

پهنه بندی پارامترهای مقاومتی خاک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی شهر بندرعباس)

عادل عساکره^{۱*}، مسعود مصفا^۲

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲- کارشناس ارشد ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

چکیده

امروزه مطالعات ژئوتکنیکی جزء جدائی ناپذیر در هر پروژه عمرانی بوده و داشتن اطلاعات کافی در مورد اعماق مختلف خاک بدون انجام مطالعه مکانیک خاک امکان پذیر نمی باشد. انجام طراحی صحیح سازه‌ها مستلزم اعمال مقادیر مناسب ظرفیت باری خاک است که این کار بجز با اطلاعات ژئوتکنیکی که از گمانه‌های حفر شده به دست می‌آید، مقدور نیست. لذا در این تحقیق سعی شده است با جمع آوری اطلاعات ژئوتکنیکی حاصل از ۲۴۱ گمانه حفاری شده تا عمق ۱۵ متری و با بکارگیری نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGis) پارامترهای ژئوتکنیکی در شهر بندرعباس پهنه بندی گردد. این پهنه بندی تقریب خوبی از پارامترهای ژئوتکنیکی خاک به مهندسان ارائه می‌دهد که در طراحی پی-سازه‌ها می‌توان از آن استفاده نمود. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که بیش از ۸۵ درصد منطقه مورد مطالعه دارای لایه‌های خاک درشت‌دانه از نوع ماسه لای دار با تراکم متوسط و متراکم بوده که با افزایش عمق بویژه از ۱۰ متر پایین‌تر به تراکم خاک افزوده شده و در گروه خاکهای دانه‌ای متراکم قرار می‌گیرند. از سوی دیگر عموم لایه‌های خاک از ۶ متر و پایین‌تر اشباع و با رطوبت طبیعی حداکثری ۳۰ درصد است. با توجه به خاک غالب منطقه و ضرورت در نظر گرفتن مخاطرات ژئوتکنیکی در طراحی پی‌ها، نقشه‌های پهنه بندی ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی نیز تهیه شده است

کلمات کلیدی: پهنه بندی ژئوتکنیکی، پارامترهای مکانیک خاک، شهر بندرعباس، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ضریب اطمینان روانگرایی

| شناسه دیجیتال: | | سابقه مقاله: | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------|--------------------------|
| 10.22065/JSCE.2018.143094.1620 | doi: 10.22065/JSCE.2018.143094.1620 | چاپ | انتشار آنلاین | پذیرش | بازنگری | دریافت |
| | | ۱۳۹۹/۰۴/۰۱ | ۱۳۹۹/۰۴/۰۱ | ۱۳۹۷/۰۹/۰۹ | ۱۳۹۷/۰۷/۳۰ | ۱۳۹۷/۰۵/۱۲ |
| | | | | *نویسنده مسئول: | | عادل عساکره |
| | | | | پست الکترونیکی: | | asakereh@hormozgan.ac.ir |

Zoning of Soil Resistance Parameters Using Geographic Information System (GIS) (Case Study of Bandar Abbas city)

Adel Asakereh ^{*1}, masoud mosaffa ²

*1 Department of civil engineering, Faculty of Engineering, University of Hormozgan, Bandar abbas, Iran.
2 MSc in geotechnical engineering, Department of Civil engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran*

ABSTRACT

Today, geotechnical studies are an integral part of any development project, and having sufficient information about the depths of soil without conducting soil mechanics studies is not possible. The proper design of the structures requires the application of appropriate amounts of soil capacity, this is not possible with the geotechnical information obtained from the drilled boreholes. Therefore, in this research, geotechnical parameters have been collected in Bandar Abbas by collecting geotechnical data from 241 drilled boreholes to a depth of 15 meters. Using geological information system software (ArcGis), geotechnical parameters are zoned. This zoning provides a very good approximation of the geotechnical parameters of the soil to the engineers, which can be used in the design of the pion. The results obtained in this study show that more than 85% of the study area has coarse-grained soil layers with a moderate and dense density of sandy sand, which, by increasing the depth, especially from 10 meters below, to the density of soils They are added in the group of dense soil soils. On the other hand, the general soil layers are 6 m below and saturated with a maximum natural moisture content of 30%. Regarding the dominant soil of the region and the need to consider the geotechnical hazards in the design of the plies, zoning maps of the coefficient of reliability versus liquefaction are also provided.

ARTICLE INFO

Receive Date: 03 August 2018
Revise Date: 22 October 2018
Accept Date: 30 November 2018

Keywords:

Geotechnical zoning, Soil Mechanics Parameters, Bandar Abbas city, Geographic information system, Liquefaction confidence coefficient

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

10.22065/JSCE.2018.143094.1620

*Corresponding author: Adel Asakereh
Email address: asakereh@hormozgan.ac.ir

۱- مقدمه

شناخت پارامترهای مقاومتی خاک در علم مهندسی ژئوتکنیک از اهمیت بالایی برخوردار است به گونه‌ایکه با آگاهی از نوع خاک منطقه و داشتن پارامترهای مقاومتی به راحتی میتوان توان باربری، قابلیت نشست پذیری خاک، ارزیابی خطرات ژئوتکنیکی همچون روانگرایی و غیره را محاسبه نمود. از جمله اقدامات مدیریتی که می‌تواند نقش بسزایی در کاهش خسارات ناشی از مخاطرات ژئوتکنیکی داشته باشد، دسته بندی مناطق مختلف یک شهر از نظر پارامترهای مقاومتی، لایه های خاک و در معنای کلی آن پهنه بندی ژئوتکنیکی شهر با هدف بکارگیری در برنامه ریزی و مدیریت شهری می‌باشد. در فاز مطالعات اولیه از طراحی یک پروژه عمرانی، اطلاعات دقیقی از جنس و مقاومت خاک، شیب، توپوگرافی، سطح آب زیرزمینی و محل احداث پروژه مورد نیاز است. بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جمع‌آوری این اطلاعات و در نهایت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مقاومتی جهت استفاده همزمان از داده‌های مختلف، مانند مطالعات مکانیک خاک و توپوگرافی باعث کاهش هزینه انجام مطالعات می‌شود. در سالهای اخیر مطالعاتی توسط محققین مختلف برای پهنه‌بندی ژئوتکنیکی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. حافظی مقدس و قزی به پهنه‌بندی ژئوتکنیکی و ارزیابی ظرفیت باربری مجاز شهر مشهد پرداختند. آنها در مطالعات خود اطلاعات ژئوتکنیکی حاصل از ۲۰۰ گمانه حفاری شده در شهر مشهد را جمع‌آوری نموده و بر مبنای خصوصیات مکانیکی خاک حاصل از نتایج آزمایشات برش مستقیم، سه محوری و عدد نفوذ استاندارد، نقشه پهنه بندی ژئوتکنیکی شهر مشهد را تعیین کرده‌اند. مبنای این پهنه بندی نیز ظرفیت باربری مجاز حاصل از محاسبات مربوطه بوده است. در نهایت بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی ارائه شده توسط نرم افزار ArcGis نتیجه‌گیری لازم برای مناطق مختلف شهر مشهد حاصل شده است [۱]. در تحقیقی دیگر هاشمی و کلانتری با استفاده از تحلیل آماری و محیط سامانه‌ای اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های ریز پهنه بندی ژئوتکنیکی جنوب تهران را تهیه نموده‌اند. آنها در تحقیقات خود از داده‌های ۶۷۰ گمانه حفر شده در جنوب شهر تهران استفاده نموده و علاوه بر آن جهت مطالعه دقیقتر نقشه‌های مختلف ریزپهنه‌بندی نهشته‌های کوارتزی در منطقه مورد نظر توسط نرم افزار ArcGis را نیز تهیه و مورد بررسی قرار دادند. اطلاعات مورد نیاز تحقیق از گمانه‌های حفاری شده را اخذ و در بانک اطلاعات وارد و سپس تحلیل آماری توسط نرم افزار ArcGis را شروع کرده و در نهایت نقشه ریزپهنه بندی ژئوتکنیکی بر مبنای هر یک از شاخص‌های حد روانی، حد خمیری، پارامتر وزنی، پارامتر حجمی، پارامترهای مقاومتی و عدد نفوذ استاندارد خاک تهیه نمودند [۲]. گتمیری و عالم زاده پهنه‌بندی ژئوتکنیکی کیفیت توانمندی خاک در منطقه ساحلی شمال را مطالعه نمودند. آنها در سه منطقه استان گیلان، مازندران و گلستان و با استفاده از نتایج آزمایشات درجا مانند SPT و نتایج آزمایشات آزمایشگاهی و استانداردهای طبقه بندی خاک، اطلاعات را جمع‌آوری نموده و از طریق نرم‌افزار ArcGis نقشه‌های پهنه‌بندی توانمندی خاک را تهیه نمودند. تحقیق نامبردگان در قالب یک طرح در وزارت راه و شهرسازی تحت عنوان "طرح کالبدی منطقه ساحلی شمال" توسط مهندسين مشاور دریا خاک پی به انجام رسیده است [۳]. کرباسی راوری شهر اراک را مورد مطالعه قرار داده و بر اساس نتایج SPT گمانه‌های موجود، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ژئوتکنیکی شهر اراک پرداختند [۴]. ایشان اطلاعات ۳۱ گمانه موجود در شهر اراک را مورد بهره‌برداری قرار داده به گونه‌ایکه اطلاعات مربوط به طبقه بندی خاک، نتایج آزمایش SPT تا عمق ۸ متری استخراج شده و فایل شکل‌های مورد نظر در نرم افزار ArcGis ساخته شده است. Habibullah و Bhuyan به پهنه بندی خطر روانگرایی بر اساس داده‌های ژئوتکنیکی پرداختند [۵]. آنها از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در مطالعات خود استفاده کرده و شهر Satte واقع در منطقه کانتو و در ۴۳ کیلومتری توکیو را مورد مطالعه قرار دادند. سمیه فراشی و رسول اجل لوثیان به تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی در شرق شهر اصفهان پرداخته‌اند [۶]. محدوده مورد مطالعه آنها بخش شهری در حلقه سوم ترافیک شرق اصفهان بوده که در طیف وسیعی از شرق واقع شده است. نقشه‌های توپوگرافی اصفهان، نقشه جامع شهر، نقشه سطح آب زیرزمینی و دیگر نقشه‌ها در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. اطلاعات ۱۴۰ گمانه حفاری شده در منطقه مورد نظر جمع‌آوری و در سیستم اطلاعات جغرافیایی پردازش شده و نقشه زمین‌شناسی مهندسی در لایه‌های خاک تهیه شده است و نهایتاً نتیجه حاکی از آن بوده که با افزایش عمق لایه‌های خاک درشت‌دانه‌تر شده و در واقع لایه‌های ماسه‌ای به ضخامت متفاوت در اعماق نیز وجود داشته و در منطقه مورد مطالعه پتانسیل روانگرایی وجود ندارد. همچنین پارامترهای ژئوتکنیکی دیگر مانند زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک، سطح آب زیرزمینی و طبقه‌بندی خاک نیز در نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شده در این تحقیق قابل استخراج و بهره‌برداری می‌باشد [۶]. در

تحقیقی دیگر Ahmad و Iqbal مقاله‌ای تحت عنوان پهنه‌بندی داده‌های ژئوتکنیکی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را منتشر کردند [۷]. منطقه مورد مطالعه آنها، شهر پیشاور از کشور پاکستان - بخشهای ۵ و ۶ از مناطق مسکونی به مساحت ۲۸۹ کیلومتر مربع، بوده است. هدف آنها از این تحقیق تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ژئوتکنیکی و ارایه اطلاعات ضروری قابل اعتماد در خصوص پارامترهای خاک از جمله طبقه بندی خاک، توزیع دانه‌بندی خاک، پارامترهای مقاومتی خاک و ظرفیت باربری خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد. تهیه پروفیل لایه‌های خاک در اعماق مورد مطالعه از دیگر اهداف بوده است. زند در پایان‌نامه دکترای خود در دانشگاه جنوب کالیفرنیا به نحوه جمع‌آوری و بکارگیری داده‌های ژئوتکنیکی پرداخته است. هدف از این پایان‌نامه بررسی و اعمال راه حل مناسب برای جمع‌آوری و مدیریت داده‌های ژئوتکنیکی بوسیله فن‌آوری اطلاعات می‌باشد [۸]. Shire-Endasilaise شهر Tadios در شمال اتیوپی را مورد مطالعه قرار داد. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ژئوتکنیکی منطقه مورد مطالعه بمنظور انتخاب محل مناسب برای ایجاد ساختمانهای مسکونی هدف اصلی بوده است [۹].

در خصوص فعالیت‌های مرتبط انجام شده پیرامون روش‌های مختلف درون‌یابی حیشی و همکاران دقت و صحت روش‌های درون‌یابی را در تخمین ازت کل خاک با استفاده از GIS مورد ارزیابی قرار دادند. آنها داده‌های ازت کل خاک از ۱۲۰ نقطه در قطعه بررسی دائمی جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام نیا را انتخاب نموده و در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی ArcGis وارد نموده اند [۱۰]. در دیگر مطالعه، صفری دو روش درون‌یابی IDW و KRIGING را جهت تهیه نقشه پهنه بندی قیمت املاک در ناحیه ۵ شهرداری منطقه یک تهران مورد مطالعه قرار دادند. ایشان ۴۸۰ نمونه برداشت زمینی قیمت عرصه را انجام داده و از نرم افزار ArcGis جهت انجام درون‌یابی و تهیه نقشه پهنه‌بندی استفاده کردند. در نرم افزار اشاره شده از بخشهای Spatial Analyst و Geostatistical Analyst استفاده شد [۱۱]. ارزیابی صحت و بررسی میزان خطای روش‌های درون‌یابی ذکر شده حاکی از آن بوده که روش Kriging نسبت به روش درون‌یابی IDW دقت بالاتری دارد. اشرف تخت اردشیر و همکاران خود در دیگر مطالعات مرتبط دقت روش‌های درون‌یابی IDW و RBF را در پهنه بندی خشکسالی‌های حاد ۱۱ ایسنگاه سینوپتیکی را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. آنها ایسنگاه‌های سینوپتیکی مراکز استانهای اصفهان، مرکزی، اهواز، شهرکرد، سمنان، تهران قزوین، همدان، خرم‌آباد و همچنین ایسنگاه‌های کاشان و دزفول را مدنظر قرار داده و اطلاعات اقلیمی مورد نیاز برای برآورد شاخص خشکسالی در یک دوره ۳۰ ساله را اخذ و در محیط ArcGis وارد نمودند. از دو روش درون‌یابی وزن-دهی عکس فاصله IDW و توابع پایه شعاعی RBF استفاده و سپس میزان خطای هر یک از روش‌ها محاسبه گردیده که در نهایت مشخص شد روش IDW از میانگین خطای کمتر نسبت به روش RBF برخوردار بوده است [۱۲]. جامعی و همکاران در تحقیقی به ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی در برآورد منطقه‌ای بارندگی در استان خوزستان پرداختند. آنان بمنظور تعیین بهترین روش برآورد منطقه‌ای بارندگی ماهانه و سالانه از پنج روش درون‌یابی شامل کریجینگ، کوکریجینگ^۱، رگرسیون-کریجینگ^۲ وزن دهی عکس فاصله و اسپلاین استفاده نموده و نهایتاً مقایسه‌ای بین آنها صورت گرفته است [۱۳]. عیوضی و همکاران نیز تحقیقاتی مشابه داشته و روش‌های مختلف درون‌یابی در پهنه‌بندی خشکسالی‌های استان گلستان را مورد مطالعه قرار دادند [۱۴]. آنان در تحقیق خود از روش‌های درون‌یابی جبری و قطعی شامل وزن‌دهی عکس فاصله، توابع پایه شعاعی، چند جمله‌ای جهانی^۳ و روش زمین آماری کریجینگ استفاده کردند. نتایج حاکی از آن بوده که از بین روش‌های درون‌یابی جبری، روش GPI در جایگاه نخست، روش RBF در جایگاه دوم و روش IDW در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. همچنین از بین روش‌های درون‌یابی جبری و زمین آماری روش کریجینگ مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای کمتری را نشان داده و لذا نسبت به روش‌های دیگر بهتر می‌باشد [۱۴]. در مطالعه‌ای دیگر، احمدی و همکاران روش‌های مختلف درون‌یابی در تهیه نقشه‌های زمین شناسی مهندسی را به کمک نرم افزار Arc map مقایسه نمودند [۱۵]. آنها در تحقیق خود با استفاده از روش‌های زمین آماری، GIS و نرم افزار Arc Map اقدام به تهیه نقشه‌های لایه‌های مختلف زمین نمودند و در قدم اول بهترین و مناسب‌ترین روش درون‌یابی انتخاب و سپس در ادامه با روش مذکور هدف اصلی تحقیق دنبال گردید. بدین منظور آنان یک نقشه توپوگرافی از یک سری داده‌های فرضی تهیه نموده و نقشه‌های توپوگرافی در نرم‌افزار GIS به روش‌های درون‌یابی IDW و Kriging ترسیم گردید که مشخص گردید روش‌های میان‌یابی بر

¹ Kriging-Ko

² Kriging-Regression

³ Global Polynomial Interpolation (GPI)

پایه کریجینگ نسبت به روش IDW نتیجه معقول تری را ارائه داده است. با این حال به سبب طبیعت خاص حاکم بر خاک و تصادفی بودن گسترش و شکل گیری لایه های زمین، انتخاب مناسب ترین روش بایستی با تطابق داده ها و نتایج حاصله با داده های واقعی صورت گیرد [۱۵].

نصیری روش های مختلف درون یابی به منظور پهنه بندی کیفیت آب های زیرزمینی را با استفاده از GIS را ارزیابی کردند. برای این کار از داده های ۱۱۴ حلقه چاه در منطقه ای آبرفتی و تقریباً همگن در محدوده شهرستان ارومیه استفاده شده و از روش های گوناگون درون یابی Kriging, IDW, RBF, LPI, GPI برای هر پارامتر حاصل از تجزیه شیمیایی انجام و روش مناسب انتخاب گردید. برای ارزیابی صحت روش های درون یابی از معیار ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) و ضریب همبستگی مقادیر مشاهده ای و برآوردی (R) استفاده شده است. نتیجه حاکی از آن بوده که روش کریجینگ با داشتن کمترین RSME و بیشترین مقدار R روش مناسب تری نسبت به بقیه روشه جهت درون یابی می باشد [۱۶].

همانطور که بیان شد، در اغلب مطالعات جهت تهیه نقشه های پهنه بندی از اطلاعات آزمایش SPT استفاده گردیده و نرم افزار مورد استفاده در اغلب مطالعات، ArcGis بوده است. روش های جمع آوری اطلاعات در اکثر مطالعات مشابه و از سه طریق آزمایش های صحرائی، آزمون های آزمایشگاهی و آزمایش های درجا بوده است. روش کار در اغلب کارهای انجام شده به سه بخش جمع آوری و ویرایش اطلاعات، ورود اطلاعات به سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل بر روی داده ها از طریق درون یابی در جهت تهیه نقشه های پهنه بندی ژئوتکنیکی است. روش های درون یابی متعددی وجود دارد که بایست در هر تحقیق بسته به نوع و تعداد داده ها و نحوه نمونه برداری، ارزیابی صحت روش های درون یابی انجام و بهترین روش برای تهیه نقشه پهنه بندی انتخاب گردد. در این تحقیق با اطلاعات حاصل از ۲۴۱ گمانه حفاری تا عمق ۱۵ متری به پهنه بندی پارامترهای مقاومتی خاک شهر بندرعباس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS پرداخته شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهر بندرعباس مرکز استان هرمزگان در جنوب ایران بوده که در بخش مرکزی شهرستان بندرعباس قرار دارد. شهرستان بندرعباس از سمت شمال به شهرستان حاجی آباد، از سمت شرق به شهرستانهای میناب و رودان، از غرب به شهرستانهای بندر خمیر و بندرلنگه و از جنوب به خلیج فارس و جزیره قشم محدود میشود [۱۷]. محدوده ای از شهر بندرعباس به وسعت تقریبی ۳۰ کیلومتر مربع به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. منطقه مذکور از شمال به ضلع جنوبی بلوار امام حسین و بلوار جمهوری اسلامی، از جنوب به محدوده بلوار ساحلی، از شرق به بلوار خلیج فارس و از سمت غرب به بلوار دانشمند محدود می شود. نزدیک ترین شهر به بندرعباس شهر قشم (مرکز جزیره قشم) با حدود ۲۸ کیلومتر می باشد. شهر بندرعباس از شمال به ارتفاعات و کوه ها و از جنوب به دریا منتهی می شود، بنابراین موضوع شیب عمومی شهر در راستای شمال به جنوب می باشد. بخش وسیع و قابل توجهی از شهر از جمله محله سورو در جنوب غربی شهر و جنوب خیابان امام خمینی حد فاصل خور شیلات و خورگورسوزان و جنوب محله نخل ناخدا دارای سطحی هموار بوده و از ارتفاعی بین ۰/۶ متر تا حداکثر ۵ از سطح دریا برخوردار می باشد [۱۸]. بندرعباس بزرگترین بندر در جنوب ایران بوده که در استان هرمزگان واقع شده و به دلیل مجاورت با خلیج فارس و شرایط زمین شناسی منطقه، از نظر ژئوتکنیکی حایز اهمیت بوده و تعیین پارامترهای مهندسی خاک در گستره مورد مطالعه به عنوان اطلاعات پایه، می تواند بعنوان لایه های اطلاعاتی اولیه در انتخاب الگو و چشم انداز ساخت و ساز نقش اساسی داشته باشد. بدیهی است اینگونه اطلاعات در تلفیق با اطلاعات دیگر از قبیل اطلاعات جغرافیایی و مورفولوژیکی و همچنین زمین شناسی عمومی منطقه، علاوه بر نقش بنیادین خود در حیطه ساخت و ساز، می تواند در مدیریت بحران و نیز اهداف عمرانی هم مفید و قابل استفاده باشد. در صورت تهیه نقشه پهنه بندی پارامترهای مقاومتی شهر بندرعباس، می توان در مناطق مختلف شهر و حتی در اعماق مختلف، اطلاعات مورد نیاز طراحی ژئوتکنیکی را بدست آورد، به گونه ای که تنها با داشتن آدرس محل، امکان تقریب و تخمین مشخصات ژئوتکنیکی ملک مورد نظر میسر می باشد. با در دست داشتن اینگونه اطلاعات به راحتی می توان مواردی همچون ظرفیت باربری خاک و ارزیابی پتانسیل روانگرایی را نیز در اعماق مختلف و در محدوده مورد مطالعه بدست آورد و بدین ترتیب از طراحی های غیر اصولی پی و تا حدی هزینه های اضافی جلوگیری نمود.

۳- زمین شناسی منطقه

تشکیلات زمین شناسی استان هرمزگان بسیار متنوع است و در یک تقسیم بندی کلی میتوان آن را به سه بخش با وضعیت زمین ساختی متفاوت تقسیم نمود. غرب و جنوب غربی استان در محدوده زاگرس خارجی (چین خورده) واقع شده و از قسمت شرق به گسل میناب محدود شده است و رسوبات دوران های اول، دوم و سوم بطور هم شیب روی هم قرار دارند. قدیمی ترین واحد زمین شناسی زاگرس در این ناحیه سری هرمز است که به صورت گنبد های نمکی (بیش از ۸۰ گنبد) ظاهر شده است و چین خوردگی کوه های زاگرس را بدون داشتن جهت خاص سوراخ نموده و بالا آمده است. سن این نمکها را قدیمی تر از کامبرین ذکر کرده اند. بر روی آن طبقات مربوط به گروه خامی قرار گرفته که عمدتاً از شیل و آهک تشکیل شده و سن آن مربوط به ژوراسیک تا کرتاسه زیرین است. پس از آن آهکها و دولومیت های گروه بنگستان قرار گرفته که سن کرتاسه میانی دارد. سازند پابده و جهرم که عمدتاً شیلی، آهکی و دولومیتی هستند سن آئوسن دارند و عمده ترین تشکیلات این محدوده را شامل می شوند. بر روی این تشکیلات آهک های سازند آسماری قرار گرفته که سن آنها الیگوسن می باشد. بخش شمالی استان که در واقع ادامه زون سنندج - سیرجان محسوب می گردد متحمل مراحل دگرگونی و ماگماتیسم متعددی بوده است. بخش شرقی استان هرمزگان جزء زون فلش مکران و آمیزه های رنگین می باشد. در این بخش واحدهای زمین ساختی زاگرس تغییر روند یافته و از امتداد شمال غرب - جنوب شرق به روند شمالی - جنوبی تبدیل می گردد. از ویژگی های دیگر زمین شناسی استان هرمزگان رسوبات محدوده ساحلی است. رسوب گذاری در دشتهای کرانه ای و سواحل دریای عمان و خلیج فارس مشرف بر نوار ساحلی هرمزگان از طریق رودخانه های بزرگی چون جگین، گابریک، سدیج صورت می پذیرد که ضمن عبور از بستر سازندهای قدیم (نظیر فلش های آئوسن - الگوسن و سازندهای گچی - مارنی و کربناته گروه فارس و مارنهای جوان کواترنری) توانسته است مقدار قابل توجهی رسوب را در کرانه های دریای عمان و خلیج فارس بر جای نهد [۱۹].

۴- روش انجام تحقیق

نخست گزارشها مطالعات مکانیک خاک انجام شده در منطقه جمع آوری و مختصات محل گمانه های حفاری شده پس از بازدیدهای صحرائی بر روی نقشه مشخص گردیده است. سپس اطلاعات لازم و مورد نیاز از هر یک از گزارشهای مطالعات خاک برداشت و در جدولی شامل پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک تکمیل و بانک اطلاعات داده ها تشکیل گردیده است. به همین منظور، ۴۵۰ فقره گزارش مطالعات خاک جمع آوری و با توجه به بررسی های اولیه ۲۰۹ فقره گزارش که حاوی اطلاعات کامل نبوده و یا اینکه کیفیت گزارش از نظر عملیات صحرائی و آزمایشگاهی ناقص بوده به گونه ای که در تمامی لایه ها بعضاً آزمایش های لازم انجام نگردیده و یا اینکه در گزارشها آورده نشده، از لیست حذف و نهایتاً اطلاعات ۲۴۱ پروژه در بانک اطلاعات وارد شده است. کلیه اطلاعات برای هر پروژه به تفکیک لایه های خاک در هر ۲ متر تا عمق حفاری معمول در شهر بندرعباس (۱۵ متر) درج گردیده و لذا برای هر گمانه اطلاعات و داده های ۷ لایه خاک استخراج گردیده است. پس از حصول نتیجه از تکمیل بانک اطلاعاتی اشاره شده، داده ها به نرم افزار ArcGis انتقال داده و لایه های رستری ایجاد گردیده است. تحلیل آماری بر روی لایه ها صورت گرفته و نقشه های پهنه بندی پارامترهای مقاومتی خاک در لایه های ۲ متری ترسیم گردیده است. در شکل ۱ موقعیت منطقه و نقاط نمونه برداری شده نشان داده شده است. لذا در یک بیان کلی مراحل انجام کار در این تحقیق را می توان در پنج مرحله زیر اعلام نمود:

- جمع آوری اطلاعات و داده های ژئوتکنیکی حاصل از گزارش های مطالعات خاک و طراحی یک بانک اطلاعات

- کنترل داده های وارد شده و حذف اطلاعات ناقص

- انتقال داده ها به نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی ArcGis

- ایجاد لایه های رستری در نرم افزار و تحلیل داده ها

- ارزیابی روشهای مختلف درون یابی و انتخاب روش مناسب بر اساس ارزیابی خطای برآورد

-تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مقاومتی خاک در لایه‌های ۲ متری از سطح زمین (بر اساس آزمایش نفوذ استاندارد)



شکل ۱- نقاط نمونه برداری شده و منطقه مورد مطالعه

۵- انتخاب روش درون یابی

برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی از روش ارزیابی متقابل^۴ استفاده شده است. در این روش یک نقطه بصورت موقتی حذف و با اعمال درون‌یابی مورد نظر برای آن نقطه مقداری برآورد می‌گردد، سپس مقدار حذف شده در جای خود برگردانده شده و برای بقیه نقاط بصورت مجزا این برآورد صورت می‌گیرد. در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد کرد. در این تحقیق برای این کار و جهت انتخاب مدل بهینه از معیارهای ME^5 و $RMSE^6$ استفاده شده است. با توجه به روش‌های درون‌یابی موجود در نرم افزار ArcGis 10، در جدول ۱ مقایسه روشهای مختلف آورده شده است که با در نظر گرفتن کمترین مقدار برای معیار $RMSE$ و همچنین مقدار عددی نزدیکتر به صفر برای معیار ME ، روش IDW^7 بعنوان بهترین روش درون‌یابی انتخاب می‌گردد. روش درون‌یابی IDW که تحت عنوان روش وزن‌دهی عکس فاصله نامگذاری شده است، از روش‌های جبری (قطعی) درون‌یابی بوده و در یک نوع طبقه‌بندی دیگر به آن روش دقیق^۸ نیز می‌گویند.

در این تحقیق جهت تعیین تعداد نقاط بهینه در برآورد منطقه مورد مطالعه، درون‌یابی داده‌ها در لایه‌های مختلف با تعداد نقاط همسایگی حداکثر ۱۵ و ۱۶ و حداقل ۱۰ و توان بهینه ۱ انجام گردیده است.

4 Cross Validation

5 Mean Error

6 Root Mean Square Error

7 Inverse Distance Weighted

8 Exact

جدول ۱- مقایسه روشهای مختلف درون یابی استفاده شده در تحقیق

| روش درون یابی | مدل تئوری نیم تغییر نما | ME | RMSE |
|------------------|-------------------------|---------|---------|
| Ordinary Kriging | Stable | 0.0546 | 12.724 |
| Ordinary Kriging | Gussian | 0.0546 | 12.724 |
| Ordinary Kriging | Exponential | 0.0882 | 12.65 |
| Ordinary Kriging | Spherical | 0.0803 | 12.713 |
| Ordinary Kriging | Circular | 0.0821 | 12.721 |
| Simple Kriging | Stable | 0.0466 | 12.868 |
| Simple Kriging | Gussian | 0.0466 | 12.868 |
| IDW | - | -0.016 | 12.586 |
| RBF | - | 0.123 | 12.5060 |
| GPI | - | 0.0285 | 13.370 |
| LPI | Constant | -0.586 | 13.156 |
| LPI | Quartic | -0.720 | 13.22 |
| LPI | Gussian | -0.5506 | 13.197 |
| LPI | Polynomial | -0.748 | 13.228 |
| LPI | Exponential | -0.440 | 13.103 |

۶- نتایج پهنه بندی پارامترهای خاک

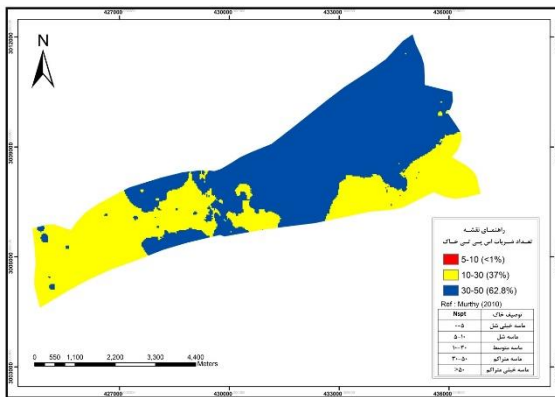
تحلیل های لازم بر روی پارامترهای مورد مطالعه در لایه های ۲ متری (حداکثر ۷ لایه) انجام و سپس نقشه های پهنه بندی در محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10 تهیه و ترسیم گردیده است. پهنه بندی برای پارامترهایی نظیر زاویه اصطکاک داخلی خاک و عدد نفوذ استاندارد (N_{SPT}) بوده و علاوه بر پارامترهای مقاومتی، پارامترهای مکانیکی و فیزیکی خاک نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. از سوی دیگر با توجه به خاک غالب منطقه و ضرورت در نظر گرفتن نشست پذیری و مخاطرات ژئوتکنیکی در طراحی پی ها، نقشه های پهنه بندی ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی نیز تهیه گردیده است.

پهنه بندی دو پارامتر شامل N_{SPT} و ϕ در اعماق ۰، ۸، ۶، ۴، ۲، ۱۰، ۱۲، ۱۴ متری از سطح زمین انجام و نتایج در شکل ۳ و شکل ۴ ارائه شده است.

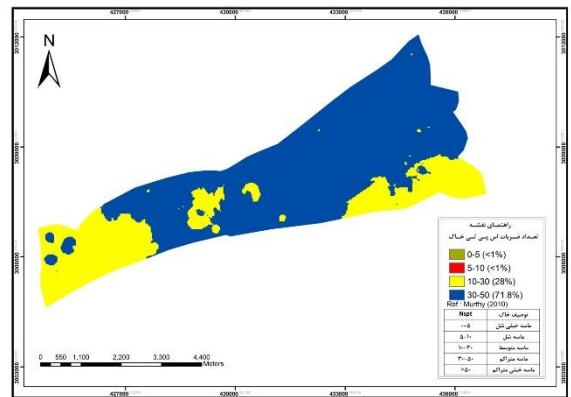
در لایه هایی از خاک که مقدار زاویه اصطکاک داخلی خاک در نتایج آزمایشات جمع آوری شده مشخص نگردیده و یا اینکه آزمایش برش مستقیم برای تعیین آن صورت نگرفته، از رابطه همبستگی جدول ۲ برای تعیین ϕ استفاده شده است.

جدول ۲- همبستگی پارامترهای خاک و عدد SPT برای خاکهای درشت دانه [۲۰]

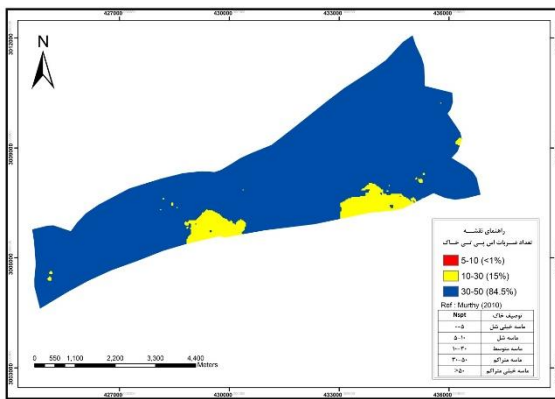
| N | N_{60} | توصیف | γ (KN/m ³) | D_r (%) | ϕ' (درجه) |
|-------|----------|-------------|-------------------------------|-----------|----------------|
| ۰-۵ | ۰-۳ | خیلی شل | ۱۱-۱۳ | ۰-۱۵ | <۲۸ |
| ۵-۱۰ | ۳-۹ | شل | ۱۴-۱۶ | ۱۵-۳۵ | ۲۸-۳۰ |
| ۱۰-۳۰ | ۹-۲۵ | متوسط | ۱۷-۱۹ | ۳۵-۶۵ | ۳۰-۳۶ |
| ۳۰-۵۰ | ۲۵-۴۵ | متراکم | ۲۰-۲۱ | ۶۵-۸۵ | ۳۶-۴۱ |
| >۵۰ | >۴۵ | خیلی متراکم | >۲۱ | >۸۵ | >۴۱ |



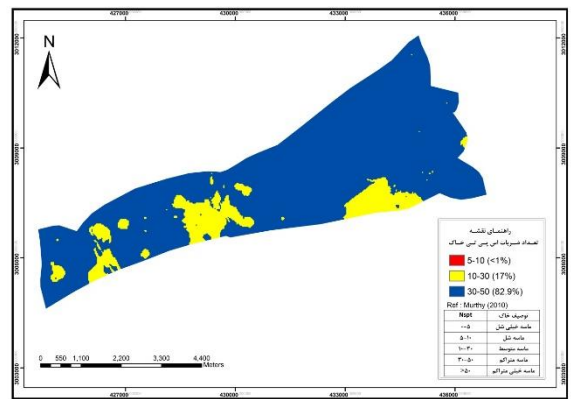
(ب)



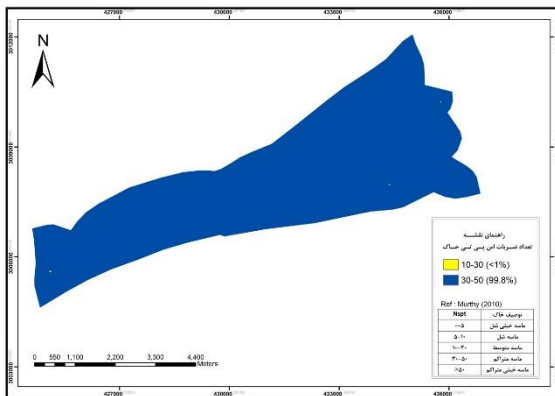
(الف)



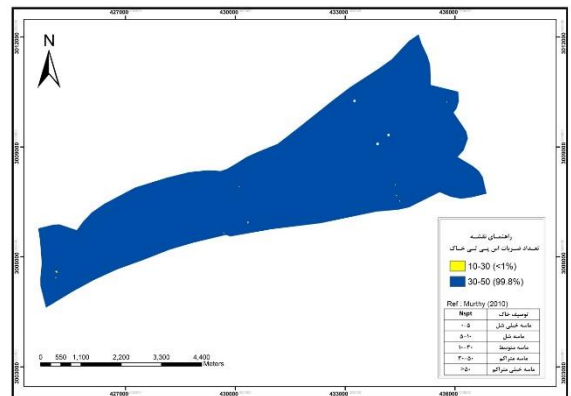
(د)



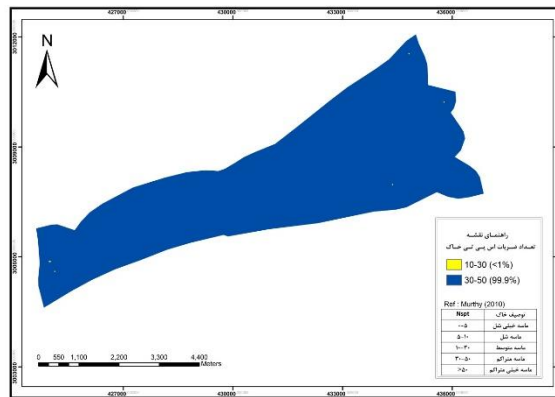
(ج)



(و)

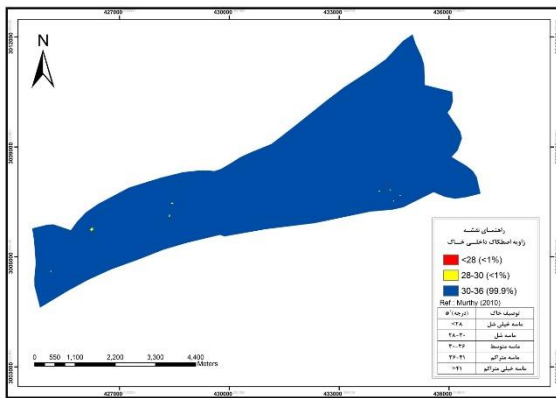


(ه)

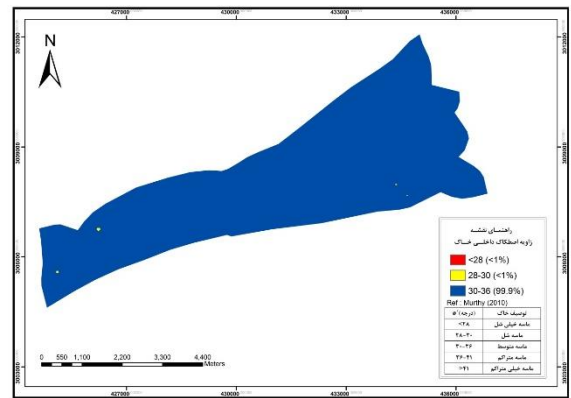


(ز)

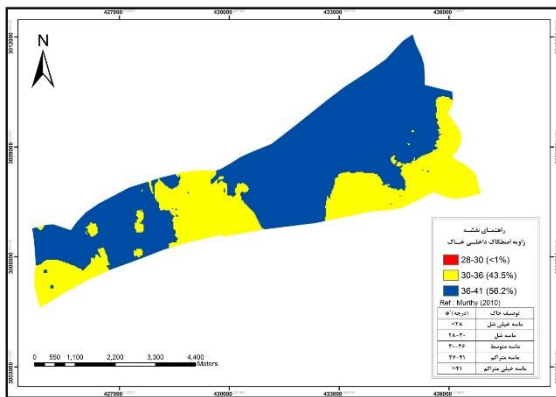
شکل ۳- نقشه پهنه بندی تعداد ضربات N_{spT} در عمق (الف) ۲ متری، (ب) ۴ متری، (ج) ۶ متری، (د) ۸ متری، (ه) ۱۰ متری، (و) ۱۲ متری و (ز) ۱۴ متری



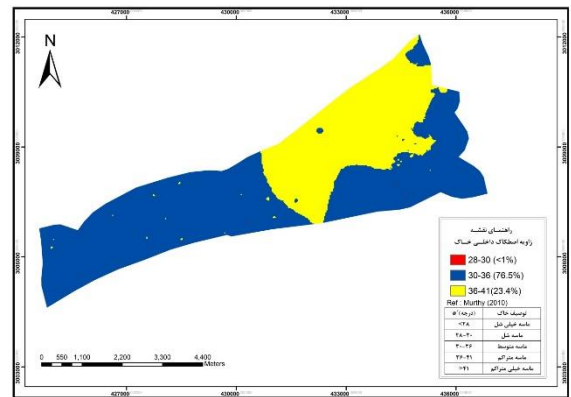
(ب)



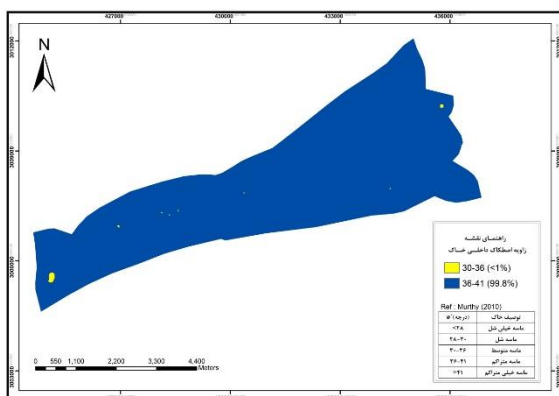
(الف)



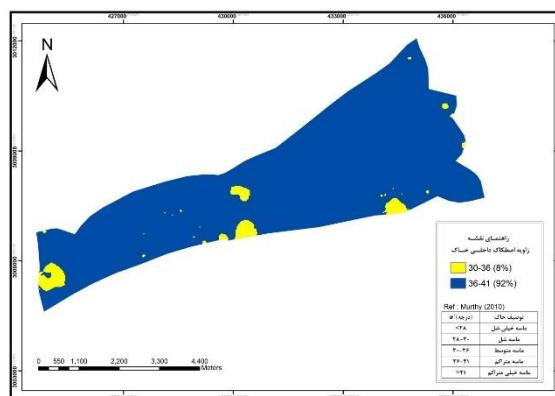
(د)



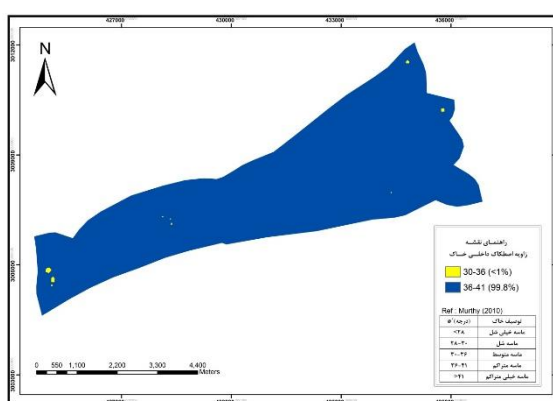
(ج)



(و)



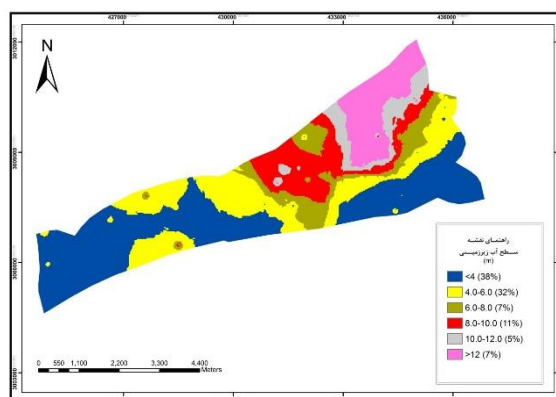
(ه)



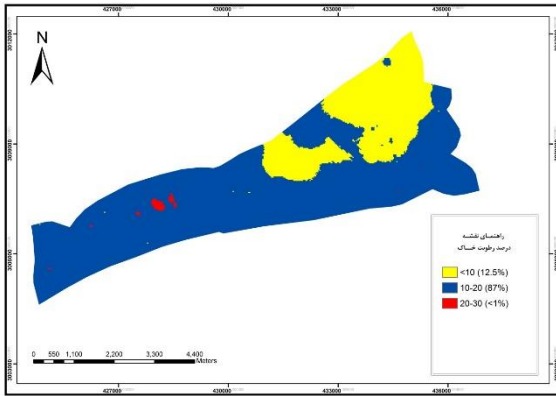
(ز)

شکل ۴- نقشه پهنه بندی زاویه اصطکاک داخلی خاک در عمق (الف) ۲ متری، (ب) ۴ متری، (ج) ۶ متری، (د) ۸ متری، (ه) ۱۰ متری، (و) ۱۲ متری و (ز) ۱۴ متری

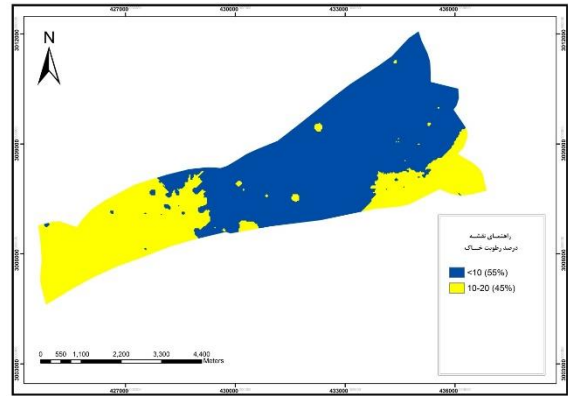
پهنه بندی سطح آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه در شکل ۵ ارائه شده است. پهنه بندی پارامترهای درصد رطوبت طبیعی خاک، وزن مخصوص مرطوب، طبقه بندی خاک و ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی در اعماق ۱۲، ۱۰، ۸، ۶، ۴، ۲، ۱ و ۰ متری از سطح زمین در شکل‌های ۶ تا ۹ ارائه شده است. در این تحقیق ضریب اطمینان برابر ۱/۵ برای خطر روانگرایی در نظر گرفته شده است.



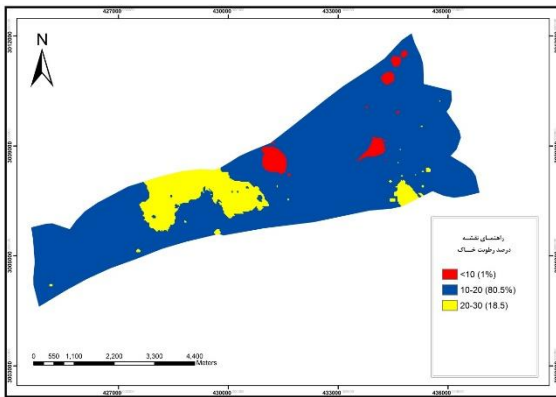
شکل ۵- نقشه پهنه بندی سطح آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه



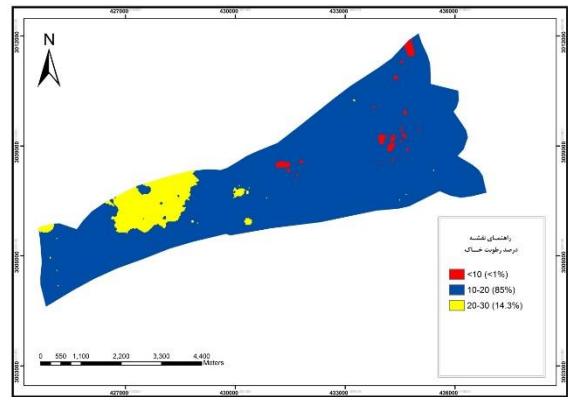
(ب)



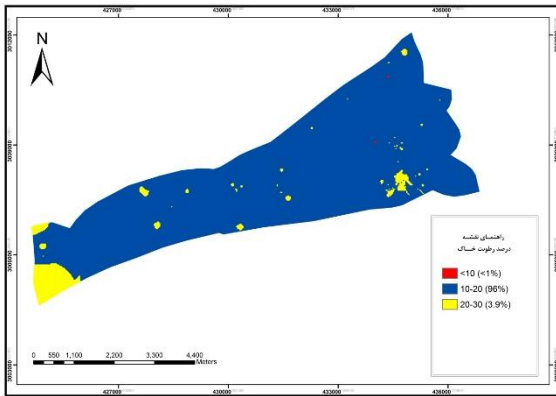
(الف)



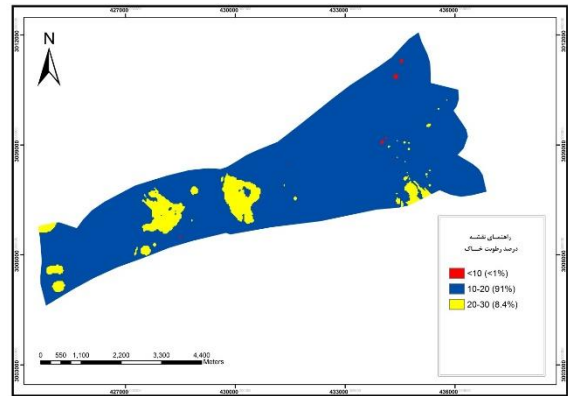
(د)



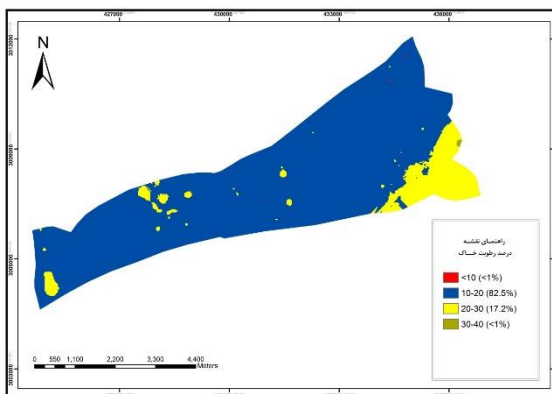
(ج)



(و)

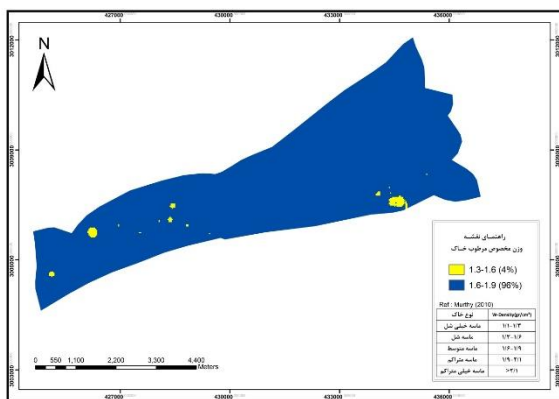


(ه)

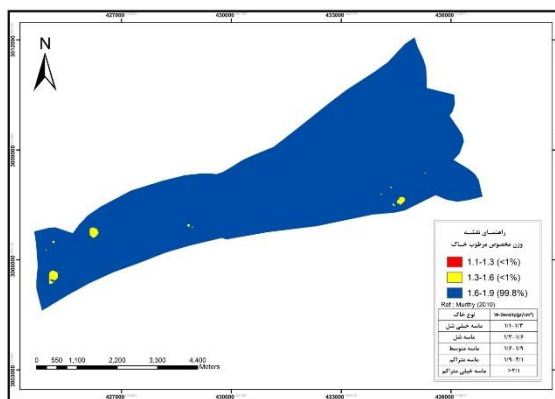


(ز)

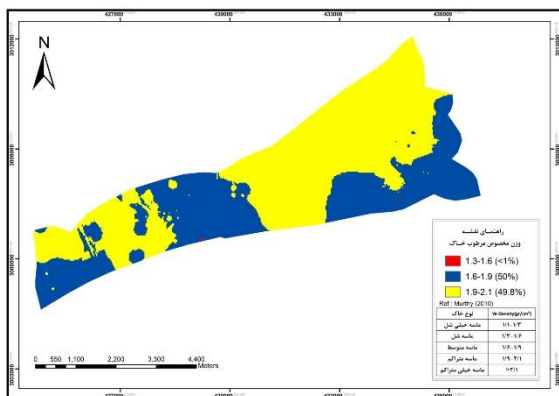
شکل ۶- نقشه پهنه بندی درصد رطوبت طبیعی خاک در عمق (الف) ۲ متری، (ب) ۴ متری، (ج) ۶ متری، (د) ۸ متری، (ه) ۱۰ متری، (و) ۱۲ متری و (ز) ۱۴ متری



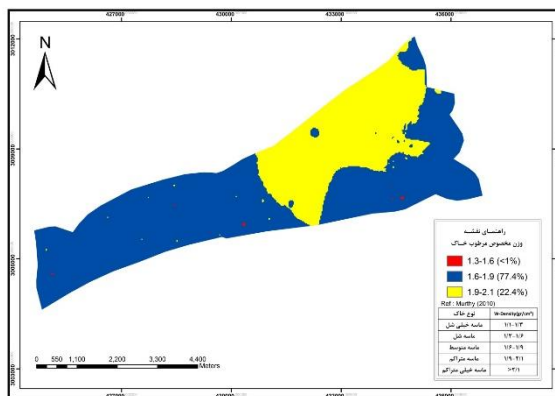
(ب)



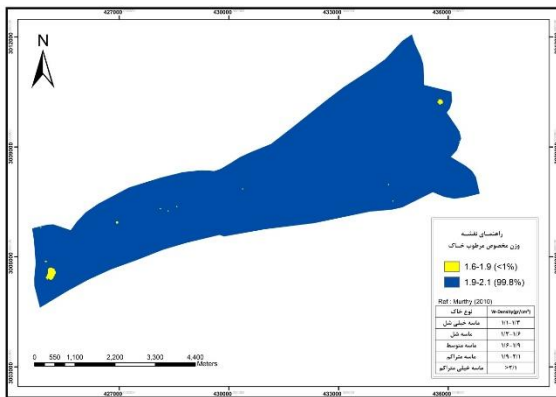
(الف)



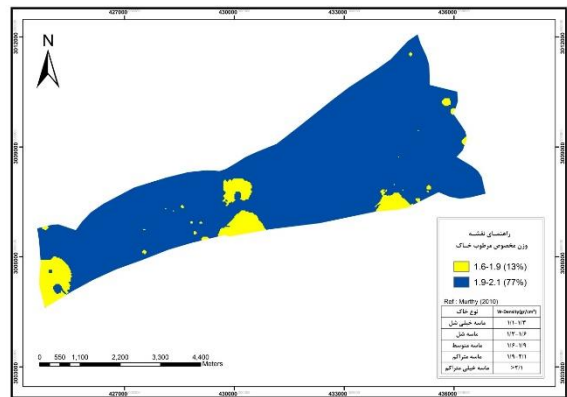
(د)



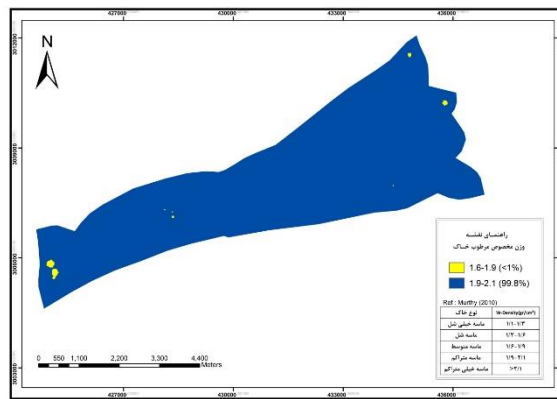
(ج)



(و)

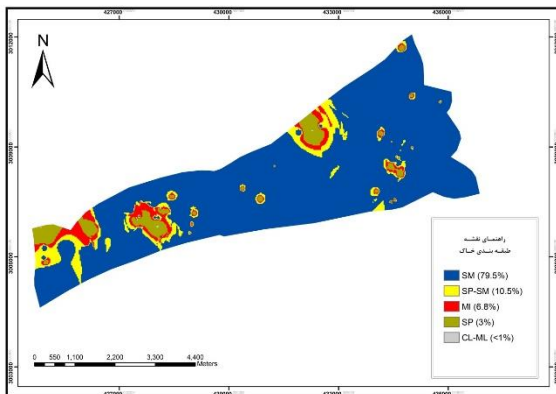


(ه)

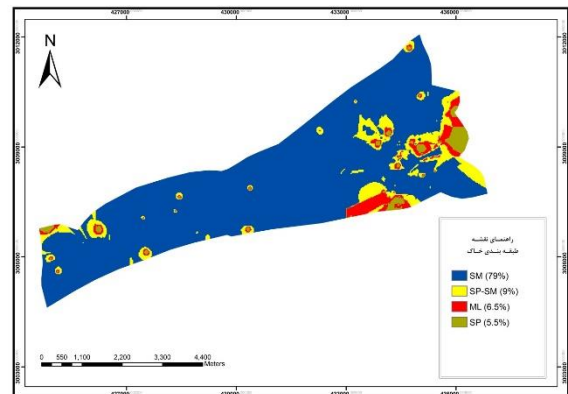


(ز)

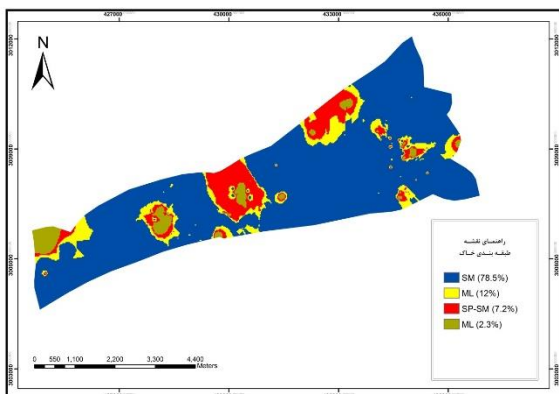
شکل ۷- نقشه پهنه بندی وزن مخصوص مرطوب خاک در عمق (الف) ۲ متری، (ب) ۴ متری، (ج) ۶ متری، (د) ۸ متری، (ه) ۱۰ متری، (و) ۱۲ متری و (ز) ۱۴ متری



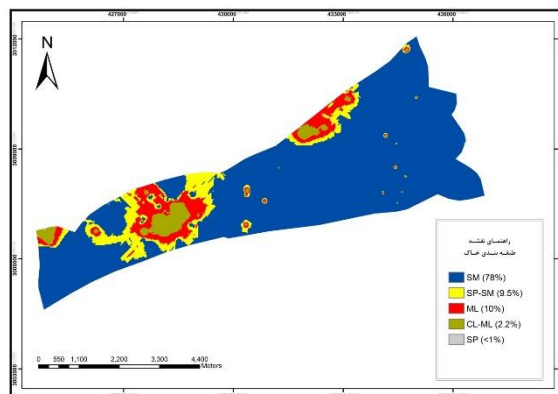
(ب)



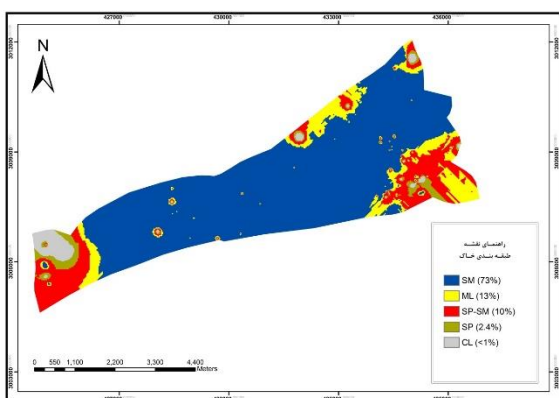
(الف)



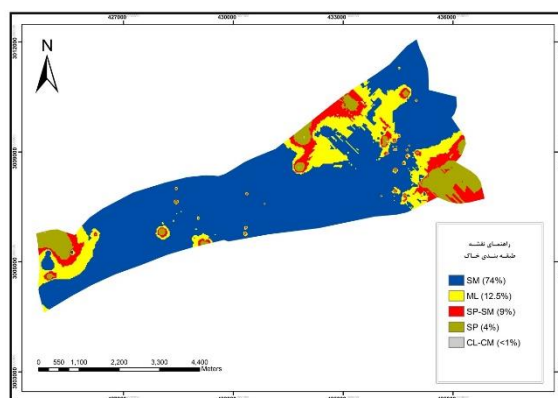
(د)



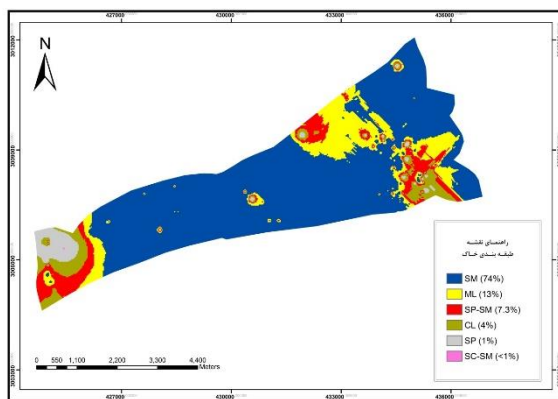
(ج)



(و)

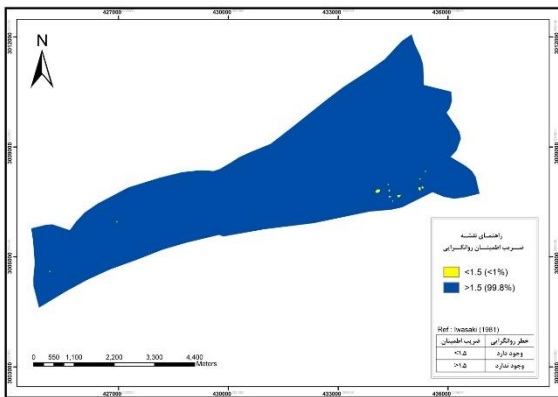


(ه)

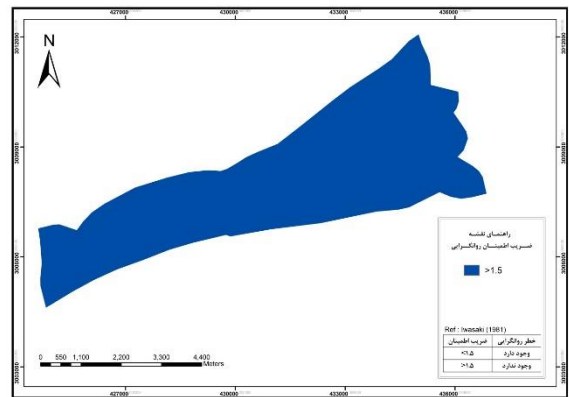


(ز)

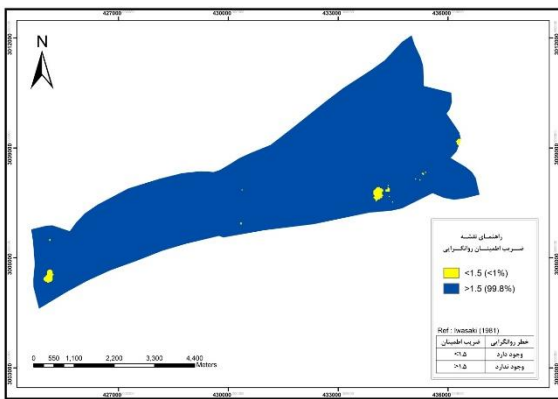
شکل ۸- نقشه پهنه بندی طبقه بندی خاک (USCS) در عمق (الف) ۲ متری، (ب) ۴ متری، (ج) ۶ متری، (د) ۸ متری، (ه) ۱۰ متری، (و) ۱۲ متری و (ز) ۱۴ متری



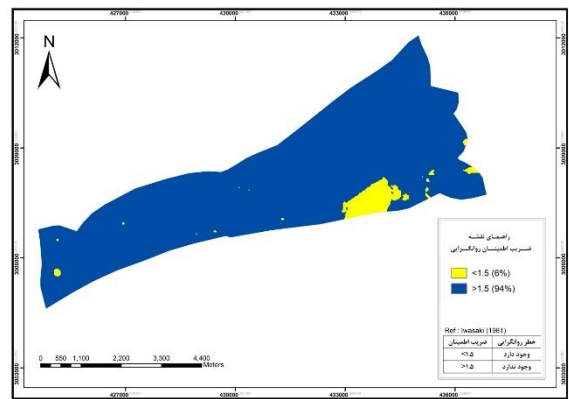
(ب)



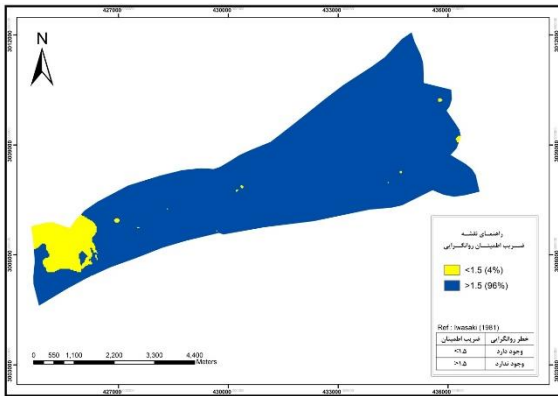
(الف)



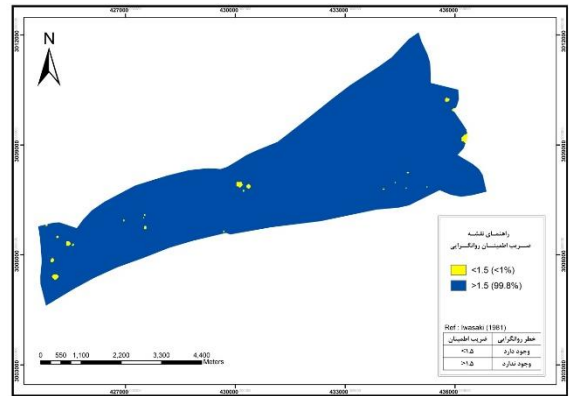
(د)



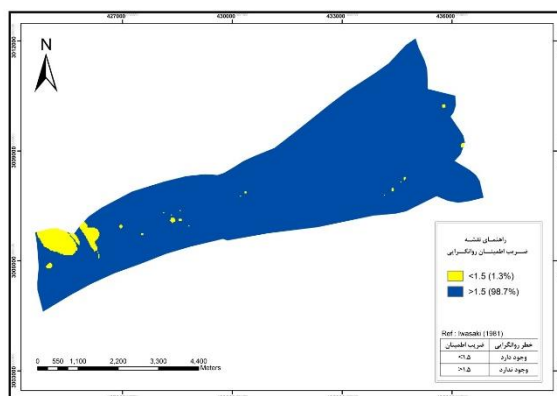
(ج)



(و)



(ه)



(ز)

شکل ۹- نقشه پهنه بندی ضریب اطمینان در برابر روانگرایی خاک در عمق (الف) ۲ متری، (ب) ۴ متری، (ج) ۶ متری، (د) ۸ متری، (ه) ۱۰ متری، (و) ۱۲ متری و (ز) ۱۴ متری

با توجه به مشاهده نقشه‌های پهنه‌بندی بویژه نقشه‌های تعداد ضربات SPT، طبقه‌بندی خاک و سطح آب زیرزمینی میتوان گفت که پوشش غالب بیش از ۸۵ درصد منطقه از نوع خاکهای ماسه لای دار و بعضاً با دانه‌بندی بد بوده که با افزایش عمق از مقدار آن (درصد خیلی کم) کاسته شده و لایه‌های خاک از نوع ریزدانه لای با خاصیت خمیری کم مشاهده می‌گردد. عموم لایه‌های خاک از عمق ۶ متر و پایین تر اشباع بوده و دارای رطوبت طبیعی حداکثر ۳۰ درصدی است. از سوی دیگر ماسه‌ها غالباً در دسته ماسه‌های متوسط و یا متراکم قرار گرفته که با افزایش عمق به این تراکم افزوده می‌شود، خصوصاً از عمق ۱۰ متر و بیشتر که در گروه خاکهای ماسه‌ای متراکم قرار دارند. پارامترهای مهندسی خاک غالب در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- پارامترهای مهندسی خاک غالب در محدوده مورد مطالعه

| Depth (m) | Nspt | θ' (Deg) | Classification | D_{10} (mm) | D_{30} (mm) | D_{50} (mm) | D_{60} (mm) | | | PI (%) | W (%) | (gr/cm ³) | (gr/cm ³) | E_s (kg/cm ²) |
|-----------|-------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----|-----|--------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 2 | 30-50 | 30-36 | SM | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.075-0.15 | 0.15-0.425 | >3 | >10 | 0 | <10 | 1.6-1.9 | 1.6-1.9 | 105-280 |
| 4 | 30-50 | 30-36 | SM | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.075-0.15 | 0.15-0.425 | >3 | >10 | 0 | 10-20 | 1.6-1.9 | 1.3-1.6 | 105-280 |
| 6 | 30-50 | 30-36 | SM | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.075-0.15 | 0.15-0.425 | >3 | >10 | 0 | 10-20 | 1.6-1.9 | 1.3-1.6 | 105-280 |
| 8 | 30-50 | 36-41 | SM | <0.075 | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.075-0.15 | >3 | >10 | 0 | 10-20 | 1.6-1.9 | 1.6-1.9 | 105-280 |
| 10 | 30-50 | 36-41 | SM | <0.075 | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.075-0.15 | >3 | >10 | 0 | 10-20 | 1.9-2.1 | 1.6-1.9 | 105-280 |
| 12 | 30-50 | 36-41 | SM | <0.075 | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.15-0.425 | >3 | >10 | 0 | 10-20 | 1.9-2.1 | 1.6-1.9 | 105-280 |
| 14 | 30-50 | 36-41 | SM | <0.075 | <0.075 | 0.075-0.15 | 0.15-0.425 | >3 | >10 | 0 | 10-20 | 1.9-2.1 | 1.6-1.9 | 105-280 |

۷- نتیجه گیری

با جمع آوری اطلاعات ژئوتکنیکی حاصل از ۲۴۱ گمانه حفاری شده تا عمق ۱۵ متری و با بکارگیری نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGis) پارامترهای ژئوتکنیکی در شهر بندرعباس پهنه بندی گردد. این پهنه بندی تقریب خیلی خوبی را از پارامترهای ژئوتکنیکی خاک به مهندسان ارائه می دهد که در طراحی های پی-سازه می توان از آن استفاده نمود. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان می دهد:

۱- تعداد ضربات SPT در بیش از ۹۹ درصد از محدوده مورد مطالعه بالاتر از ۱۰ می باشد. تا عمق ۸ متری از سطح زمین، بیش از ۶۵ درصد منطقه دارای تعداد ضربات SPT بین ۵۰-۳۰ و حداکثر ۳۷ درصد از منطقه دارای تعداد ضربات SPT ۳۰-۱۰ بوده و همچنین از عمق ۱۰ تا ۱۴ متری از سطح زمین، بیش از ۹۹ درصد منطقه مورد مطالعه دارای ضربات SPT بین ۳۰ تا ۵۰ می باشد.

۲- بیش از ۹۹ درصد از محدوده مورد مطالعه دارای زاویه اصطکاک داخلی خاک بیش از ۳۰ درجه می باشد. تا عمق ۴ متری از سطح زمین، بیش از ۹۹ درصد منطقه دارای زاویه اصطکاک داخلی بین ۳۰ تا ۳۶ و از عمق ۶ تا ۸ متری بدلیل متراکم شدن خاک این زاویه اصطکاک تا ۴۱ درجه نیز مشاهده شده است به گونه ای که هر چه به عمق ۸ متری نزدیکتر شده، مقدار عددی زاویه اصطکاک نیز در محدوده ۳۶ تا ۴۱ بیشتر می گردد. از عمق ۱۰ تا ۱۴ متری نیز بیش از ۹۰ درصد منطقه دارای زاویه اصطکاک ۳۶ تا ۴۱ درجه می باشند.

۳- در ۷۰ درصد منطقه مورد مطالعه، سطح آب زیرزمینی کمتر از ۶ متر بوده و ۱۸ درصد از منطقه دارای سطح آب زیرزمینی بین ۶ تا ۱۰ می باشد. در مابقی مناطق که معادل ۱۲ درصد بوده آب زیرزمینی در اعماق بیش از ۱۰ متر از سطح زمین مشاهده شده است.

۴- در محدوده مورد مطالعه و تا عمق ۴ متری از سطح زمین لایه های خاک دارای رطوبت طبیعی حداکثر تا ۲۰ درصد بوده و از ۴ تا ۱۴ متری نیز این مقدار به حداکثر ۳۰ درصد افزایش می یابد. بصورت کلی می توان گفت بیش از ۴۵ درصد منطقه در عمق ۲ متری و بیش از ۸۰ درصد منطقه در عمق ۴ تا ۱۴ متری از سطح زمین دارای رطوبت طبیعی بین ۱۰ تا ۲۰ درصد می باشد.

۵- در محدوده مورد مطالعه و تا عمق ۴ متری از سطح زمین بیش از ۹۶ درصد منطقه دارای لایه های خاک با وزن مخصوص مرطوب بین ۱/۶ تا ۱/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و از عمق ۶ تا ۱۰ متری بدلیل متراکم تر شدن خاک این مقدار بین ۱/۶ تا ۲/۱ متغیر می باشد. در عمق ۱۲ و ۱۴ متری بالغ بر ۹۹/۸ درصد منطقه دارای لایه های خاک با وزن مخصوص بین ۱/۹ تا ۲/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب می باشند.

۶- بیش از ۸۵ درصد منطقه مورد مطالعه و در کلیه اعماق، خاک از نوع درشت دانه SM بوده و مابقی منطقه از نوع مصالح ریزدانه و عموماً از نوع ML می باشد. با افزایش عمق بویژه در اعماق پایین تر از ۱۰ متر، به مقدار لایه های خاک ریزدانه افزوده گردیده است.

۷- نتایج نقشه های پهنه بندی برای ضریب اطمینان در برابر روانگرایی خاک در کلیه اعماق حاکی از آن است که در بیش از ۹۰ درصد منطقه مورد مطالعه خاکها فاقد روانگرایی هستند. در اعماق ۶ و ۱۲ در حدود ۵ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل روانگرایی است.

۸- مراجع

- [1] Hafezi Moghaddas, N., and Ghezi, A. (2008). Geotechnical zoning and assessment of allowable bearing capacity of Mashhad city. In: *5th Iranian Conference of Engineering Geology and the Environment*. Tehran: Iranian Association of Engineering Geology. (In Persian)
- [2] Hashemi, S., Kalantari, F., Zohoori, M., and Badakhshan, M. (2010). Using Statistical Analysis and Geographic Information System (GIS) in Geotechnical Zonation in South Tehran. In: *4th International Conference on Geotechnical Engineering and Soil Mechanics*. Tehran: Iranian Geotechnical Society. (In Persian)
- [3] gatmiri, B., Alamzadeh, A., and Jafari Shalkoochi, A. (2010). Geotechnical zonation of soil quality capability in northern coastal area (Gilan, Mazandaran, Golestan) with in situ and laboratory tests. In: *4th International Conference on Geotechnical Engineering and Soil Mechanics*. Tehran: Iranian Geotechnical Society. (In Persian)
- [4] Karbasi Ravari, M. (2010). Geotechnical zoning of Arak city based on SPT results of existing boreholes. In: *3rd National Congress on Urban Management and Construction Stability*. Arak: Islamic Azad University, Khomein Branch. (In Persian)
- [5] Bhuyan M.H., Pokhrel, R.M, Kuwano, J., and Tachibana, S. (2012). GIS-Based Soil Liquefaction Hazard Zonation due to Earthquake Using Geotechnical Data. *International Journal of GEOMATE*, 2 (3), Pages 154-160.
- [6] Farshidi, S., and Ajalloelian, R. (2012). Engineering Geological Mapping at East of Isfahan City Using GIS. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6 (1), Pages 165-172.
- [7] Ahmad, M., Qaiser, I., and Fayaz A.K. (2013). Profiling and Zoning OF Geotechnical Sub-Soil Data Using Geographic Information System. *Science International (Lahore)*, 25 (4), Pages. 531-537.
- [8] Zand, A. (2011). *Enabling Geotechnical Data for Broader Use the Spatial Data Infrastructures*. Ph.D. Thesis, University of Southern California, USA.
- [9] Tadios, S. (2013). GIS-based Geotechnical Microzonation Mapping using Analytic Hierarchy Process: a case study in Shire-Endasilasie City Tigray, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 5 (2), pages 101-116.
- [10] Habashi, H., Hossaini, S.M., Shetabi, S., and Mohammadi, J. (2007). Evaluation of the accuracy of interpolation methods in a total of Nitrogen's soil using GIS. In: *3rd Conference of Geospatial Information Systems*. Qeshm: Iran National Cartographic Centre. (In Persian)
- [11] Safari, H. (2007). Compare the two methods of IDW and KRIGING interpolation. *Shahrnegar journal*, 40, Pages 33-39. (In Persian)
- [12] Takht Ardeshir, A., Hossein Poor, M., and Lotfi, M. (2011). Assessment of the accuracy of IDW and RBF interpolation methods for acute drought shielding 11 Spin Syntactic Station using the Spi statistical period 1976-2005. In: *2nd national conference on combating desertification and sustainable development of Iran Desert Wetlands (Relying on Meighan Desert Wetland)*. Arak: Islamic Azad University, Arak Branch. (In Persian)
- [13] Jamei, M., Nadi, M., and Bazrafshan, J. (2011). Evaluation of Different Interpolation Methods in Regional Estimation of Rainfall in Khuzestan Province. In: *1st national conference on agrometeorology and agricultural water management*. Karaj: Tehran University. (In Persian)
- [14] Eyvazi, M., Mosaedi, A., Meftah Hakghi, M., and Hesam, M. (2009). Comparison of different interpolation methods in drought zoning in Golestan province. In: *The 2nd National Seminar on Drought Effects/Management*. Isfahan: Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian)
- [15] Ahmadi, S., Ahmadi, H., and Rajabzadeh Saei, H.M. (2012). Comparison of Different Interpolation Methods in Engineering Geology Maps by ArcMap Software. In: *31st Symposium of Geosciences*. Tehran: Geological Survey and Mineral Explorations of Iran (GSI). (In Persian)
- [16] Nasiri, F. (2014). Evaluation of different interpolation methods for zoning groundwater quality using GIS. In: *32nd National and 1st International Geosciences Congress by Approach Gemstones*. Tehran: Geological Survey and Mineral Explorations of Iran (GSI). (In Persian)
- [17] www.bacity.ir
- [18] www.wikipedia.com
- [19] Ministry of Roads and Urban Development, Technical Soil and Mechanical Laboratory. (2013). Report of Soil Mechanics Studies and Geotechnical Studies of Residential Complex Mr. Azizolah Rastgou. Bandar-Abbas, Pages 38. (In Persian)
- [20] Murthy, N.S.V. (2007). *Advanced Foundation Engineering*. 1st Edition. Satish Kumar Jain for CBS publisher and Distributers, New Delhi, India, Page 795.