانی سهند و دامنه‌های آن که درجنوب گسل تبریز واقع شده متعلق به کمربند تبریز– ساوه می‌باشد. گسل تبریز امروزه نیز یکی ازگسل‌های فعال آذربایجان می‌باشد(آقانباتی، ۱۳۸۳).

در مطالعه سنگ‌نگاری[1] سنگ‌های آتشفشانی سهند، آثاری دال بر آتشفشانی زیردریایی مشاهده نشده است. چینه‌بندی منظم رسوبات ولکانوکلاست‌های منطقه سهند، معرف وجود رسوبگذاری وسیع و یکسانی در اطراف سهند در زمان فعالیت آتشفشان می‌باشد. با توجه به مطالب فوق می‌توان سهند را در ابتدای فعالیت به صورت جزیره و یا شبه جزیره کوهستانی تصور کرد که به وسیله دریایی کم‌عمق احاطه شده است. بنا به نظریه تعدادی از زمین‌شناسان، دریاچه ارومیه در گذشته بسیار وسیع بوده و تا پای ارتفاعات سهند گسترش داشته است(معین وزیری و سبحانی، ۱۳۵۶).



شکل ۲ -نقشه زمین‌شناسی خسروشاه (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۲)

در سال ۱۹۷۳ میلادی سازمان زمین‌شناسی با همـکاری زمین‌شناسانی از کشور ژاپن مطالعاتی بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده را انجام داد با توجه به این مطالعات سن معادل میوسن فوقانی و پلیوسن زیرین را در این منطقه گزارش کرده‌اند. رسوبات دارای فسیل ماهی در منطقه توسط انباشته‌های عظیمی از ولکانوکلاستیک‌های مـربوط به آتشفشان سهند پوشانده شده که در اکثر گزارش‌ها و نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، این رسوبات معادل رسوبات ماهی‌دار زیرین گزارش شده است(Berberian et al, 1977).

۵-چینه شناسی:

در محدوده نقشه ۱/۲۵۰۰۰ خسروشاه(شکل-۲) یک سری واحدهای رسوبی آواری و آذرآواری ساختارهای زمین‌شناسی منطقه را تشکیل داده‌اند که بر اساس مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی و مطالعات پیشینه، واحدهای سنگی مشخص و تفکیک شده‌اند.

قدیمی‌ترین رخنمون‌های منطقه متعلق به زمان پلیوسن‌زیرین می‌باشد، که دارای سنگ‌های مارنی، توفی و توفیت‌های آهکی است. با بررسی‌های انجام گرفته، علاوه بر فسیل ماهی، قطعاتی از استخوان‌های مختلف از حیوانات گوناگون در منطقه نیز مشاهده شده است(سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۲).

واحدهای پیروکلاستیک و اپی‌کلاستیک وابسته به آتشفشان سهند، بیشتر در تمامی منطقه با یک دگرشیبی بر روی واحدهای توفی ماهی‌دار قرار می‌گیرند. این ناپیوستگی تاثیر فازهای تکتونیکی پلیوکواترنر در منطقه را به خوبی نشان می‌دهد(غیوری و معین وزیری، ۱۳۸۱).

واحدهای آذرآواری در این منطقه به واحدهای زیر تقسیم شده‌اند:

در بخش پامیس‌دار، لایه‌های متعددی از پاراکنگلومرای نامنظم(لاهار) تشکیل شده است. لاهارها در سایر بخش‌های این واحد کم و بیش وجود دارند، ولی مقدار آن‌ها کم است. وجود دیاتومیت در رسوبات ماهی‌دار برای اولین بار پیرامون ممقان و آق یوقوش تبریز، مشاهده شده است(افتخارنژاد، ۱۳۴۸).

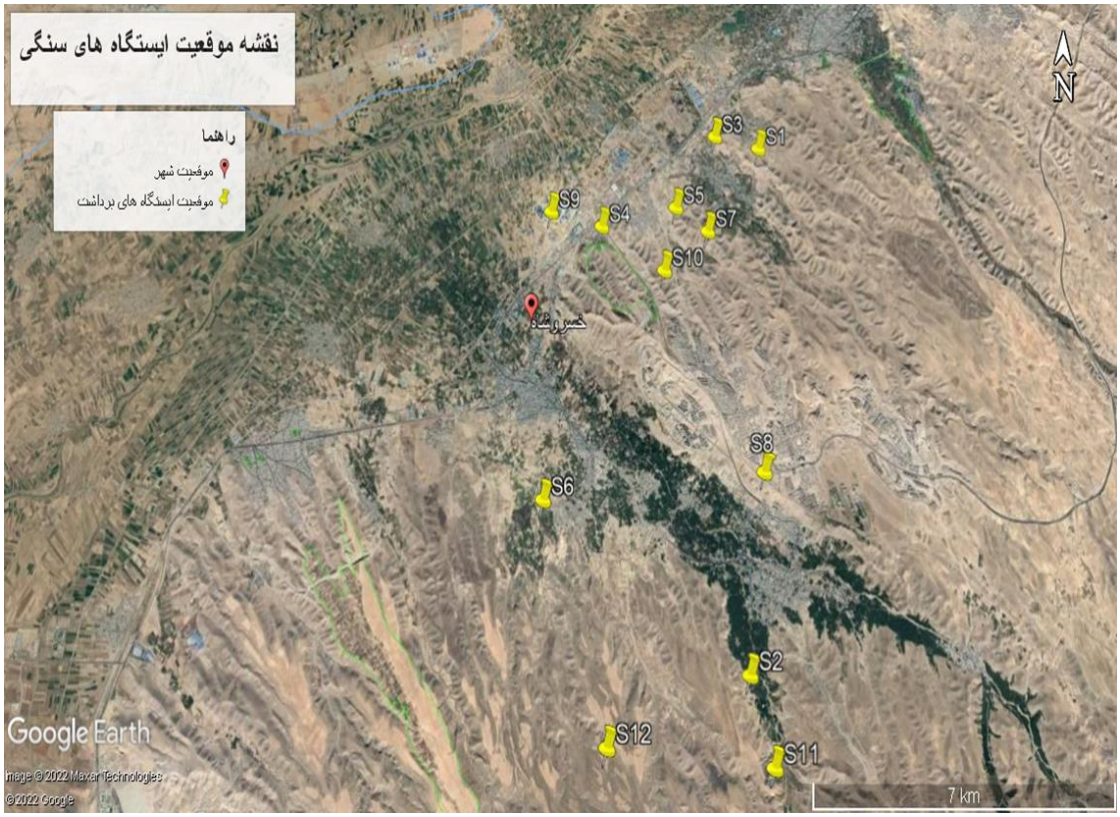
روی لایه‌های پامیس‌دار، چندین لایه از ماسه و کنگلومرای سست با منشاء آبرفتی قرار دارد که قطعات آن‌ها از گدازه‌های آتشفشان سهند تشکیل شده‌اند. بخش ماسه‌ای به عنوان ذخایر شن و ماسه در تبریز مورد بهره برداری قرار می‌گیرند.

شکل ۳- تصویری از واحد کنگلومرایی، نزدیک شهر جدید سهند (حسن زاده-زکریا، ۱۴۰۰)

۶-بحث

منطقه مورد مطالعه به دلیل شرایط و ویژگی‌های خاص طبیعی، برای توسعه شهری از اهمیت بالایی برخوردار است و همچنین با توجه به قرارگیری در قطب صنعتی کشور و افزایش سازه‌های صنعتی و ساختمانی پیشرفته، مطالعات زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه در این شهر و بررسی خصوصیات مهندسی نهشته‌های سخت‌نشده اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق با بررسی گزارش‌ها و تحقیقات ژئوتکنیک انجام شده، تمامی اطلاعات موجود درباره‌ی نهشته‌های رسوبی و رخنمون‌های سنگی محدوده استخراج گردیده و با انجام نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های لازم، اقدام به ارزیابی خصوصیات آن‌ها شده است و در نهایت با استفاده از اطلاعات ژئوتکنیکی گردآوری شده، نقشه زمین-شناسی مهندسی منطقه بر اساس پارامترهای مختلف تهیه شده است. جهت بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی مصالح و تهیه نقشه زمین‌شناسی مهندسی، لازم است خصوصیات ژئوتکنیکی رخنمون‌های سنگی و نهشته‌های سخت نشده مشخص شود. منطقه مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی به طور کلی شامل دو بخش نهشته‌های سخت نشده و رخنمون‌های سنگی می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی به طور کلی شامل دو بخش نهشته‌های سخت‌نشده و رخنمون‌های سنگی می‌باشد. در بخش رخنمون‌های سنگی ویژگی‌های ساختاری سنگ شامل لایه‌بندی، درزه‌داری و فاصله‌داری، مقاومت فشاری، هوازدگی و دگرسانی، نفوذپذیری، بلوک‌ریزی، شاخص کیفی سنگ، سهولت نسبی گودبرداری و رده‌بندی توده سنگ‌ها(GSI) مطابق جدول ۲ بررسی و ارائه شده‌اند. در بخش مربوط به رسوبات سخت‌نشده، ویژگی‌های مهندسی خاک‌ها شامل دانه‌بندی خاک، نتایج حدود آتربرگ، مقاومت زمین با استفاده از آزمون نفوذ استاندارد، چگالی خاک طبق روش مخروط ماسه و رطوبت خاک بررسی‌شده و نتایج طبق جدول ۳ مشخص شده‌است. اطلاعات جمع‌آوری شده در شکل ۲ به نمایش در آمده که شامل تعداد ۱۲ ایستگاه برای برداشت سنگی و ۱۳ ایستگاه برای برداشت خاکی می‌باشد. موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده سنگی در شکل ۲ و موقعیت ایستگاه‌های برداشتی نمونه‌های خاکی در شکل ۳ نمایش داده شده، همچنین آزمایش‌های انجام گرفته بر روی نمونه‌ها در این ایستگاه‌ها به انجام رسیده است.



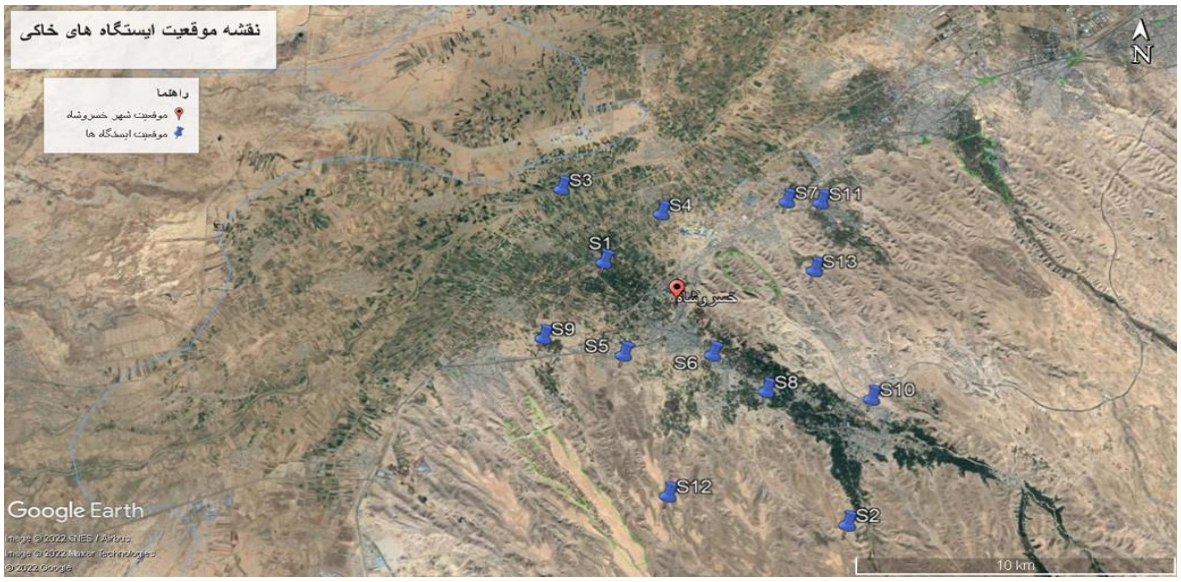
شکل ۴- موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده سنگی در محدوده مورد مطالعه

جدول ۲- نتایج به دست آمده از قسمت واحدهای خاکی منطقه مورد مطالعه

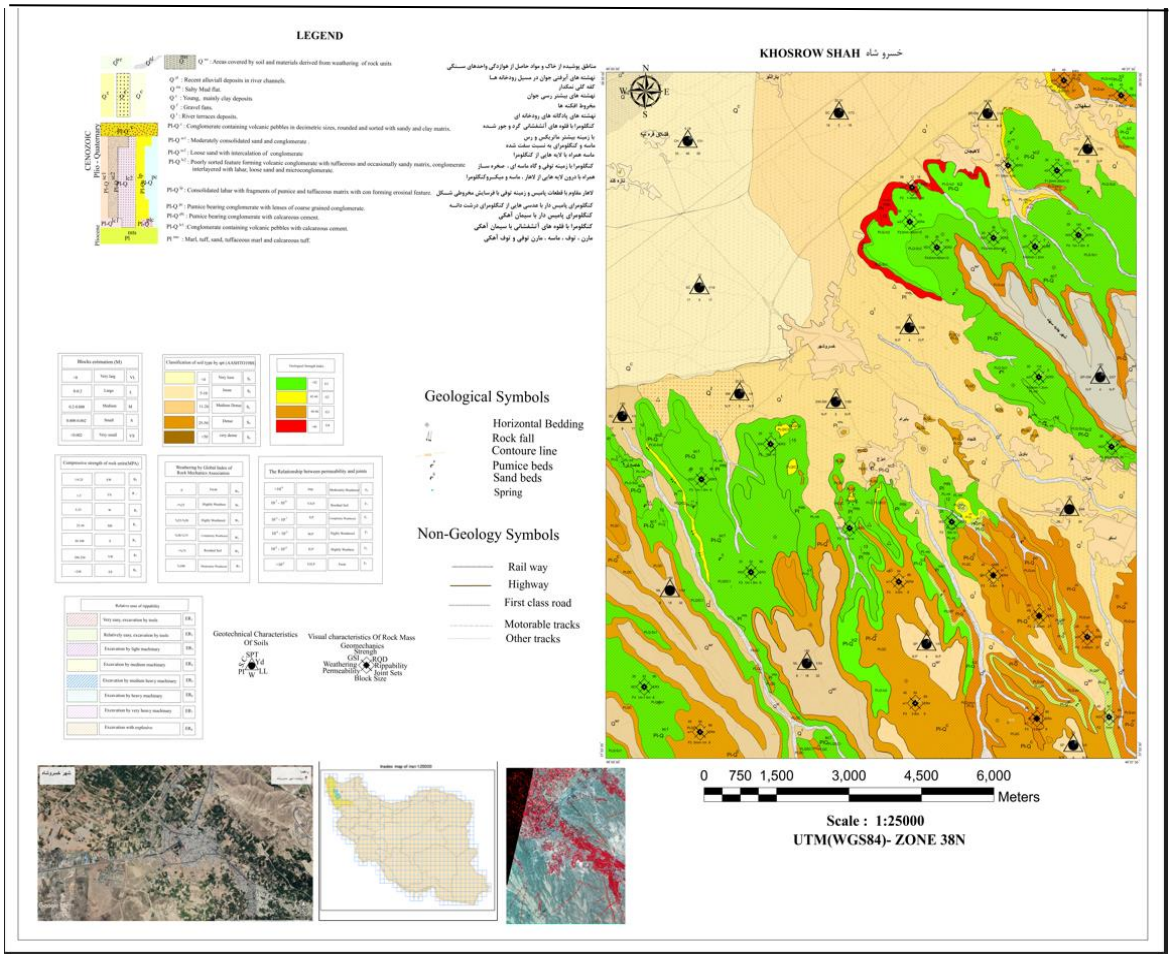
شماره ایستگاه	LL (درصد)	PL (درصد)	رطوبت (درصد)	چگالی خاک (g/cm^3)	SPT	نوع خاک
S1	NP	NP	۲۵/۳۲	۱/۳۵	۱۹	SM
S2	NP	NP	۲/۷۳	۱/۴۶	۵۰<	SC
S3	NP	NP	۵/۰۷	۱/۲۵	۱۴	SP-SM
S4	NP	NP	۴/۰۴	۱/۵۸	۵۰<	SM
S5	NP	NP	۴/۷۷	۱/۵	۲۱	SM
S6	NP	NP	۴/۶۷	۱/۸۸	۵۰<	SW-SM
S7	NP	NP	۴/۶۱	۱/۷۳	۲۰	SC
S8	۵۵	۳۳	۲۶/۶۸	۱/۳۱	۶	CH
S9	۴۳	۱۷	۸/۷۴	۱/۱۶	۱۰	SC
S10	NP	NP	۸/۰۵	۱/۳	۵۰<	SC
S11	NP	NP	۴	۱/۵	۲۴	SP
S12	۳۲	۸	۱۸	۱/۵۴	۵۰<	ML
S13	NP	NP	۴/۲	۲/۰۷	۵۰<	GP-GM

جدول ۳- نتایج به دست آمده از قسمت واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه

واحدهای سنگی	ضخامت لایه	دسته‌د رزه	تعداد درزه	مقاومت	نفوذپذیر ی	هوازدگی	ابعاد بلوک	شاخص کیفی	سهولت نسبی گودبردا ری	GSI
PL^{mts}	۲سانتی‌متر تا ۱ متر	۳-۵	۲۵	غیر قابل اندازه گیری	F_1 - F_2	W_2	Vs	۳۲	ER_3	۱٤
PLQ^{pc} (پومیس)	۵۰ سانتی متر تا ۱ متر	۳	۲۷	۲٤	F_2	W_3	Vs	۲۵/۳	ER_2	۱۲
PLQ^{pc} (کنگلومرا)	٦۰ سانتیمتر تا ۲ متر	--	--	٤۹	F_3	W_2	M	--	ER_3	۱۵
PLQ^{lp}	۱۰ متر	۳	۹	۲۷	F_2	W_2	M	۸۵	ER_5	۱٦
PLQ^{lc2} (کنگلومرا)	۷ متر	--	--	٦۱	F_1	W_2	S	---	ER_3	۱۲
PLQ^{lc2} (لاهار)	۱٦ متر	۵	۲۲	۲۲	F_1	W_2	S	٤۲	ER_3	-- -
PLQ^{sc1} (کنگلومرا)	۳۰ سانتی‌متر تا ۱ متر	---	---	۵۲	F_3	W_2	M	---	ER_3	۱۳
PLQ^{sc1} (ماسه سنگ)	۵ تا ٦۰ سانتی‌متر	۳	۱٦	٤۹	F_3	W_2	M	٦۲/۲	ER_3	۱۱
PLQ^{sc2} (ماسه سنگ)	۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر	۳	۱۸	۲۷	F_4	W_2	S	۵۵/٦	ER_3	۱۲
PLQ^{c} ماسه سنگ	۵ تا ٦۰ سانتی‌متر	۲	۱۰	۳٤	F_3	W_1	VL	۸۲	ER_4	۱۳



شکل ۵- موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده خاکی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۶- نقشه زمین‌شناسی مهندسی محدوده مورد مطالعه

با توجه به اطلاعات به دست آمده از نمونه‌های برداشت شده در ایستگاه‌های سنگی و خاکی نقشه زمین‌شناسی مهندسی در شکل ۴ محدوده خسروشاه ترسیم و اطلاعات در آن به صورت ایستگاه‌های نقطه‌ای به نمایش در آمده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت بررسی‌های زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی برای توسعه شهری در این منطقه و همچنین ارتقاء کیفیت ساخت و ساز اعم از سازه‌های صنعتی و مسکونی می‌توان نتیجه گرفت که تهیه نقشه زمین‌شناسی مهندسی و بررسی ویژگی‌های ساختاری سنگ‌ها و نمونه‌های خاکی از مهم‌ترین عوامل ذکرشده برای به انجام رساندن این هدف است. در این تحقیق بررسی‌های انجام گرفته نشان می دهد که:

- رخنمون‌ها و برون‌زدهای منطقه مورد مطالعه، بیشتر شامل لیتولوژی‌های ماسه‌ای و کنگلومرا است و بر اساس نتایج حاصل از آزمون چکش اشمیت، سنگ‌شناسی منطقه بیشتر بر اساس سه رده مقاومت ضعیف و مقاومت متوسط و مقاومت بالا تقسیم می‌شوند.
- بر اساس نتایج به دست‌آمده و نقشه طبقه بندی خاک، بیشتر مناطق از ماسه(SP-,SM,SP-SM,SW-SM)، رس CH، سیلت ML و در یکی از نمونه‌ها GP-GM می‌باشد.
- بیشتر اراضی منطقه را زمین‌های کشاورزی تشکیل داده و در قسمت مناطق سنگی هم شیب منطقه بیشتر بین ۲۰ تا ۳۰ درجه متغیر است.
- بر اساس نتایج حاصل از SPT، تراکم در منطقه بین تراکم متوسط تا بالا متغییر و بیشتر مناطق دارای تراکم نسبتاً خوبی است.
- چگالی خاک در بیشتر بخش‌های منطقه خسروشاه، بین ۱/۳۰- ۱/۷۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب در تغیر است، اما در قسمتی از نمونه-های برداشت شده به ۲/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب نیز می‌رسد.
- درصد رطوبت خاک در بیشتر مناطق بین ۴ تا ۹ درصد نوسان می‌کند لذا می‌توان گفت منطقه از لحاظ رطوبت در حد کم تا متوسط است.
- از لحاظ سهولت گودبرداری با توجه به کم‌بودن تنوع لیتولوژیکی در منطقه مورد مطالعه، حدوداً ۲۰ درصد از واحدهای سنگی در رده گودبرداری با وسایل مکانیکی متوسط و ۸۰ درصد این واحدها گودبرداری با وسایل مکانیکی سبک امکان پذیر می‌باشد. با توجه به اینکه ۶۰ درصد گستره خسروشاه از خاک پوشیده شده است می‌توان به طور میانگین سهولت گودبرداری در این پهنه را سبک تا متوسط در نظر گرفت.

کتابنگاری

[1] آقانباتی. ع، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، ، چاپ اول، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
[2] سکوتی. ر،۱۳۹۴، پهنه‌بندی ژئوتکنیکی وتهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی مهندسی پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پایان‌نامه کارشناسی-ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد
[3] سلطانی سیس. غ، امینی آذر. ر، خدابنده، ع، ۱۳۹۲، گزارش نقشه زمین‌شناسی کاربردی ۱:۲۵۰۰۰ خسروشاه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
[4] صافی‌یگانه. م، ۱۳۹۶، تهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی شهر شاندیز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
[5]افتخارنژاد، ج.، ۱۳۷۵، زمین‌شناسی ایران، انتشارات پلی کپی تهران
[6]سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۲، گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ خسروشاه
[7]سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵، نقشه و گزارش زمین‌شناسی مهندسی، استاندارد سری ۱:۲۵۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور
[8]سازمان زمین‌شناسی واکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵، آیین‌نامه اجرایی نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی و زیست‌محیطی مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ برگه‌های زمین‌شناسی مهندسی، آب‌زمین‌شناسی، زمین‌شناسی زیست‌محیطی و زمین‌ریخت‌شناسی مهندسی

[9]سکوتی. ر،۱۳۹۴، پهنه‌بندی ژئوتکنیکی وتهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی مهندسی پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

[10] Celik F., Ozturk M. Z., Sener, M. F., Arıoz, O. Erbil, M., 2021, Mapping investigation based on engineering geology of a developing urban area (Nigde, Turkey), arabian journal of geosciences

[11] Fuchu, D., Lee, C. F., Sijimg, W., 1998. Analysis of rainstorminduced slide-debris flows on natural terrain of lantau island. Hong Kong, engineering geology, 51: 279–290

[12] Dearman, W. R., Matula, M., 1976, Environmental aspects of engineering geological mapping, bulletin of the international association of engineering geology, 14: pp141-146
IAEG, 1976, Engineering geological maps, a guide to their preparation 79 pp

[13] Zuquette, V., Pejona, O. J., Collares, J. Q., 2004, Engineering geological mapping developed in the fortaleza metropolitan region, State of ceara, Brazil, engineering geology, p 227–253

[14] Zuquette, L.V., 1993. The importance of geotechnical mapping in the use and occupation of the physical environment: basis and guide for development, free academician thesis, engineering school of sao carlos, university of Sao Paulo, Brazil