نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک
سال ۱۰ (۱۳۹۳)، شماره ۳ :۱۸۰-۱۶۹
WWW.appliedgeology.ir

بررسی خصوصیات حوزه رسوبی دشت کرمان از دیدگاه زمین شناسی مهندسی

ایمان آقامولایی*[۱]، غلامرضا لشکری پور[۱]، محمد غفوری[۱]، محمد رضا امینی زاده[۱]

۱- گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

دریافت: ۹۴/۲/۲۲؛دریافت اصلاح شده: ۹۴/۵/۱؛پذیرش: ۹۴/۶/۱۰؛قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۹/۱۵

چکیده

حوزه‌های رسوبی دارای اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مخصوص به خود بوده و بر اساس این مشخصات از محیط های مجاور قابل تفکیک می باشند. در این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات مهندسی حوزه رسوبی دشت کرمان بعنوان بخشی از حوزه رسوبی کرمان، اطلاعات مورد نیاز از منابع مختلف جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفت. دشت کرمان در بخش میانی حوزه رسوبی کرمان قرار دارد و دارای ساختار گرا بنی است که تحت تاثیر عملکرد گسل های مستقیم و ثقلی شکل گرفته است. شهر کرمان با ارتفاع ۱۷۵۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا در حاشیه شمالی این دشت، برگستره‌ای از نهشته های ریزدانه رسی سیلتی بنا شده است. بر اساس نتایج حاصل از روش های مختلف در ارزیابی عمق سنگ کف، ضخامت آبرفت در دشت کرمان بین صفر تا ۳۵۰ و در محدوده شهر کرمان بین ۳۰ تا ۳۵۰ متر بر گزارش شده است. این نهسته ها از دیدگاه منشأ تشکیل، حاصل تعامل دو فرآیند رسوبگذاری سیلابی و دریاچه ای هستند. از نظر خصوصیات ژئوتکنیکی نیز این رسوبات ریزدانه عمدتا شامل کانی های ایلیت، کلریت، اسمکتیت بوده که عمدتا در دو گروه CL و CL-ML براساس طبقه بندی متحد قرار می گیرند.

واژه‌های کلیدی: حوزه رسوبی، دشت کرمان، سنگ کف، ضخامت آبرفت، زمین شناسی مهندسی

۱-مقدمه

بطور کلی محیط های رسوبی دارای اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مخصوص به خود بوده از محیط های مجاور قابل تفکیک می‌باشند. بر این اساس رسوباتی که در هر محیط رسوبی بجای گذاشته می‌شوند، دارای خصوصیات مشترکی بوده و با محیط های اطراف خود فرق می‌کنند. نوع و ویژگی‌های محیط رسوبی تعیین کننده خصوصیات ژئوتکنیکی نهشته‌های رسوبی بوده و خصوصیاتی همچون مقاومت، تراکم، نشست و حتی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در ارتباط مستقیم با محیط رسوبی تشکیل آنها می‌باشند. لروئیل و واگان بیان داشته‌اند که مقاومت خاک‌ها را نمی‌توان به تنهایی با میزان تخلخل و تاریخچه تنش خاک‌ها برآورد نمود، بلکه عوامل گوناگونی مانند نهشته شدن سیمان در محل تماس ذرات،جوش خوردگی بین ذرات تحت فشار بالا، رسوب املاح کربناته، هیدروکسیدها و موادآلی ناشی از انحلال در بین ذرات بر مقاومت خاک‌ها موثر هستند (Lerouil & Vaughan 1990). امیرسلیمانی تاثیر رسوب‌گذاری را بر روی رفتار دگر شکلی

سیلت های نیمه اشباع و خاک های غیر اشباع مورد بررسی قرارداده و نتیجه گرفته است که نوع رسوب گذاری اعم از بادی یا آبی، تراکم رسوبات و ویبره شدن آنها بر روی رفتار مکانیکی مصالح موثر است (Amirsoleymani 1994;1995). فلایدر و همکاران، در تحقیقی اهمیت تاریخچه رسوب گذاری و دیاژنز را در تخمین و تفسیر خصوصیات ژئوتکنیکی رسوبات حوضه وین کشور اتریش بررسی کرده اند (Pfleiderer et al. 2005). برانسکی خواص زمین شناسی مهندسی تیل های یخچالی منطقه پلوکا را بررسی کرده است (BaraDski 2008). او رفتار مکانیکی خاک های فوق را با توجه به ساختار و ریزساختار آنها تشریح کرده و تاثیر ساختمان خاک بر تراکم پذیری، مقاومت و سختی خاک را برای خاک های طبیعی و بازسازی شده مورد آزمایش و مقایسه قرار داده است.

گاسپاری، خاک های رسی گستره شهر لندن را مورد مطالعه قرار داده و با مقایسه خاک های بازسازی شده و خاک های طبیعی، تاثیر ساختار و تاریخچه زمین شناسی را بر مشخصات مکانیکی خاک های ریزدانه بررسی و گزارش کرده است (Gasparee 2005). ماسین، در بررسی مدل های هیپو پلاستیک برای خاک های ریزدانه نقش ساختار خاک و تاثیر آن بر نتایج مدل را اندازه گیری کرده است (Masin 2006).

کمال الدین به منظور پیدا کردن یک مرجع و یک چهار چوب اساسی برای ارزیابی رفتار برجای خاک های رس طبیعی داکا (Dhaka) از خواص ذاتی آنها استفاده نمود و تحقیقاتی در رابطه با خواص تنش-کرنش خاک های رسی انجام داد. او خط تراکم ذاتی (ICL) و تورم ذاتی (ISL) برای خاک های رسی مورد مطالعه رسم کرد (Kamaludin 1990). تکینسوری و همکاران معتقدند که ماتریکس خاک تاثیر مهمی در تغییر تنش موثر خاک دارد و به درجه اشباع خاک های نیمه اشباع بستگی دارد (Tekinsoy et al. 2009).

بطور کلی در مورد خصوصیات ژئوتکنیکی و زمین شناسی مهندسی مصالح سنگی و خاکی تحقیقات بسیاری وجود دارد. با این وجود ارتباط این ویژگی ها با تاریخچه زمین شناسی و بطور واضح تر با محیط رسوبی تشکیل این نهشته ها کمتر مورد توجه بوده و به جز موارد معدود، تحقیقات زیادی در دنیا انجام نشده است. در رابطه با ویژگی های زمین شناسی مهندسی نهشته های منفصل (خاکی) در مقایسه با نهشته های سخت شده سنگی تحقیقات کمتری صورت گرفته است (به علت پیچیدگی رفتاری و مشکلات تهیه نمونه از آنها). با این حال بررسی ویژگی این نهشته ها برای اجرای پروژه های عمرانی، به خصوص ساخت سدها مد نظر بوده و امری متداول است (Lamas et al. 2002 و قبادی و همکاران ۱۳۸۴). مطالعاتی مانند بررسی واگرایی خاک ها (خامه چیان و همکاران ۱۳۷۹) و یا بررسی خاک های مسئله دار در نواحی مختلف از دیگر تحقیقات متداول در خصوص نهشته های منفصل است. در مورد نهشته های ریزدانه مانند رس ها که عمده ترین رسوبات مورد بررسی در تحقیق حاضر را تشکیل می دهند، می توان به تحقیقات بل (Bell 1994)، جاکسا (Jaksa 1993) و بنت و همکاران (Bennet et al. 2004) اشاره نمود که با تشکیل بانک داده های ژئوتکنیکی و بررسی های آماری به تشریح خصوصیات نهشته های ریزدانه نواحی مختلف پرداخته اند.

۲-مواد و روش ها

به منظور بررسی خصوصیات مهندسی حوزه رسوبی دشت کرمان منابع اطلاعاتی گسترده ای مانند مقالات، گزارشات، نقشه ها و عکس های ماهواره ای گردآوری شده و با استفاده از نرم افزارهای Gis ، +Gs مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی نهشته های رسوبی علاوه بر استفاده از داده های موجود به منظور ایجاد توزیع و پراکنش مناسب، در طول انحام این تحقیق از سایت های جدیدی که در سطح شهر حفاری می شدند نمونه گیری صورت گرفت و آزمایشات مورد نیاز بر روی نمونه های اخذ شده انجام گردید.

۳-بحث و بررسی

۳-۱-ویژگی های حوزه رسوبی دشت کرمان

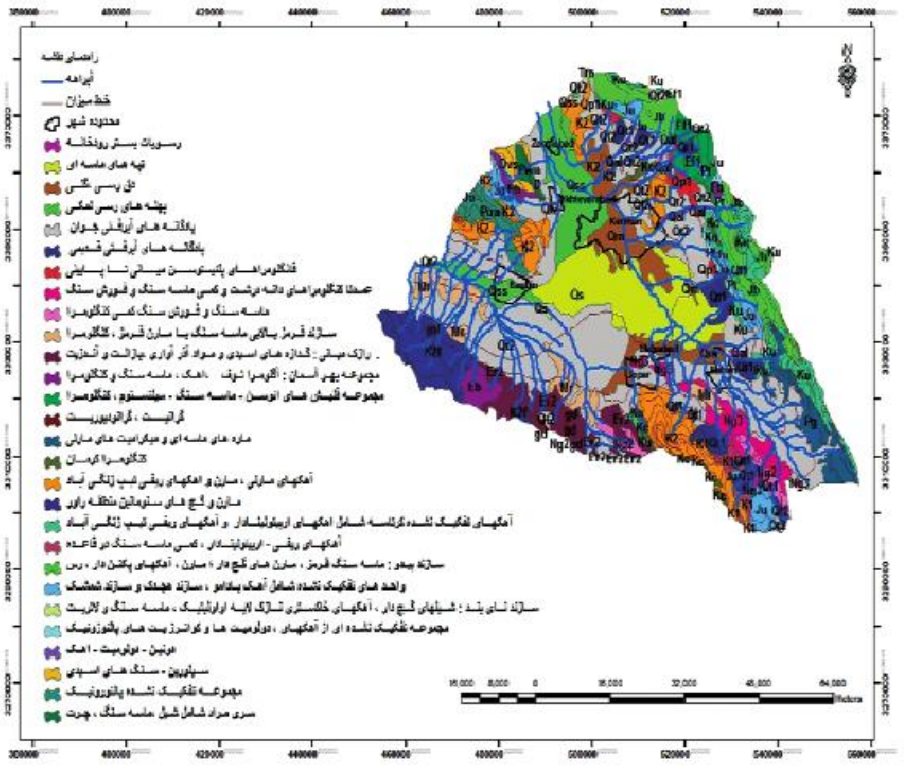
دشت کرمان، یک چاله تکتونیکی از نوع گرابن فشاری است به گونه ای که تحت تأثیر حرکت گسل های معکوس موجود در مرزکوه با دشت و بالا رفتن کوهستان ایجاد شده است (عباس نژاد ۱۳۸۳). از ویژگی های بسیار جالب این منطقه وجود توالی نسبتاً کاملی از سنگ های رسوبی است که محدوده سنی پروتروزوئیک فوقانی - کامبرین زیرین تا اواخر دوران چهارم را شامل می گردند که فقط بخشی از آنها در محدوده حوضه رسوبی دشت کرمان دیده می شوند. شواهد زمین ریخت شناسی نشان می دهند دشت کرمان در طول

پلیستوسن که اشکوب اصلی کواترنر است به گونه یک حوضه بسته کم ژرفا دریافت کننده همه جریان‌های سیلابی صادره از زمین های مرتفع حواشی دشت بوده است و حتی در برهه های معادل دوره‌های بین یخچالی،شرایط محیط های تبخیری و دریاچه های فصلی را نیز دارا بوده است (Kadjar et al. 1996). شهر کرمان با ارتفاع ۱۷۵۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا در حاشیه شمالی دشت کرمان، بر گستره‌ای از نهشته‌های ریزدانه رسی سیلتی با ویژگی نفوذپذیری کم بنا شده است. ضخامت این نهشته‌ها به چند صد متر می‌رسد که از دیدگاه منشأ تشکیل، حاصل تعامل دو فرآیند رسوب‌گذاری سیلابی و دریاچه‌ای هستند. نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه در تصویر (۱) آورده شده است.

همانطور که ذکر گردید دشت کرمان در بخش میانی حوضه رسوبی کرمان قرار دارد و دارای ساختار گرابنی بوده و تحت تاثیر عملکرد گسل‌های مستقیم و ثقلی شکل گرفته است. در گستره این دشت مسائل مختلف ژئوتکنیکی و زمین شناسی مهندسی مثل وجود خاک‌های ریزدانه دارای قابلیت نشست و تورم و وجود عدسی‌های ماسه‌ای در قسمت های سطحی زمین با احتمال روانگرایی بالا قابل توجه است. بی شک ضخامت رسوبات و عمق سنگ کف یکی از پارامترهای تعیین کننده در رابطه با حل مسائل فوق خواهد بود.

بررسی سابقه مطالعات گذشته نشان می‌دهد که در خصوص ضخامت نهشته های دشت کرمان مطالعه جامع و قابل استنادی وجود ندارد و مطالعات گذشته بصورت پراکنده و به منظور دست یابی به سطح سفره آب زیرزمینی و ضخامت بخش اشباع انجام شده‌اند. لذا داشتن اطلاعات مفید در رابطه با نوع و جنس رسوبات، ضخامت و تغییرات عمقی و جانبی آنها ضروری به نظر می رسد.

وجود عدسی‌ها و لایه‌هایی از ماسه‌های بادی که از طریق رسوبات مخروط افکنه‌ای رودخانه چاری تامین می‌شوند (Beckett 1958) از مواردی است که باید مد نظر باشد، مدل حوضه رسوبی است که مهمترین عامل تاثیرگذار در شکل گیری نوع رسوبات و ضخامت آنها می‌باشد، موجب نهشته شدن ضخامت زیاد رسوبات در طی چهار دوره بین یخچالی در گستره دشت کرمان شده است (Kadjar et al. 1996). این نهشته‌ها به تناسب انرژی سیلاب و توپوگرافی و هندسه سنگ کف نهشته شده و در نقاط مختلف دشت دارای ضخامت متفاوت هستند. لازم است بررسی‌هایی در خصوص شناسایی عمق رسوبات در نقاط مختلف به عمل آید تا امکان برنامه‌ریزی جهت فعالیتهای عمرانی حاصل آید. برای این منظور مطالعات مختلفی صورت گرفت.



تصویر۱- نقشه زمین شناسی حوضه رسوبی کرمان اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰۰ کرمان

۴-مطالعات ژئوفیزیک

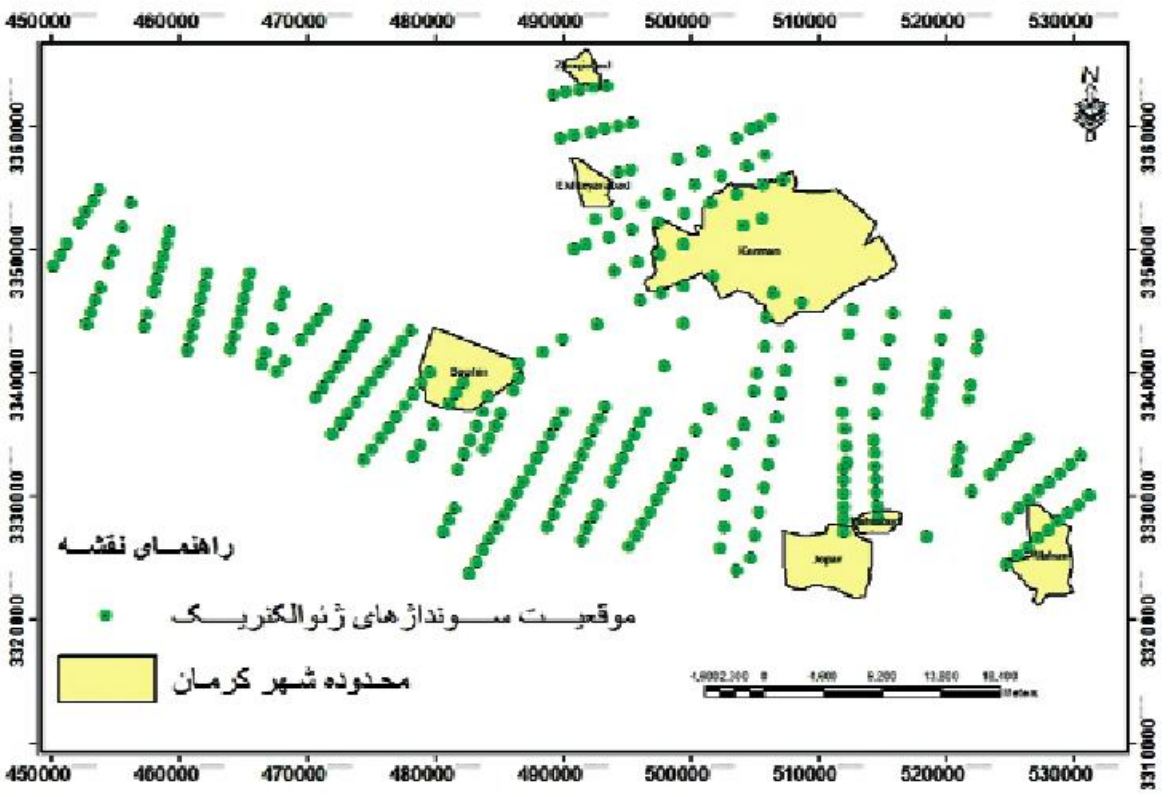
برای این منظور داده‌های مربوط به ۵۰۰۰ سوندژ الکتریکی با خط فرستنده جریان AB معادل ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متر که در ۳۵ پروفیل بوسیله کمپانی جنرال ژئوفیزیک (C.G.G) در سال ۱۳۴۳ تولید شده‌اند جمع آوری و نقشه پراکنش آنها در راستای این تحقیق ترسیم گردید (تصویر۲). داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار +Gs نرمال سازی شد و پس از تایید واریوگرامها با استفاده از نرم افزار Arc Gis 9.2 نقشه های توپوگرافی مربوط به رویه دشت نیز ترسیم گردید (تصویر۳).

در تصویر۳، مقایسه نقاط A و B و C بعنوان نمونه آورده شده است. نقطه A نشان می دهد که تفاوت ارتفاع سطح زمین و ارتفاع سنگ کف حدود ۳۰۵ متر می باشد (متر ۳۰۵=۱۵۰۰-۱۸۰۵). در نقطه B که در حد فاصل خطوط هم ارتفاع سنگ کف ۱۶۵۰ و ۱۵۰۰ قرار دارد ضخامت آبرفت حدود ۱۸۵ متر و در نقطه C با توجه به اختلاف ارتفاع سطح زمین با سنگ کف ضخامت آبرفت در آن محدوده قریب ۱۰۰ متر بر آورد شده است.

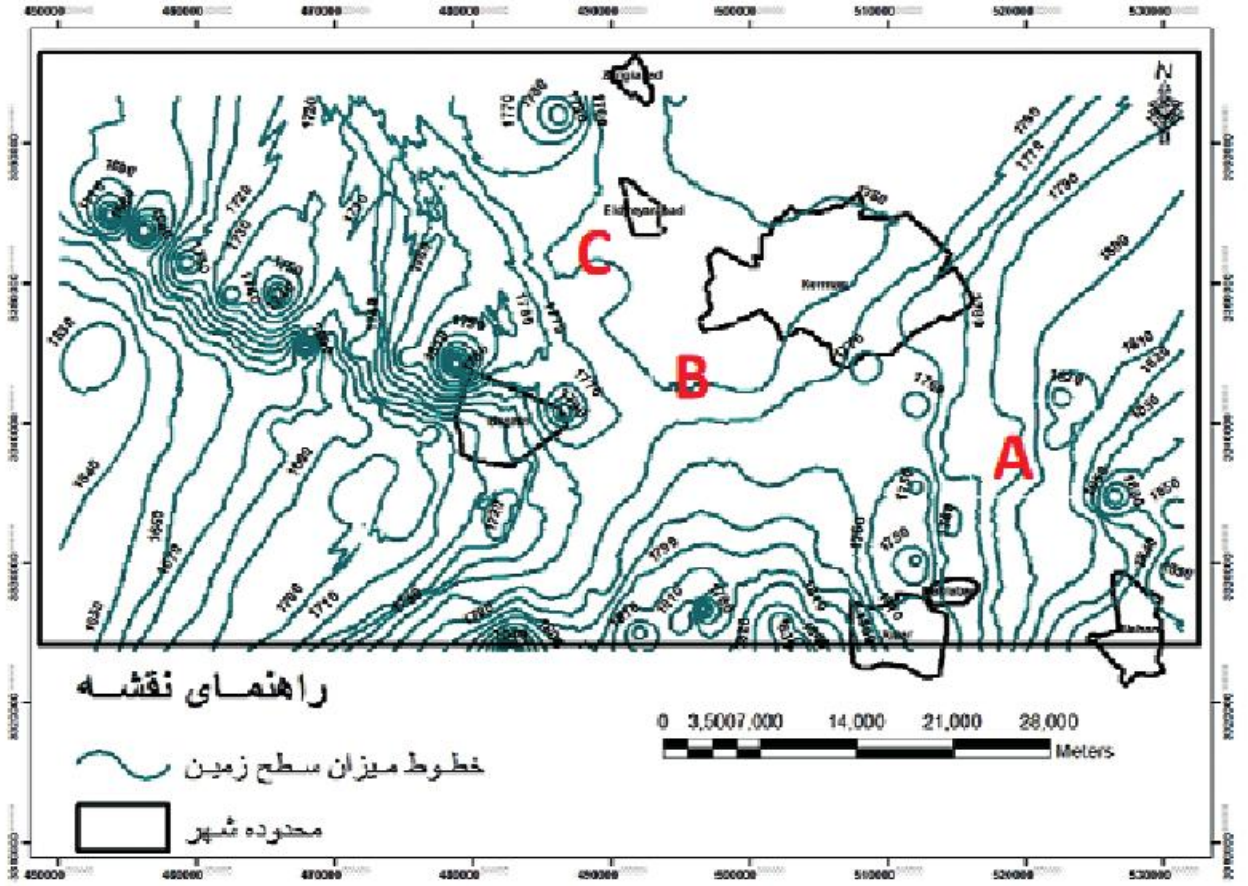
بنابراین با استناد به نتایج فوق می توان بیان کرد که ضخامت آبرفت در نقاطی از زیرپهنه شهر کرمان به بیش از ۳۰۰ متر می‌رسد. تعبیر و تفسیر نتایج بدست آمده از مطالعات ژئوفیزیک نشان می دهد که در غرب کرمان در منطقه طاهر آباد به علت شکستگی های ایجاد شده در سنگ کف حوضه عمیقی در آن نواحی وجود دارد. در جنوب کرمان سنگ کف از شرق به غرب عمیق می شود و نارسایی های فیزیکی که دیده می شود می تواند معرف عملکرد گسل ها در این ناحیه باشد. بر اساس نقشه خطوط هم ارتفاع سنگ کف دشت کرمان ضخامت آبرفت در دشت کرمان در دو محدوده (غرب شهر کرمان حوالی فرودگاه و جنوب غرب شهر در محدوده محی آباد) معادل ۳۵۰ متر می باشد (تصویر ۴). بنابراین دامنه تغییرات ضخامت آبرفت در دشت کرمان بین صفر تا ۳۵۰ متر می باشد.

۵-حفاری های اکتشافی در آبرفت دشت کرمان-باغین

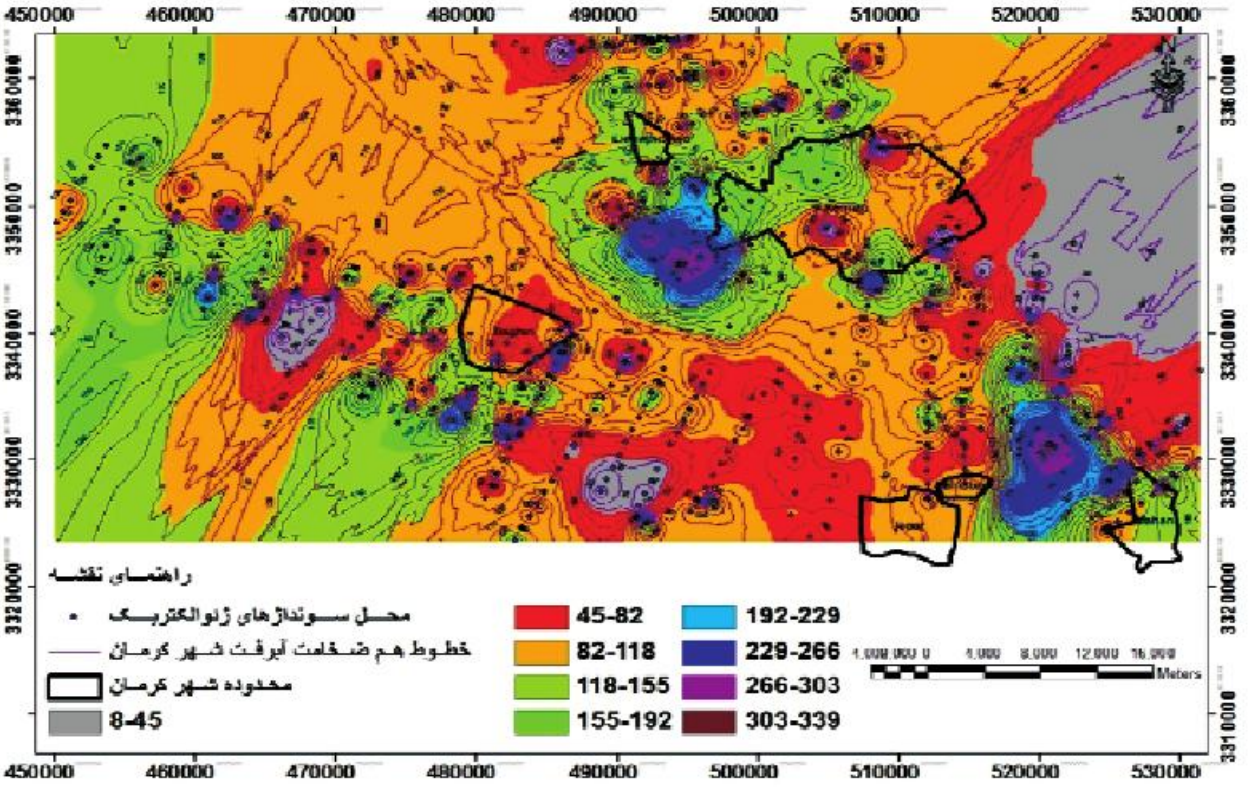
۸ حلقه چاه اکتشافی در طی سال‌های ۱۳۴۳ تا ۱۳۴۴ توسط شرکت فرانسوی ستیرا-سوگرآ و یک حلقه دیگر همراه با پیزومتر مجاور آن در سال ۱۳۵۳ توسط شرکت آبکاو (در ناحیه حسین آباد) حفاری گردیده است که شماره صحرایی و مختصات جغرافیایی آنها در



تصویر ۲- نقشه پراکنش سوندژهای ژئوالکتریک انجام شده دردشت کرمان



تصویر ۳- نقشه توپوگرافی سطحی دشت کرمان



تصویر۴- نقشه توپوگرافی و کلاسهای ارتفاع ضخامت آبرفت دشت کرمان

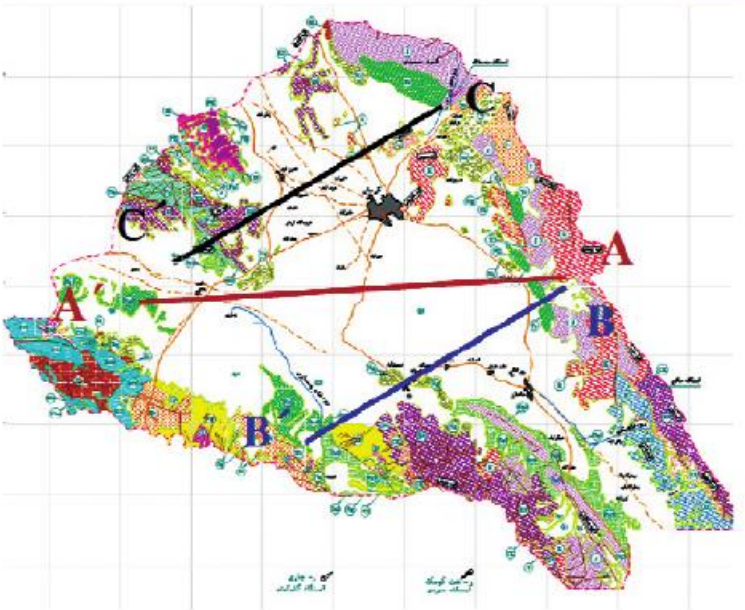
جدول (۱) آورده شده است (علمدار ۱۳۶۴). برای تعیین ضخامت آبرفت و مقایسه نتایج با روش های دیگر، لوگ گمانه های فوق مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با توجه به پروفیل چاه شماره IEX(T1) تا ۲۳۲ متر از ضخامت آبرفت در منطقه طاهر آباد و نواحی غربی شهر کرمان تایید شده است.

در جنوب شهر کرمان در حوالی دانشگاه شهید باهنر کرمان با توجه پروفیل چاه شماره H3، معادل ۲۱۲ متر از ضخامت آبرفت مورد مشاهده مستقیم قرار گرفته است. بنابر این نتایج حفاری ۲۳۲ متر از ضخامت آبرفت دشت کرمان را تصدیق کرده اند.

همچنین در مطالعات مرحله اول طرح تغذیه مصنوعی دشت کرمان نقشه زمین شناسی محدوده حوضه رسوبی کرمان را ترسیم و بر روی آن سه مقطع زمین شناسی در سه جهت مختلف ترسیم شده است (تصویر ۵). نتایج بررسی مسیرهای سه گانه فوق به منظور پی بردن به ضخامت آبرفت دشت کرمان به این شرح می باشد. مقطع AA′ با راستای شرقی-غربی در حد فاصل بین مخروط افکنه رودخانه عباس آباد تا حوالی شهر باغین قرار گرفته است. در این مقطع حداکثر ضخامت آبرفت در محدوده روستای محی آباد به میزان حدود ۳۵۰ متر برآورد شده است. مقطع BB′ با راستای شمال‌شرقی-جنوب غربی در حد فاصل بین کوه جفتان و محل وورود رودخانه چاری به دشت قرار گرفته است. در این مقطع حداکثر ضخامت آبرفت در محدوده مختصات جغرافیایی ۵۱۵۰۰۰ و ۳۳۳۵۰۰۰ حدود ۱۷۰ متر می‌باشد. مقطع CC′ با راستای شمال‌شرقی-جنوب غربی از محل ورودی رودخانه سعیدی به دشت شروع شده و پس از عبور از کوه های بالابنه و شهرزاد به انتهای دشت باغین ختم می‌شود. در این

جدول۱- موقعیت چاه‌های اکتشافی دشت کرمان

نوع رسوبات زیرین آبرفت	سطح آب (متر)	عمق چاه (متر)	موقعیت چاه	شماره صحرایی و مختصات چاه
شن وماسه درشت دانه، مارن، سیلت	۵۸	۲۱۸	شمال غربی	۴۷۵۰۰-۳۳۴۰۰۰-1EX(C1)
تناوب سیلت و مارن، گراول	۴۱	۲۶۰	شرق باغین	۴۸۵۰۰-۳۳۳۵۰۰-(B1)
شن دانه درشت همراه با مارن و سیلت	۴۴	۱۵۳	جنوب باغین	۴۸۵۰۰-۳۳۳۵۰۰-(B2)
-	۱۰	۲۳۲	طاهر اباد	۴۹۵۰۰-۳۳۵۰۰۰-1EX(T1)
سیلت و مارن	۲۸	۱۶۱	مرکز دشت	۵۰۰۰۰-۳۳۴۰۰۰-1EX(P1)
-	۴۲	۹۴	حسین آباد	۵۱۵۰۰-۳۳۴۵۰۰-(H1)
-	۳۴	۱۱۷	حسین آباد	۵۱۵۰۰-۳۳۴۵۰۰-(H2)
-	۳۲	۲۱۲	حسین آباد	۵۱۵۰۰-۳۳۴۵۰۰-(H3)



تصویر۵- موقعیت مقاطع زمین شناسی بر روی حوضه رسوبی کرمان

مقطع حداکثر ضخامت آبرفت در حد فاصله کوه های بالا بنه و شهر زاد در شمال فرودگاه کرمان در حوالی روستای اختیار آباد معادل ۱۴۰ متر می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی مقاطع زمین شناسی نشان می‌دهند که حداکثر ضخامت پیش بینی شده برای آبرفت دشت کرمان در حوالی روستای محی آباد حدود ۳۵۰ متر می باشد.

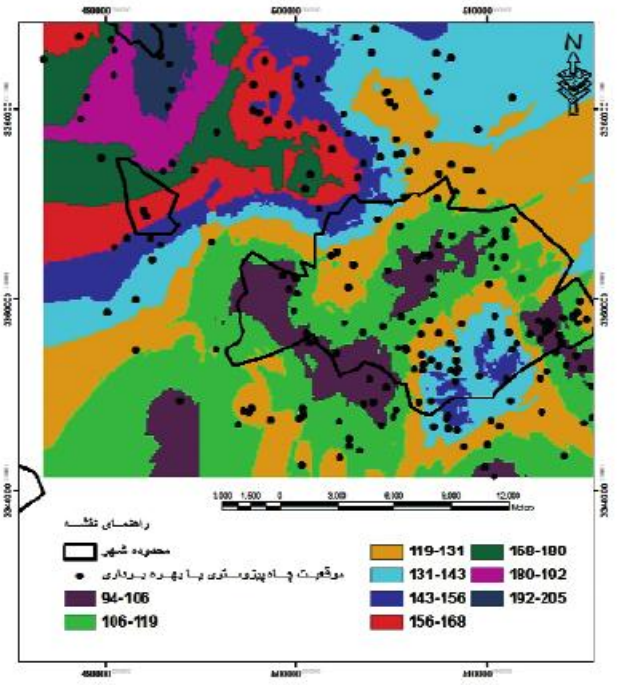
۶-استفاده از چاه‌های پیزومتری و بهره برداری

آمار ۲۶۶ حلقه از چاه‌های پیزومتری و بهره برداری حفر شده در دشت کرمان گردآوری و با توجه به عمق هر چاه و مختصات جغرافیایی آن، نقشه هم عمق چاه‌های دشت کرمان ترسیم شد (تصویر ۶). با توجه به نقشه یاد شده ضخامت آبرفت در حد فاصل روستاهای اختیارآباد و زنگی آباد معادل ۲۳۰ متر می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که چاه‌های پیزومتری و بهره برداری اکثرا به سنگ کف نمی‌رسند و بخشی از ضخامت آبرفت را نشان می‌دهند، بنا بر این ۲۳۰ متر از ضخامت آبرفت دشت کرمان با استفاده از نقشه هم عمق چاه های پیزومتری و بهره برداری تصدیق شده است.

۷-ریخت شناسی و جنس سنگ کف

ریخت‌شناسی سنگ کف ناشی از پیامدهای تکتونیکی و زمین شناسی و همچنین نحوه فرسایش آن در زمان‌های بعد ازشکل گیری است. بر پایه کاوش های ژئوفیزیکی شکل سنگ کف در بخش‌های جنوب شرقی و مرکزی عموما به صورت ناودیسی و با شیب نسبتا ملایم همراه با چین خوردگی های محلی و موضعی است. بطور کلی سنگ کف در ناحیه مورد مطالعه از یک سری آنتی کلینال و فرورفتگی با جهت غربی-شرقی تشکیل شده است. نتایج بدست آمده از لوگ های زمین شناسی موجود و مطالعات ژئوفیزیک نشان می دهد که جنس سنگ کف در نواحی شرق و جنوب شرق از کنگلومرا، در منطقه اختیارآباد احتمالا آهک کرتاسه، در ناحیه زنگی آباد از رسوبات مارنی و آهک، در شمال شهر کرمان و نواحی ورودی رودخانه سعیدی به دشت کرمان از کنگلومرای کرمان با سن پالئوسن و در شرق شهر کرمان در نواحی کوه طاق علی از آهک تشکیل یافته است (عباس نژاد ۱۳۸۳).

عمق برخورد به سنگ کف بجز ناحیه جنوب شرق و بخش مرکزی دشت که حدود ۲۵۰ متر می باشد، در بقیه نواحی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر است. اما مطالعات لرزه نگاری نشان دهنده وجود حوضه عمیقی در غرب کرمان و در منطقه طاهرآباد است. در مطالعات ژئوالکتریک عمق سنگ کف در این نواحی تا ۳۵۰ متر نیز گزارش شده است. این امر می تواند تحت اثر عمل گسل زنگی آباد ایجاد شده باشد.



تصویر۶- نقشه کلاس های هم عمق و پراکنش چاه های بهره برداری و پیزومتری دشت کرمان

۸-خصوصیات ژئوتکنیکی نهشته های دشت کرمان

محدوده شهر کرمان و شهرک‌های اطراف آن از نظر ریخت شناسی، شامل دشت مسطح آبرفتی ریزدانه با مصالح عمدتا سیلت و رس می‌باشند که شیب بسیار ملایم دارند. این رسوبات ریزدانه عموما شامل دو گروه CL و CL-ML می‌باشند. منشا کانی‌های رسی که عمدتا شامل ایلیت و اسمکتیت می‌باشند، به ترکیب سنگ منشا، شیمی محیط، هوازدگی، فرآیندهای اقلیمی حاکم بر مناطق منشا وابسته است (Ehrmann et al. 2005). شرایط آب و هوایی، ترکیب کانی شناسی سنگ‌های منشاء و میزان هوازدگی آن و همچنین فرآیندهای حمل و نقل و رسوبگذاری نقش مهمی در تشکیل انواع کانی‌های رسی دارند (امجدی و همکاران ۱۳۹۰). مکانیزم نهشته شدن رسوبات گستره شهر کرمان بر اساس مدل رسوبی این نهشته ها به این صورت بوده است که در ابتدا سیلابهای فصلی شدید باعث حمل قطعات و ذرات خاک و نهشته شدن آنها در ایستاب‌های محدوده

فعلی شهر کرمان شده‌اند. بعد از نهشته شدن رسوبات در تالاب رسوبی کرمان فرایندهایی بر ساختار و فابریک خاک اثر گذارده است. بنابراین خاک در مرحله اولیه نهشته شدن به صورت یک خاک تحکیم یافته عادی و فاقد ساختار بوده است که در طی زمان تحت اثر فرایندهای رسوبی به شرایط فعلی رسیده است. طبق مدل های ارائه شده توسط اسفوندرینی احتمال این است که فابریک اولیه خاک در حوضه رسوبی شهر کرمان به صورت خانه کتابی بوده است که در طی تراکم بکر و تاثیر سربار روئی به صورت خانه کتابی فشرده درآمده است (حیدری ۱۳۸۰).

خصوصیات ژئوتکنیکی خاک های ریزدانه شهر کرمان از ۱۵۴ گمانه در سطح شهر کرمان استخراج و شامل، وزن واحد حجم خشک و مرطوب، درصد رطوبت، حدروانی، شاخص خمیری، عدد نفوذ استاندارد و درصد عبوری از الک ۲۰۰، زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی، شاخص تحکیم و شاخص تورم خاک می‌باشند. در جدول (۲) و در تصویر (۷) تعداد داده های اندازه گیری شده مربوط به هرکدام از پارامترها نشان داده شده است. خصوصیات ژئوتکنیکی عمده نهشته‌های دشت کرمان، به عنوان نمونه در چند نقطه از ساختگاه شهر در جدول (۳) نشان داده شده است.

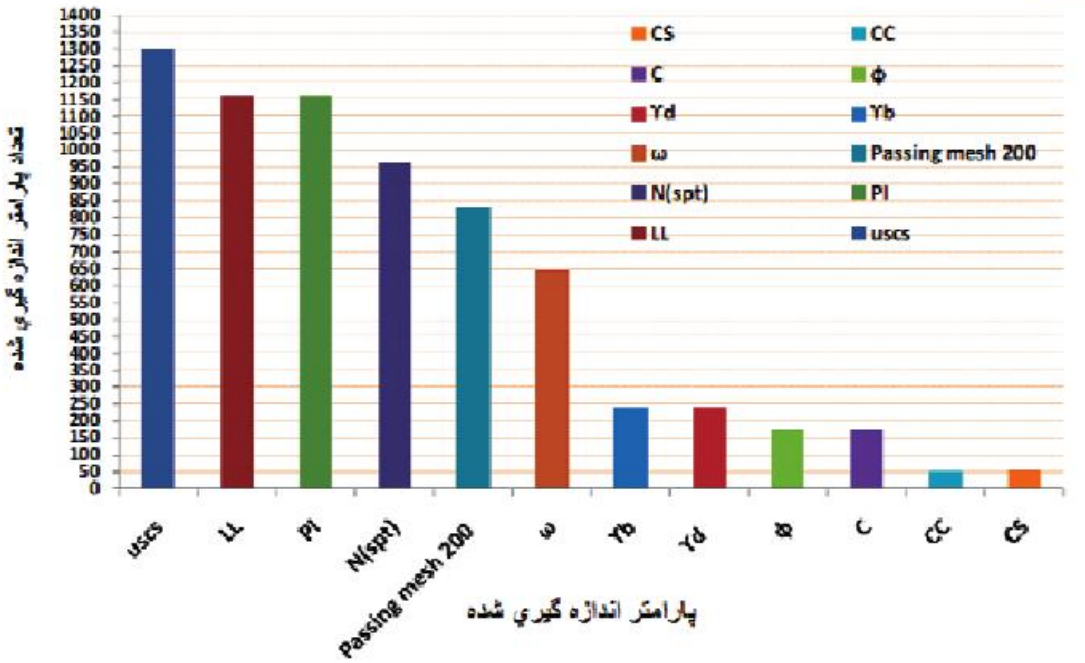
تعداد ۱۲۹۷ مورد از مطالعات طبقه بندی خاک در شهر کرمان گردآوری شده است که با توجه به نتایج جدول (۲) ۹۶ درصد

جدول ۲- تعداد داده های اندازه گیری شده از خواص مهندسی خاک در محدوده شهر کرمان

نام پارامتر	USCS	LL(%)	PL(%)	N(spt)	W(%)	$Y_b(gr/cm^3)$	$Y_d(gr/cm^3)$	Φ	C	Cc	Cs
تعداد اندازه گیری شده	۱۲۹۷	۱۱۵۷	۱۱۵۷	۹۶۰	۶۴۲	۲۳۷	۲۳۷	۱۷۴	۱۷۳	۵۰	۵۴

جدول ۳-خصوصیات ژئوتکنیکی عمده نهشته ها در چند نقطه از شهر کرمان

موقعیت گمانه	Cc	C(kg/cm2)	Φ (degree)	Yb(gr/cm3)	W(%)	SPT	PL(%)	LL(%)	کلاس	عمق(m)
شهرک الهیه	۰.۱۸	۰.۲۶	۱۲.۲	۱.۹۴	۲۰.۳	۱۹	۱۷	۳۶	CL	۴
هتل پارس	۰.۲۷	۰.۳۳	۱۵.۹	۱.۸۹	۲۳.۱	۲۳	۲۲	۴۳	CL	۸
دانشگاه آزاد	۰.۲۹	۰.۳۵	۱۴.۳	۱.۶۵	۱۳.۲	۱۴	۱۱	۲۸	CL	۴
چهار راه بازرگانی	۰.۱۳	۰.۴۷	۸.۷	۱.۹۳	۱۸	۱۴	۱۸	۴۰	CL	۴
چهار راه باقدرت	۰.۱۲	۰.۴۴	۱۱.۱	۱.۹۸	۱۸.۱	۱۷	۱۷	۳۶	CL	۱۰
خیابان امام جمعه	۰.۲۲	۰.۲۸	۱۷.۵	۱.۷۳	۲۲	۱۲	۱۴	۳۵	CL	۴



تصویر ۷-تعداد و نوع داده های اندازه گیری شده از خواص مهندسی خاک در محدوده شهر کرمان.

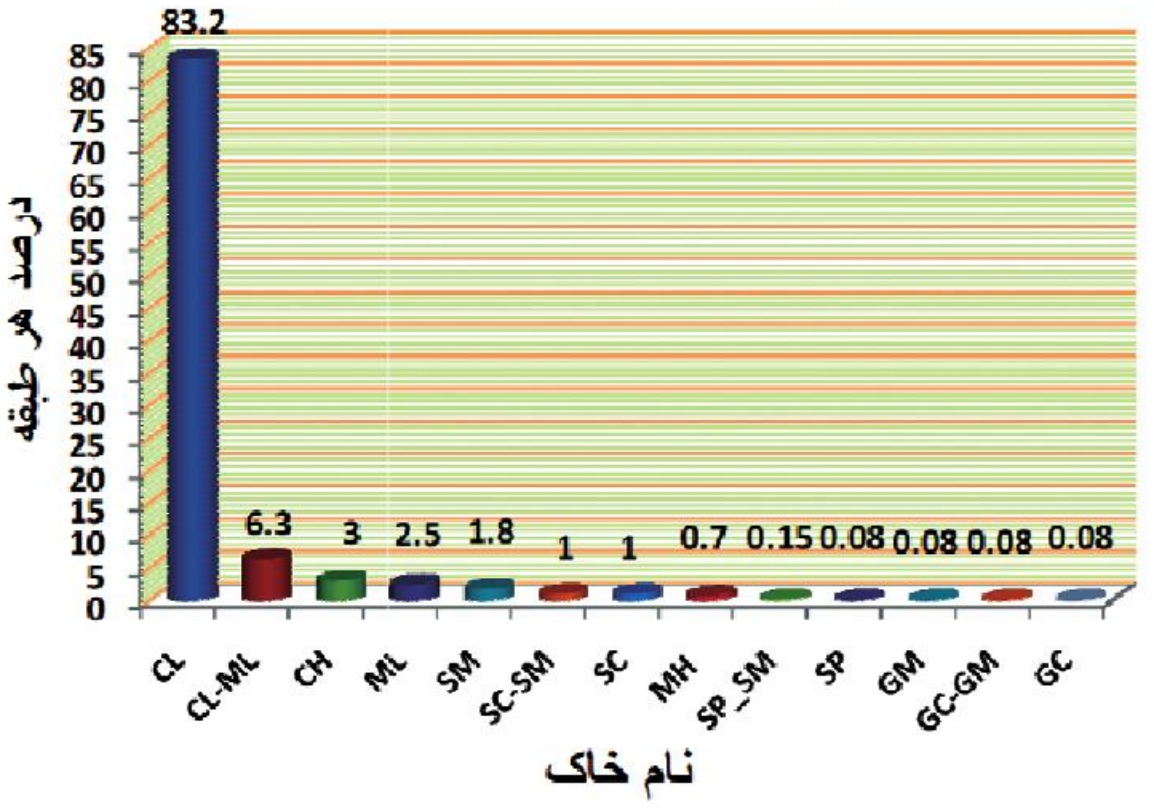
خاک های ریزدانه گستره شهر کرمان بر اساس طبقه بندی متحد تحت پوشش ۵ طبقه (CL, CL-ML, CH, ML, MH) می باشند. نسبت فراوانی کلاس های خاک بر اساس طبقه بندی متحد در تصویر (۸) نشان داده شده است. بطور کلی در محدوده شهر کرمان با توجه به جدول (۴) بیشترین فراوانی متعلق به خاکهای با خاصیت خمیری کم (CL) می باشد. این نسبت تا عمق حدود سی متر که مورد بررسی قرار گرفته است بدون تغییر محسوسی وجود دارد. بنابراین خاک های در برگیرنده محدوده شهر کرمان به لحاظ جنس و نوع تا عمق ۳۰ متری دارای همگنی و یکنواختی بالایی می باشند.

لذا این احتمال وجود دارد که تا عمق ۳۰ متر که اطلاعات دانه بندی و طبقه بندی خاک وجود دارد، رسوبات زیرپهنه شهر کرمان در یک دوره نسبتا کوتاه و در یک شرایط ویژه آب و هوایی نهشته شده باشند. در تصویرهای (۹ تا ۱۱) نقشه پراکنش طبقات خاک در شهر کرمان برای عمق های ۸، ۱۶ و ۲۶ ترسیم شده است که یکنواختی نسبی خاک در عمق های یاد شده را نشان می دهند.

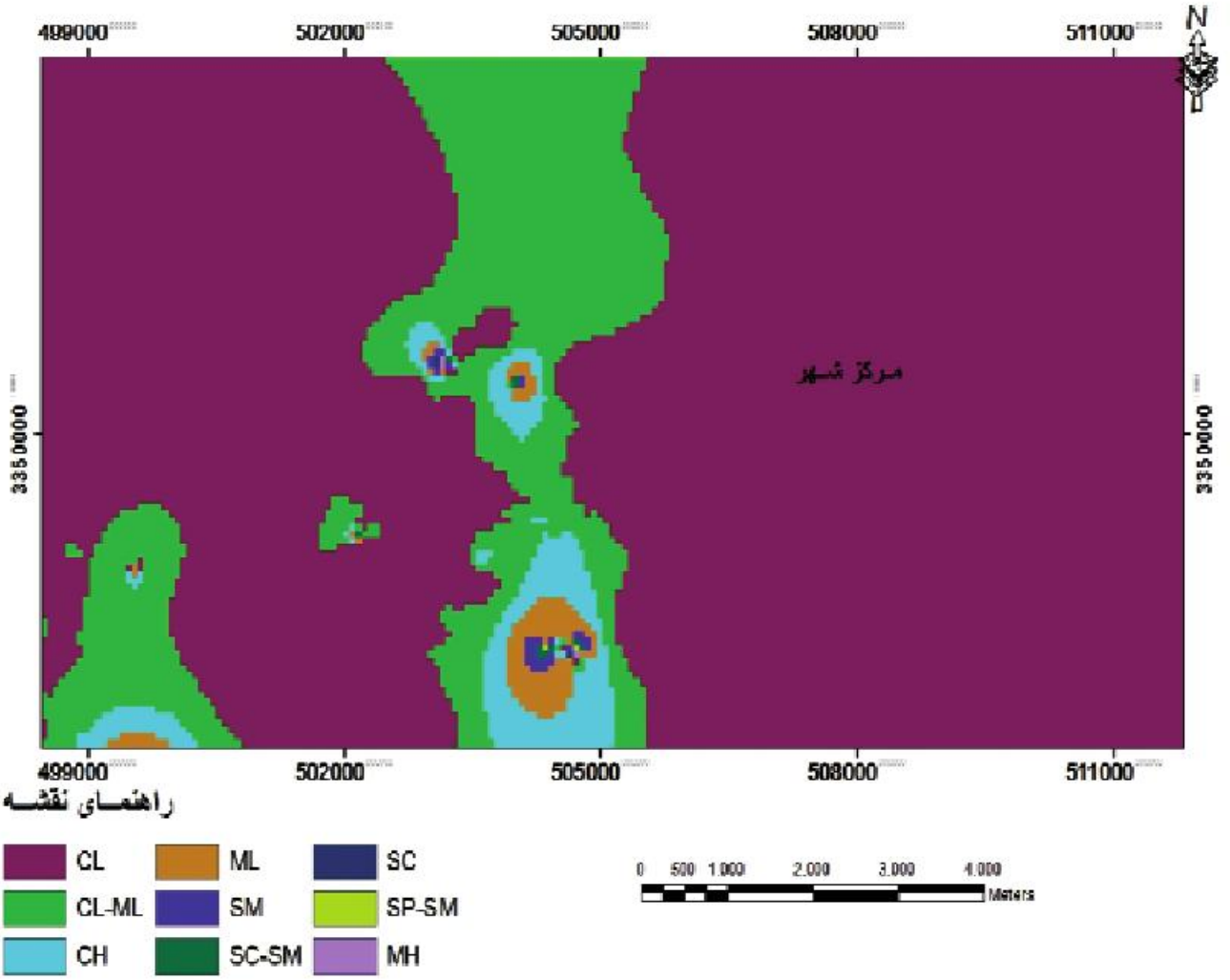
همبستگی بین پارامترهای ژئوتکنیکی خاک در محدوده شهر کرمان بررسی همبستگی بین پارامترهای مختلف سبب شناخت بهتر نهشته ها می شود و با بر قراری روابط همبستگی قادر به پیش بینی برخی از ویژگی های خاک خواهیم بود. محققین زیادی روابط مختلف بین پارامترهای فیزیکی ومکانیکی خاکها را بررسی و ارائه کرده اند. هیراتا و همکاران (Hirata et al. 1990) برای تعیین روابط بین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی خاکهای چسبنده، رگرسیون های چند تایی ارائه کردند. میائو و یین (Miao & Yin 1999) نیز درباره مقاومت برشی خاکهای غیراشباع تحقیق نمودند که در آن مدل هیپربولیک تئوری مقاومت برشی براساس نتایج آزمایش سه محوری خاکهای غیراشباع بیان شده است. فردلاند و همکاران (Fredlund et al. 1996) مدلی برای پیش بینی پارامترهای مقاومت برشی خاک های غیراشباع ارائه کردند. در تحقیق حاضر با توجه به اطلاعات ژئوتکنیکی ثبت شده در محدوده شهر کرمان برخی از روابط بین پارامترهای مختلف بررسی شده و با توجه به همبستگی

جدول ۴-فراوانی گروه های مختلف خاک در پهنه شهر کرمان

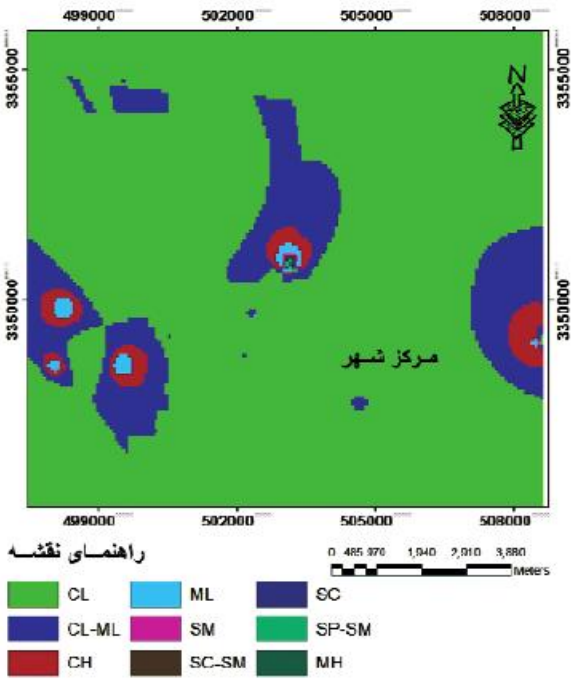
گروه خاک بر اساس طبقه بندی متحد	GC	GC-GM	GM	SP	SP-SM	SC	SC-SM	MH	SM	ML	CH	CL-ML	CL
درصد فراوانی	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۱	۱	۰/۱۵	۰/۷	۱	۱/۸	۲/۵	۶/۳	۸۳/۲



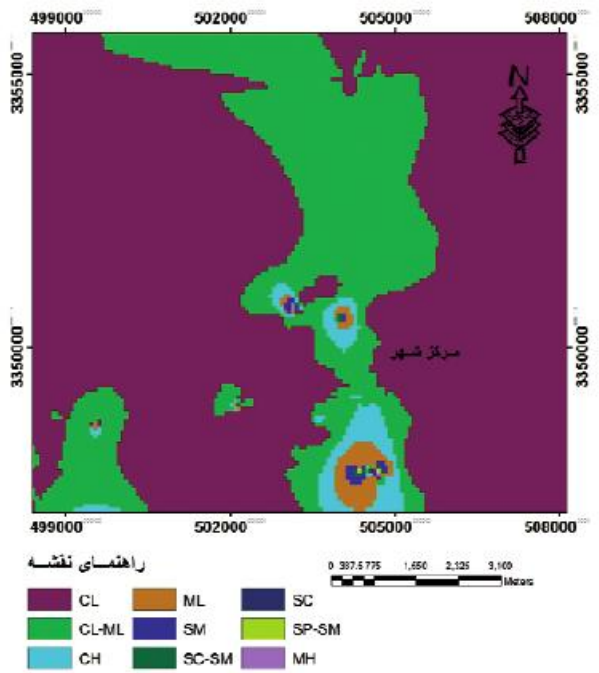
تصویر ۸-نسبت فراوانی گروه های خاک بر اساس طبقه بندی متحد



تصویر ۹- نقشه پراکنش طبقه های خاک درمحدوده شهر کرمان در عمق ۸ متر



تصویر ۱۰- نقشه پراکنش طبق های خاک درمحدوده شهر کرمان در عمق ۱۶ متر



تصویر ۱۱- نقشه پراکنش طبقه های خاک درمحدوده شهر کرمان در عمق ۲۶ متر

جدول ۵-رابطه بین پارامترهای مختلف با یکدیگر و رابطه هر پارامتر با عمق

نام پارامترها	ضریب همبستگی	پارامتر فرعی	پارامتر اصلی	معادله
وزن واحد حجم، درصد رطوبت	0.038	ω	d	d=1.659-0.005ω
حد روانی، درصد رطوبت	0.313	ω	LL	LL=20.76-0.859ω
شاخص پلاستیسیته، درصد رطوبت	0.241	ω	PI	PI=6.138-0547ω
شاخص پلاستیسیته، حد روانی	0.896	LL	PI	PI=0.753LL-11.95
عدد نفوذ استاندارد، زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی	-	Φ and C	N	N=0.671 Φ +8.748C +10.682
عدد نفوذ استاندارد، زاویه اصطکاک داخلی	0.056	Φ	N	N=0.522 Φ +16.17
عدد نفوذ استاندارد، چسبندگی	0.006	C	N	N=25.92-6.338C
چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی	0.364	Φ	C	C=0.608+0.016 Φ
درصد مواد ریزدانه، عمق	0.005	d	FC	FC=0.135d+87.23
وزن واحد حجم طبیعی، عمق	0.344	d	γd	γb=0.012d +1.749
وزن واحد حجم خشک، عمق	0.114	d	γd	γd =0.005d +1.516
رصد رطوبت، عمق	0.227	d	γd	ω=0.346d+14.85
شاخص پلاستیسیته، عمق	0.039	d	PI	PI=0.163d+12.47
حد روانی، عمق	0.035	d	LL	LL=0.201d+32.49
عدد نفوذ استاندارد، عمق	0.032	d	N	N=0.219d+21.87
زاویه اصطکاک داخلی، عمق	0.02	d	ω	Φ =14.87-0.127d
چسبندگی، عمق	0.062	d	C	C=0.003d+0.349
نشانه تحکیم، عمق	0.055	d	CC	Cc=0.006d+0.169

بین پارامترهای مختلف معادلات مربوطه نیز استخراج و در جدول (۵) آورده شده اند.

۹-نتیجه گیری

با توجه به مدل حوضه رسوبی کرمان شکل گیری دشت رسوبی کرمان در اواخر کواترنر اتفاق افتاده است. فرآیند تشکیل آن ناشی از عملکرد توامان فعالیت های دینامیکی و ایجاد ساختمان زمین شناسی جوان و پر انرژی همراه با دوره های پر باران بین یخچالی در منطقه کرمان در طی دوره کواترنری بوده است. دشت کرمان در طول پلیستوسن که اشکوب اصلی کواترنر است به گونه یک حوضه بسته کم ژرفا دریافت کننده همه جریان های سیلابی صادره از زمین های مرتفع حواشی دشت بوده است. شواهد زمین ریخت شناسی نشان می دهند در برخی مقاطع زمانی، شرایط محیط های تبخیری و دریاچه ای فصلی نیز حاکم بوده و ذرات ریزدانه وارد محیط کم ژرفای دریاچه ای شده و در آب معلق می شده اند تا بتدریج رسوب کنند. نتایج حاصل از روش های مختلف در ارزیابی عمق سنگ کف نشان دهنده تغییرات ضخامت آبرفت در دشت کرمان و در زیر پهنه شهر کرمان می باشند. ضخامت آبرفت در دشت کرمان به حداکثر ۳۵۰ متر و در محدوده شهر کرمان بین ۳۰ تا ۳۵۰ متر بر آورد شده است. این تغییرات نشات گرفته از مدل رسوبی و تاریخچه زمین شناسی آن می باشد. تنش های فشاری و پالس های شدید تکتونیکی اعمال شده به حوضه کرمان از نئوژن تا به امروز موجب فعال کردن و یا ایجاد گسل های بزرگ و کوچک در آن ناحیه شده است که فعالیت این گسل ها موجب جابجایی، شکستگی، ایجاد فرورفتگی یا بالا آمدگی در سنگ کف شده است.

در محدوده شهر رسوبات ریزدانه هستند و عمدتا در دو گروه CL و CL-ML قرار می گیرند. کانی های تشکیل دهنده این رسوبات شامل ایلیت، کلریت، اسمکتیت می باشد. این رسوبات تا عمق حدود سی متر که با حفر گمانه های ژئوتکنیکی مورد بررسی

قرار گرفته‌اند بدون تغییر محسوسی وجود دارد. بنابراین خاک‌های کستره شهر کرمان به لحاظ جنس و نوع تا عمق ۳۰ متری دارای همگنی و یکنواختی بالایی می باشند. لذا این احتمال وجود دارد که رسوبات زیرپهنه شهر کرمان در یک دوره نسبتا کوتاه و در یک شرایط ویژه آب و هوایی نهشته شده باشند.

مراجع

حیدری، م.، ۱۳۸۰. بررسی ارتباط خصوصیات مکانیکی و ساختار خاکهای ریزدانه جنوب تهران. پایان نامه دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۱۰ صفحه.

عباس نژاد، ا.، ۱۳۸۳. حفره‌ی فروکش کارستی در اختیارآباد- شمال باختری کرمان. نشریه ی علوم زمین. بهار و تابستان ۱۳۸۳، سال یازدهم شماره ی ۵۱، ص ۳۵-۲۸.

علمدار، م.، ۱۳۶۴. گزارش مطالعات منابع آب دشت کرمان-باغین. وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، ۲۰۰صفحه.

مجدی، ص.، موسوی حرمی، ر.، محمودی قرائی،م.، محبوبی، ا.، علیزاده کتک لاهیجانی، ح.، ۱۳۹۰. کانی شناسی رس های موجود در رسوبات فلات قاره دریای عمان ناحیه چابهار و ارتباط آن با برخاستگاه رسوبات. مجله علمی پژوهشی اقیانوس شناسی، سال دوم، شماره ۸.

Amirsoleymani, T., 1994. Deposition and behavior of partially saturated silt. 1st International Symposium on Engineering Characteristics of Arid Soils, *London, pp.207-214.*

Baranski, M., 2008. Engineering-geological properties of normally consolidated tills from Vilnius. Plock area. *Geologija. 50: 40-48.*

Beckett, P.H.T., 1958. The soils of Kerman. South Persia, Department of Agricultural University of Oxford, *Journal of Soil Science, 9 (1): 20-32.*

Bell, F. G., 1994. The Speeton clay of North Yorkshire, England: an investigation of its geotechnical properties", *Engineering Geology, 36: 257-266.*

Bennet, R. H., Curry C. W., Faas R. W., 2004. Statistical database generation and geotechnical mine burial prediction maps for coastal shallow water fine-grained sediments. *PI Seaprobe, Inc., 1-9.*

Ehrmann, W., Setti, M., Marinoni, L., 2005. Clay minerals in Cenozoic sediments of Cape roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal the paleoclimatic history Palaeogeography. palaeoclimatology, *Palaeoecology, 229: 187- 211.*

Fredlund, D. G., Xing, A., Fredlund, M. D., Barbour, S. L., 1996. Relationship of the unsaturated soil shear strength to the soil-water characteristic curve", *Canadian Geotechnical Journal, 33: 440-448.*

Gasparee, A., 2005. Advanced laboratory characterization of London clay, Thesis for degree of doctor of philosophy. university of London (Imperial College London) , *Department of Civil and Environmental Engineering , 598 pages.*

Hirata, S., Yao, S., Nishida, K., 1990. Multiple regression analysis between the mechanical and physical properties of cohesive soils. *Soils and Foundations. 30: 91-108.*

Jaksa, M. B., 1993. A database of geotechnical properties of Adelaids Keswick and Hindmarsh Clay. Department of Civil Engineering and Environmental Engineering, *University of Adelaide.*

Kadjar,M.H., Nazemzadeh, M., Azizan, H., Rowshanravan, J., 1996. The history of Kerman basin during the neogene and quaternary. Geological Survey of Iran, *Regional Center for S.E.Iran (Kerman), 74 Pages.*

Kamaluddinm M., 1999. Intrinsic compressibility, strength properties and some strength models for Dhaka clay. Journal of Civil Engineering, The Institution of Engineers, *Bangladesh. Vol. 27(2): 155-173.*

Lamas, F., Irigaray C., Chacon, J., 2002. Geotechnical characterization of carbonate marls for the construction of impermeable dam cores. *Engineering Geology, 66:283-294.*

Lerouil,S., Vaughan, P.R., 1990. The important and congruent effects of structure in natural soil and weak rocks. *Geotechnique, 3: 467-488.*

Masin, D., 2006. Hypoplastic models for ?ne-grained soils Charles university. Prague institute of hydrogeology, engineering geology and applied geophysics.Thesis for degree of doctor of philosophy. Charles University, Prague, Institute of Hydrogeology, *Engineering Geology and Applied Geophysics, 150 pages.*

Miao, L., Yin Z., 1999. Shear strength of unsaturated soils. *rock and soil mechanics, 20:1-6.*

Pfleiderer, S., Hofmann,T., Auer, J., 2005. Geological interpretation of geotechnical properties of sediments in Vienna basin. *Geophysical Reserch Abstracts, 7: 04537.*

Tekinsoy, M. A., Taskiran, T., Kayadelen, C., 2009. One dimensional non-linear consolidation of unsaturated fine grained soils. *World Applied Sciences Journal, 6: 1388-1398.*