Archive of SID

ارزیابی خصوصیات بسترهای خاکی برای زیرساخت‌های حمل و نقل بر اساس نتایج گمانه‌های ژئوتکنیک (مطالعه موردی: شهر سمنان)

حامد جاودانیان*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهرکرد

عبدالحسین حداد، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

علیرضا میرنژاد، کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

Email: javdanian@eng.sku.ac.ir

دریافت: ۹۵/۰۶/۲۶ – پذیرش: ۹۵/۱۰/۳۰

چکیده

طراحی ابنیه فنی و زیرساخت‌های شهری، از جمله سیستم‌های حمل و نقل، نیازمند تخمین اولیه‌ی پارامترهای ژئوتکنیک می‌باشند. از این‌رو، ارزیابی دقیق خصوصیات مهندسی نهشته‌های خاکی بر اساس تحقیقات ژئوتکنیک در نواحی مختلف از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این مطالعه، برآورد خصوصیات بستر خاکی و به دنبال آن ایجاد یک بانک اطلاعات ژئوتکنیک برای گستره‌ی شهر سمنان می‌باشد. بدین منظور، اطلاعات وسیعی از ۱۱۰ گمانه‌ی ژئوتکنیک گردآوری شده است. علاوه بر تحلیل آماری نتایج، با استفاده از روش درون‌یابی آماری کریجینگ و به کمک برنامه‌ی ArcGIS اقدام به ارزیابی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی بستر خاکی در نواحی مختلف گستره‌ی شهر سمنان شده است. تهیه چنین سیستم اطلاعات پایه‌ای، ضمن اینکه قابلیت تکمیل و به‌روز شدن را دارا می‌باشد، می‌تواند شرایط تخمین بهتر پارامترهای ژئوتکنیک در نواحی مورد مطالعه را فراهم آورد. پارامترهای زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی، دانسیته و درصد رطوبت خاک با استفاده از روش درون‌یابی آماری ارزیابی شد. در نهایت، بر اساس نتایج حاصل، وضعیت زمین در نواحی مختلف گستره‌ی مورد مطالعه تشریح شد.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک، گمانه ژئوتکنیک، ArcGIS، سمنان

۱. مقدمه

مطالعات اولیه برای توسعه پایدار زیرساخت‌های شهری، پروژه‌های عمرانی و ابنیه فنی نیازمند اطلاعات کامل از خصوصیات ژئوتکنیک و ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه می‌باشد. اطلاعات کامل از نهشته‌های خاکی در نواحی مختلف، از جمله نقشه‌های پهنه‌بندی ژئوتکنیک، با فراهم کردن اطلاعات تفصیلی از مشخصات فیزیکی و مکانیکی زیرسطحی، امکان پیش‌آگاهی مناسب‌تری در خصوص وضعیت پهنه‌ها در نواحی مختلف ارائه می‌دهد (لای و همکاران، ۲۰۱۶؛ پاپاتزاچ، ۲۰۰۶؛ الخیلی و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه بر این، نقشه‌های پهنه‌بندی ژئوتکنیک را می‌توان راهنمایی برای شناسایی نقاط مطلوب و مستعد جهت اجرای

www.SID.ir

Archive of SID

ویژه‌های [illegible] تلقی نمود (الهی گرمی و همکاران، ۲۰۱۲؛ الهیان و تاسون، ۲۰۱۰؛ کریگ و آگگون، ۲۰۰۸؛ الهیان و همکاران، ۲۰۰۴) که واقع می‌توان بر اساس این نقشه‌ها [illegible] کن جهت توسعه در آینده برنامه‌ریزی شهری، از جمله توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل شامل بستر راه‌ها، پل‌ها و خطوط ریلی را با توجه به وضعیت لایه‌های خاک در منطقه مورد نظر منطقه ساخت.

شهر سمنان به لحاظ اجتماعی و به‌دلیل وجود [illegible] به عنوان یکی از شهرهای [illegible] محسوب می‌شود از این‌رو شناخت هر چه بیشتر مشخصات ژئوتکنیک و زمین‌شناسی گستره این شهر از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی، بایستی به این نکته توجه نمود که اگر به دلیل انجام مطالعات گسترده و به تبع آن حجم بالای اطلاعات، روش‌های نتیجه‌گیری و تحلیل نتایج و داده‌ها با دشواری از سوی پژوهشگران همراه باشد این امر لزوم تشکیل مجموعه‌هایی سازمان‌یافته از داده‌ها را مشخص می‌سازد.

در این پژوهش، مهمترین لایه‌های بستر خاکی شامل [illegible] خاک‌های داخلی، چسبندگی، مدول یته و [illegible] وضعیت خاک بر اساس گزارش‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۹۲) از گمانه‌های ژئوتکنیک در گستره شهر سمنان گردآوری و در [illegible] مختلف مورد تحلیل آماری قرار گرفتند. سپس، [illegible] لایه‌های خاک اطلاعات ژئوتکنیک شهر سمنان و [illegible] لایه‌های خاک این شهر از برنامه ArcGIS [illegible] تحلیل زمین‌آماری استفاده شده است (ESRI). روش‌های کریجینگ تجزیه و تحلیل زمین‌آماری جهت پهنه‌بندی ارائه می‌دهد. روش‌های آماری کریجینگ فاصله وزن‌دار کریجینگ می‌باشد از هر [illegible] آماری جهت پهنه‌بندی استفاده گردید و نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌های آماری با یکدیگر مقایسه شدند. جهت [illegible] و مقایسه دو روش درون‌یابی کریجینگ فاصله وزن‌دار کریجینگ، از روش‌های آماری خطای میانگین، میانگین مربعات خطا و مقایسه [illegible] خطا [illegible] شده حاصل از زوج مرتب‌های مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر پیش‌بینی شده استفاده گردید. با مقایسه نتایج به‌دست آمده از ارزیابی‌های آماری برای کلیه درون‌یابی‌ها [illegible] کریجینگ از خطای میانگین و جذر میانگین مربعات خطاها کریجینگ نسبت به روش عکس فاصله وزن‌دار [illegible] و مقادیر پیش‌بینی شده در [illegible] کریجینگ به مقادیر واقعی نزدیکتر می‌باشد. بنابراین از لحاظ آماری، روش کریجینگ روش مناسب‌تری جهت درون‌یابی مقادیر می‌باشد. پارامترهای خاک [illegible] ابزار تحلیل‌گر زمین‌آماری و به روش درون‌یابی کریجینگ [illegible] ژرفای از سطح زمین تا ۲ تا ۴ و ۴ تا ۶ متر [illegible] گردید.

بر اساس پهنه‌های حاصله به تشریح وضعیت [illegible] در گستره [illegible] شرایط خاک در [illegible] مختلف پرداخته شد. نتایج حاصل می‌تواند در جهت توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل شهری، [illegible] اجرای پروژه‌های راه، [illegible] همچنین تصمیم در [illegible] مشکلات احتمالی ژئوتکنیک در پروژه‌های [illegible] اساسی ایفا نماید.

۲. گستره‌ی مورد بررسی

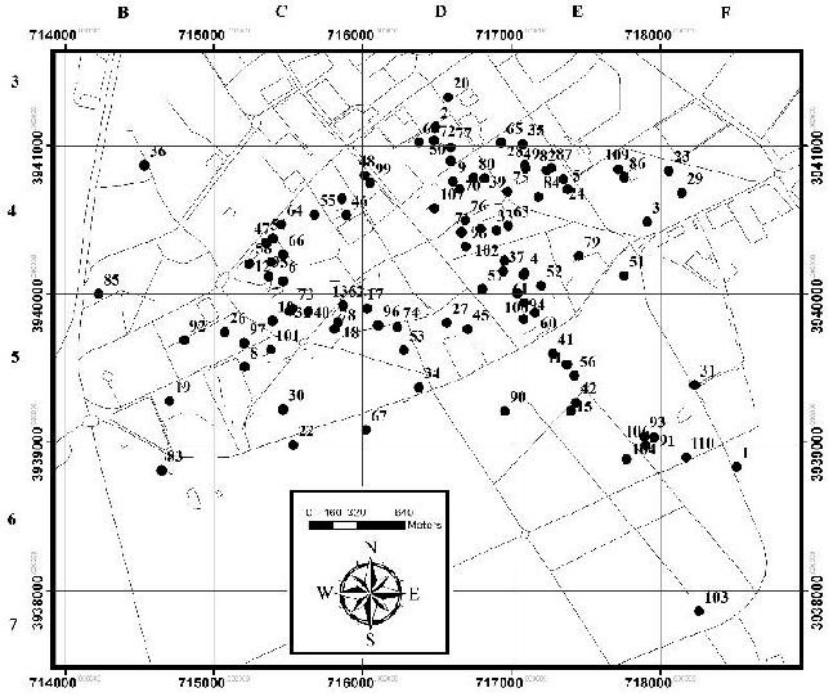
گستره [illegible] این مطالعه، شهر سمنان می‌باشد محدوده مذکور در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی قرار دارد. ارتفاع شهر سمنان از سطح دریا ۱۱۳۲ متر می‌باشد. این منطقه در بیضی‌وار مبنای WGS84 [illegible] مختصات جغرافیایی UTM در قسمت ۳۹ شمالی در محدوده‌ای با طول شرقی ۷۱۳۰۰۰ الی ۷۲۱۰۰۰ و عرض شمالی ۳۹۳۷۰۰۰ الی ۳۹۴۳۰۰۰ قرار گرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

راهنمای پهنه‌بندی خطرات ژئوتکنیک آزمایی (TC4-ISSMGE) طبقه‌بندی که بر پایه اطلاعات گمانه‌ها و داده‌های ژئوتکنیک صورت می‌گیرد، به داده‌های زمین‌شناسی سطحی تأثیر شرایط محل می‌باشد. از آنجایی‌که آزمایش‌های مربوط به گمانه‌ها معمولاً برای اهداف دیگری انجام گرفته و اطلاعات آن‌ها در دسترس می‌باشد این روش طبقه‌بندی در جهت کاهش آثار محلی عملی بوده و در کدهای (نرم‌افزار) برنامه مدل شده است. در پهنه‌بندی یک منطقه خطر ژئوتکنیکی برای هر جزء از یک شبکه ۵۰۰ × ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ × ۱۰۰۰ متر تعیین می‌گردد (TC4، در

این مطالعه، گستره شهر سمنان به پهنه‌های ۱۰۰۰ × ۱۰۰۰ متر تقسیم‌بندی شده و پارامترهای فیزیکی و مکانیک خاک بر اساس نتایج گمانه‌های ژئوتکنیک موجود و اطلاعات مهمترین پارامترهای خاک شامل زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی، دانسیته مشخصات خاک در سه ژرفای از سطح زمین تا ۲، از ۲ تا ۴ و از ۴ تا ۶ متر تحلیل شد. موقعیت گمانه‌های ژئوتکنیک در گستره شهر سمنان در شکل ۱ آمده است. قابل ذکر است که در برخی از نواحی، به‌ویژه برای پروژه‌های مهم ساخت و ساز، اطلاعات ژئوتکنیکی بسیار، نسبت به سایر نواحی وجود دارد.



شکل ۱. جانمایی گمانه‌های ژئوتکنیک در گستره شهر سمنان

۳. مشخصات خاک

با توجه به وسعت زیاد گستره مورد مطالعه، امکان آگاهی از خصوصیات کامل آن وجود ندارد. از این‌رو، مهمترین روش تحلیل داده‌های ژئوتکنیک، مدل‌سازی آماری می‌باشد که به منظور مشخص شدن شرایط

پارامترهای خاک و عدم قطعیت آماری در مورد اطلاعات گمانه‌های ژئوتکنیک (شکل ۱) انجام شده که نتایج حاصل در جدول ۱ ارائه شده است. در این جدول، مشخصات آماری پارامترهای زاویه اصطکاک داخلی (Φ)، چسبندگی (c)، وزن مخصوص (γ) و درصد

www.SID.ir

Archive of SID

...طلاعات (ω) ... خاک ... شامل مقادیر میانگین، ... تغییرات ارائه شده که نشانگر ... اطلاعات کافی از خصوصیات ژئوتکنیک شهر سمنان می‌باشد. ... های آماری داده‌های موجود در هر ... عمق صفر تا ۲ ... ۲ تا ۴ و ۴ تا ۶ ... آمده است (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات آماری پارامترهای ژئوتکنیک در گستره‌ی شهر سمنان

پارامتر		Φ (deg.)			c (kPa)			γ (kg/m³)			ω (%)		
واحد	عمق	میانگین مقادیر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین مقادیر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین مقادیر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین مقادیر	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۴C	۰ – ۲	۳۳/۸	۶/۵۵	۰/۱۹۴	۱/۷۵	۱/۹۲	۱/۱	۲۰۴۸	۰/۰۶۲	۰/۰۳	۳/۰۲	۰/۳	۰/۱
	۲ – ٤	۳۴/۲۳	۲/۴۳	۰/۰۷	۳/۱۲۸	۲/۹۳	۰/۹۴	۲۰۴۰	۰/۲۶	۰/۱۳	۳/۲۲	۰/۳۹	۰/۱۲۲
	۴ – ۶	۳۷/۰۲	۳/۵۹	۰/۱	۴/۵	۱/۸	۰/۴	۲۱۱۴	۰/۰۳۷	۰/۰۱۸	۳/۰۲۸	۰/۴۱	۰/۱۳۴
۴D	۰ – ۲	۳۶/۹۹	۲/۳۲	۰/۰۶۳	۳/۹	۶/۸	۱/۷۴	۱۹۱۷	۰/۲۴	۰/۱۳	۳/۶۸	۰/۹۹	۰/۲۷
	۲ – ٤	۳۴/۸	۰/۷۲	۰/۰۲	۸/۳	۹/۹۴	۱/۲	۱۹۲۰	۰/۱۸	۰/۰۹	۳/۲	۰/۲	۰/۰۶
	۴ – ۶	۳۵/۷۷	۳/۵۱	۰/۱	۱۴/۸	۱۰/۷	۰/۷۲	۱۹۹۰	۰/۱۷	۰/۰۹	٤/۱	۲/۲۳	۰/۵۴
۴E	۰ – ۲	۳۶/۴	۲/۰۳	۰/۰۵۶	۲/۸	۳/۲	۱/۱۴	۲۰۲۰	۰/۱۲۶	۰/۰۶	۳/۳۸	۱/۸۸	۰/۵۶
	۲ – ٤	۳۶/۴۹	۲/۶۸	۰/۰۷	۴	۳/۶۵	۰/۹۱	۲۰۸۰	۰/۷	۰/۳۴	۳/۳۹	۰/۸۷	۰/۲۶
	۴ – ۶	۳۶/۷۳	۲	۰/۰۵۸	۵/۲۵	۴/۳۲	۰/۸۲	۲۰۸۰	۰/۱۳۸	۰/۰۷	۳/۵۴	۰/۷۷	۰/۲۲
۵C	۰ – ۲	۳۵/۶۳	۳/۳۵	۰/۰۹	۱/۱۲۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۲۰۰۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۲/۶۴	۰/۶	۰/۲۳
	۲ – ٤	۳۴/۱۶	۲/۸۷	۰/۰۸	۸/۷۲	۱۶/۳	۱/۸۷	۲۰۵۰	۰/۳۳	۰/۱۶	۳/۱۸	۰/۵۵	۰/۱۷
	۴ – ۶	۳۲/۸۸	۲/۷۲	۰/۰۸	۹	۵/۶	۰/۶۲	۲۰۶۰	۰/۱۱	۰/۰۵	۳/۱۱	۰/۷۹	۰/۲۶
۵D	۰ – ۲	۳۴/۱۳	۳/۹۸	۰/۱۲	٤/۳۳	۳/٤۹	۰/۸	۱۸۵۰	۰/۱۸	۰/۱	۴/۰۱	۱/۵۲	۰/۳۸
	۲ – ٤	۳۳/۷	۳/۵۸	۰/۱۱	۹/۸۳	۱۰/۵٤	۱/۱	۲۰۷۰	۰/۲۲	۰/۱۱	۳/۶۸	۰/۷۶	۰/۲۱
	۴ – ۶	۳۲/٤	۲/۵۵	۰/۰۸	۱۲/۷	۱۱/۹	۰/۹۳	۲۰۳۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۲/۷۳	۰/۸٤	۰/۳۱
۵E	۰ – ۲	۳۶/۴	۷/۵۹	۰/۲۱	۱/۸	۲/۶۳	۱/۴۶	۱۹۳۰	۰/۲۶	۰/۱۳	۳/۷۳	۲/۱۶	۰/۵۸
	۲ – ٤	۳۲/۷۴	۴/۰۴	۰/۱۲۳	۵/۵۷	۲/۳۸	۰/۴۲	۲۰۰۰	۰/۱۲	۰/۰۶	۴/۹۶	۵	۱
	۴ – ۶	۳۱/۹۴	۴/۱۵	۰/۱۳	۱۰/۲	۱۰/۲۸	۱	۱۹۷۰	۰/۲۶	۰/۱۳۲	۳/۹	۲/۰۳	۰/۵۲۲

۴. روش کریجینگ

... درون‌یابی کریجینگ یک روش برآورد ... میان‌آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار و ... فضایی استوار می‌باشد. به‌طوری که می‌توان ... بهترین برآوردکننده خطی نااریب می‌باشد. در روش کریجینگ، مقادیر فضایی تابعی از فاصله شناخته می‌شود (انکرون، ۲۰۰۲). این ... به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Z^*_{(x)} = \sum_{i=0}^{n} w_i z_i \qquad (۱)$$

که $Z^*_{(x)}$ ... آوردی، w_i ... اهمیت کمیت ... به نمونه i‌ام و z_i مقدار متغیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. ... کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند، ... خطی از n ... است.

تخمین‌گر کریجینگ یکی از مهمترین تخمین‌گرهای خطی ... است. زیرا اولاً بدون خطای ... ثانیاً واریانس تخمین آن ... است. لازمه ... شرط اول، صفر بودن ... خطای تخمین می‌باشد (آلفرد و وبستر، ۱۹۹۰). ... تخمین کریجینگ ... مجهول نقاط با مختصات

www.SID.ir

Archive of SID

مطلوب متقابل مدل‌سازی را به حداقل می‌رساند. همچنین با توجه به اینکه تغییرات هنگام درون‌یابی، از ویژگی‌های مدل کریجینگ می‌باشد بدین معنا که مدل‌سازی نمونه‌های تخمین زده شده نسبت به نقاط مشاهداتی برتری دارد (دیویس، ۱۹۸۶). مهم‌ترین قسمت در کریجینگ تعیین وزن‌های آماری w_i می‌باشد که حداقل‌سازی بودن برآوردها، این وزن‌ها باید به‌نحوی تعیین گردند که مجموع آنها یک باشد. برای محاسبه وزن‌ها از معادله ماتریس زیر استفاده می‌شود:

$$\begin{vmatrix} 0 & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) & \dots & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & 0 & \gamma(h_{23}) & \dots & \gamma(h_{2n}) & 1 \\ \gamma(h_{31}) & \gamma(h_{32}) & 0 & \dots & \gamma(h_{3n}) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & \gamma(h_{n3}) & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} w_1 \\ w_1 \\ w_1 \\ \dots \\ w_1 \\ \lambda \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \lambda(h_{p1}) \\ \lambda(h_{p1}) \\ \lambda(h_{p1}) \\ \dots \\ \lambda(h_{pn}) \\ 1 \end{vmatrix} \quad (۲)$$

ماتریس بالا را می‌توان به صورت رابطه زیر نوشت:

$$\sum_i (w_i * \gamma(h_{ik})) + \lambda = \gamma(h_{pi}) \quad (۳)$$

که در این روابط، h_{ik} فاصله بین نقاط ورودی i و k، h_{pi} فاصله بین مقادیر برآورد شده p و مقادیر معلوم i، $\gamma(h_{ik})$ مقادیر شبه‌واریوگرام برای فاصله h_{ik}، $\gamma(h_{ik})$ مقادیر شبه‌واریوگرام برای فاصله h_{pi}، w_1 ضرایب وزن و λ ضریب لاگرانژ (که برای کمینه کردن خطای تخمین استفاده می‌شود) می‌باشد (فاتحی و عزیزی، ۱۳۸۸). در روش کریجینگ برای آورد وزن از انواع واریوگرام‌ها استفاده می‌شود که می‌توان به واریوگرام دایره‌ای، نمایی، گوسی و کروی اشاره نمود. ولی اینکه از کدام یک برای آورد وزن استفاده می‌شود تابعی متذکر شد که ابزار تحلیل‌گر زمین‌آمار مناسب‌ترین واریوگرام که بیشترین همبستگی با مدل مذکور را دارد انتخاب می‌کند.

با استفاده از روش درون‌یابی متقابل در تحلیل‌گر زمین‌آمار به روش کریجینگ پرداخته شد. این روش متقابل به کاربر این امکان را می‌دهد که آیا مدل مورد نظر برای پیش‌بینی نقاط مجهول، قابل قبول است یا خیر. در این روش اعتبارسنجی، ابتدا یکی از نقاط نمونه‌برداری حذف شده و سپس با استفاده از روش میان‌یابی مورد نظر و داده‌های باقی مانده برآورد آماری صورت می‌گیرد. مقدار نقطه حذف شده با استفاده از روش فوق‌الذکر پیش‌بینی می‌شود. در مرحله بعد این نقطه به جای خود بازگردانده می‌شود و نقطه بعدی حذف می‌گردد و به همین ترتیب برای همه‌ی نقاط مجهول آورد صورت می‌گیرد. نتایج در قالب جدول مقادیر مشاهده‌ای و آماری ارائه می‌گردد. هر چه خطای برآورد شده از داده‌ها به خطای یک به یک نزدیک‌تر باشد نشان دقت روش درون‌یابی بیشتر می‌باشد. اعتبارسنجی روش آماری خطایاب نیز جهت اطمینان از مدل کریجینگ، مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش مقابل از پارامترهای آماری خطای میانگین، جذر میانگین مربعات خطا و خطای میانگین استاندارد جهت اعتبارسنجی روش‌های درون‌یابی استفاده گردید (محمدی مطلق، ۱۳۹۱).

۵. نتایج و بحث

۵-۱. نوع مصالح آبرفت

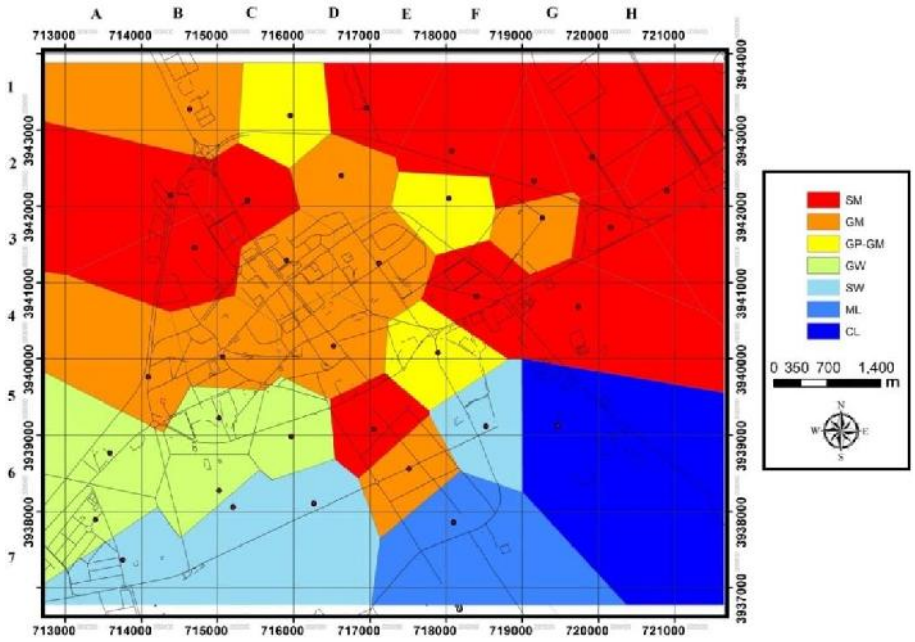
حفاری پهنه‌های مورد مطالعه در شهر سمنان از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شده است. در این روش، ابتدا موقعیت‌های نمونه‌برداری شده با ارزش مشخص یک نقطه نمونه‌برداری شده است. در این روش همسایگان از نقاط همسایه فاصله یکسان و همه نقاط در داخل پلیگون، به نقطه مرکزی آن پلیگون، نسبت به هر نقطه دیگر نزدیک‌تر است. پلیگون‌های تیسن با توجه به برداشت‌های نقطه‌ای به وسیله خطوط عمودی به نزدیک‌ترین همسایه‌شان متصل می‌شوند؛ سپس عمود منصف کشیده شده برای هر ضلع از هر مثلث دیگری که آنرا قطع می‌کند گره

www.SID.ir

Archive of SID

...گرن تیسن را می... در خاتمه، خطوط اوا... بین ...نقاط... داشته می...شود ...تا ...یک ناحیه به پلیگون‌های ...ت... ...ه... ...ه گرن... نقاط نمونه به طور کامل ...ن می‌گردد.

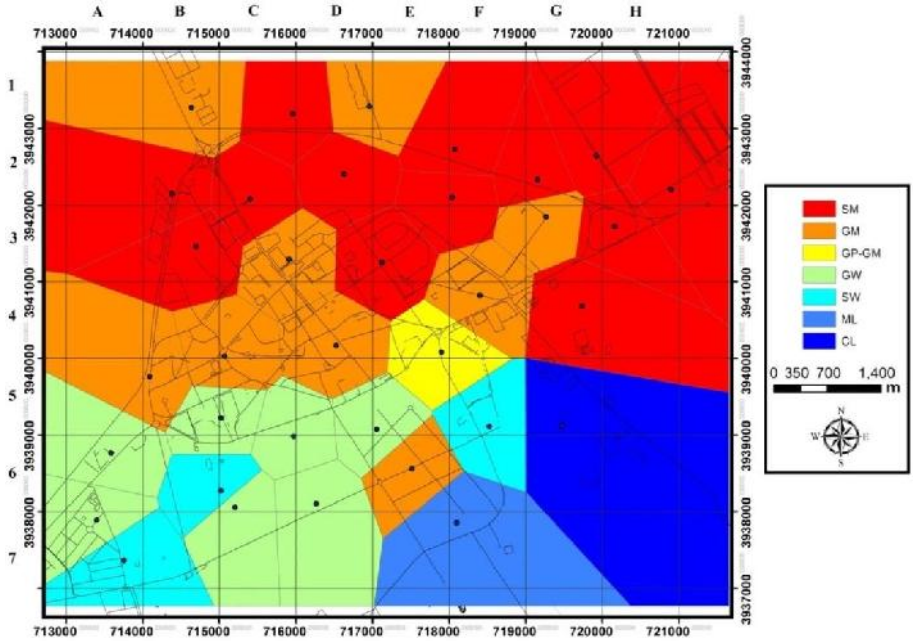
...نتایج پهنه...ه... ...گرن تیسن نشانگر آن ...ست که ...خ... ...ه... از مصالح آبرفت گستره... شهر ...نان تا عمق ۵ ... ...مصالح درشت‌دانه تشکیل داده ...ست (شکل ۲) ...طور که در شکل ۲ ...شاهده می‌شود ...نتایج ...ل... خصوصیات خاک، تنها در ...حی... جنوب شرقی گستره... شهر ...نان مصالح آبرفتی ریزدانه (واحدهای 5G 5H 6G 6H 7E 7F ...) ...حدود... مناطق مرکزی گستره... شهر ...تر از ...ی‌های ...ماسه... مناطق شمال شرقی غالباً ...ماسه‌ای‌های تشکیل شده است. مناطق شمالی از ...ماسه‌ای‌های ... مناطق جنوبی از شن خوب دانه‌بندی شده در نواحی جنوبی ...ماسه خوب دانه‌بندی شده تشکیل شده است. مقایسه... نتایج ...شکل‌های ۲ و ۳ ...نگر آن است که از عمق ۵ تا ۱۰ متر... ...ت... ...ن... در ریزدانه و درشت‌دانه بودن مصالح ...ت به عمق تا ۵ متر (شکل ۲) انجام نشده است. ...قاطی... که در قسمت جنوب غربی، با افزایش عمق، اندازه دانه‌ها تا حدودی بزرگ‌تر شده است، ...ن مشاهده می‌شود که با فاصله گرفتن از ...حی... شمالی محدوده... مورد مطالعه به تدریج از اندازه... کاسته می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳). در ...حی... شرقی ...تا... به دلیل توپوگرافی ناحیه و ...گرن... ...خانه فصلی و حمل و ته‌نشینی ...خانه، بافت خاک ریزدانه و ...نده می‌باشد.



شکل ۲. پهنه‌بندی مصالح آبرفت از سطح تا ژرفای ۵ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. پهنه‌بندی مصالح آبرفت از ژرفای ۵ تا ۱۰ متر

۵-۲. ارزیابی زاویه اصطکاک داخلی خاک

زاویه اصطکاک داخلی یکی از پارامترهای مقاومت برشی خاک می‌باشد. مقادیر این پارامتر از آزمایش‌های مختلف و روابط مختلف اندازه گیری می‌باشد. داده‌های موجود برای خاک‌های مورد مطالعه اغلب از آزمایش برش مستقیم حاصل شده‌اند. نتایج حاصل از آزمایش‌های برش مستقیم روی نمونه‌های حفاری شده در گستره مورد مطالعه برای تعیین زاویه اصطکاک داخلی برای سه عمق از سطح زمین تا ۲ متری، ۲ تا ۴ متری و ۴ تا ۶ متری مورد استفاده و تحلیل قرار گرفت.

برای ژرفای از سطح تا ۲ متری داده‌های ۶۲ گمانه برای پارامتر زاویه اصطکاک داخلی موجود می‌باشند. مقادیر زاویه اصطکاک داخلی مربوط به گمانه‌ی ۹۳ (شکل ۴) برابر ۴۵ درجه کمترین مقدار و مربوط به گمانه شماره ۳۱ (شکل ۴) برابر ۲۰/۳ درجه می‌باشد. بیشترین فراوانی داده‌های زاویه اصطکاک ۳۸ درجه با تعداد ۱۸ آزمایش تعلق دارد. میزان میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر ۳۵ درجه و انحراف معیار داده‌ها برابر ۴/۷۹ می‌باشد. تغییرات زاویه اصطکاک داخلی صفر تا دو متر برابر ۱۴٪ حاصل شده که حاکی از پراکندگی نسبتاً کم داده‌ها نسبت به مقادیر میانگین است. نتایج برآورد Φ با استفاده از روش مونونابه کابه نگر خاک از آن است که مقادیر Φ از شمال به جنوب شرق کاهش می‌یابد (شکل ۴). بیشترین فراوانی مقادیر پیش‌بینی شده Φ مربوط به پهنه مقادیر ۳۳ تا ۳۵ درجه می‌باشد. میانگین سلول‌های پیش‌بینی شده برای پهنه مذکور بر اساس روش کریجینگ برابر ۳۴/۲ درجه و انحراف معیار داده‌ها برابر ۱/۸۹ درجه برآورد است. ضریب تغییرات Φ نیز برابر ۵/۵ درصد می‌باشد که نشان دهنده تمرکز داده‌ها در بازه‌ی کوتاه و پراکندگی کم مقادیر پیش‌بینی شده می‌باشد. لذا مقدار میانگین را می‌توان به عنوان مقدار مناسب جهت معرفی پارامتر Φ در محدوده مطالعاتی قلمداد نمود.

برای ژرفای ۲ تا ۴ متری داده‌های ۸۲ گمانه برای پارامتر زاویه اصطکاک داخلی خاک موجود می‌باشد. بیشترین و کمترین زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب مربوط به گمانه‌های ۷۰ (۴۲ درجه) و ۳۱ (۲۲/۶ درجه)

www.SID.ir

Archive of SID

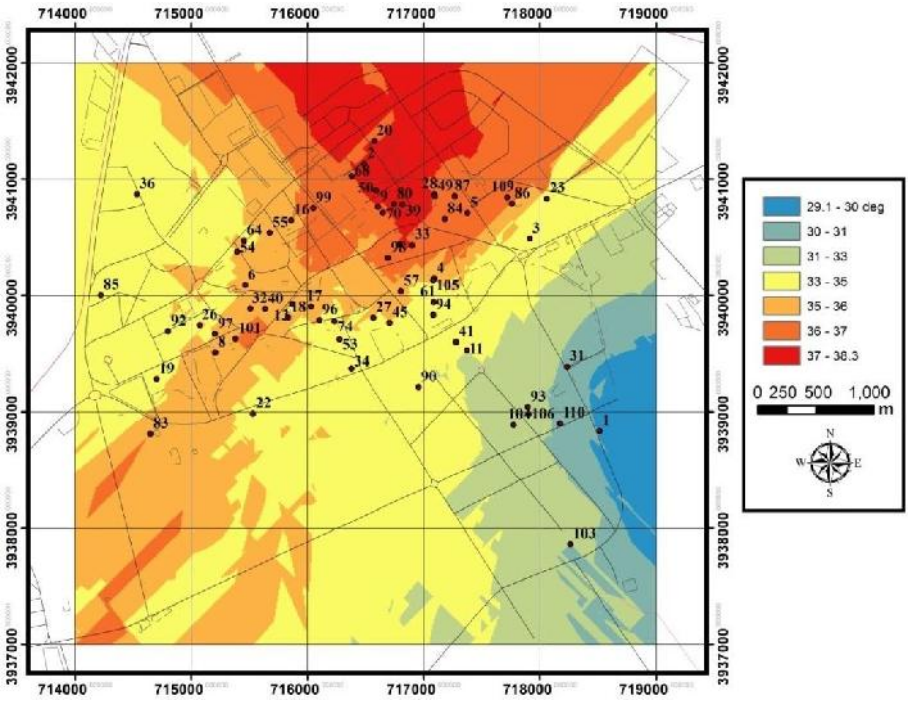
می‌باشد (شکل ۵). میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر ۳۴/۵ درجه و انحراف معیار داده‌ها برابر ۳/۵۹ می‌باشد. ضریب تغییرات زاویه اصطکاک برای عمق ۲ تا ۴ متری برابر ۱۰٪ به‌دست آمده است. نتایج درون‌یابی داده‌های زاویه اصطکاک داخلی نشان می‌دهد که مقادیر Φ از سمت شمال به سمت جنوب و جنوب شرق کاهش می‌یابد (۵). کمترین مقدار Φ در مناطق شرق و جنوب شرقی محدوده اتفاق افتاده است. بیشترین مقادیر پیش‌بینی شده Φ مربوط به بازه ۳۴ تا ۳۵ درجه می‌باشد. میانگین مقادیر سلول‌های پیش‌بینی شده برای پهنه‌های مختلف با روش کریجینگ برابر ۳۴/۲ درجه و انحراف معیار داده‌ها برابر ۲/۰۳ به‌دست آمده است. ضریب تغییرات Φ نیز برابر ۵/۹ درصد می‌باشد که نشان دهنده تمرکز نتایج حول مقدار میانگین و همگنی کم نتایج می‌باشد. این مقدار میانگین را می‌توان به عنوان مقداری مناسب جهت معرفی پارامتر Φ کل گستره شهر سمنان قلمداد نمود.

از عمق ۴ تا ۶ متری، داده‌های ۳۳ گمانه برای زاویه اصطکاک داخلی موجود می‌باشد. بیشترین زاویه اصطکاک داخلی مربوط به گمانه‌های ۵۸ و ۶۶ برابر ۴۲/۳ درجه می‌باشد که زاویه اصطکاک داخلی مربوط به گمانه شماره ۱۱ برابر ۲۴/۷ درجه می‌باشد. ضریب تغییرات زاویه اصطکاک برای عمق ۴ تا ۶ متری برابر ۹/۴ درصد به‌دست آمده است، که حاکی از تمرکز داده‌ها حول مقدار میانگین و همگنی کم آنها می‌باشد. نتایج برآورد Φ به روش درون‌یابی کریجینگ (شکل ۶)، مقادیر Φ مناطق شمال غربی به سمت نواحی جنوب شرقی و جنوب کمترین مقدار Φ و متوسط نواحی جنوب غرب می‌باشد. توزیع فراوانی مقادیر پیش‌بینی شده Φ توسط روش کریجینگ، مربوط به پهنه‌ی ۳۳ تا ۳۴ درجه می‌باشد. میانگین سلول‌های پیش‌بینی شده برای پهنه‌های مختلف با روش کریجینگ برابر ۳۳/۹ درجه و انحراف معیار داده‌ها برابر ۱/۴۶ به‌دست آمده است. ضریب تغییرات Φ نیز برابر ۴/۳ درصد می‌باشد که نشان دهنده تمرکز نتایج حول مقدار میانگین و همگنی کم نتایج می‌باشد. این مقدار میانگین را می‌توان به عنوان مقداری مناسب جهت معرفی پارامتر Φ کل گستره شهر سمنان قلمداد نمود.

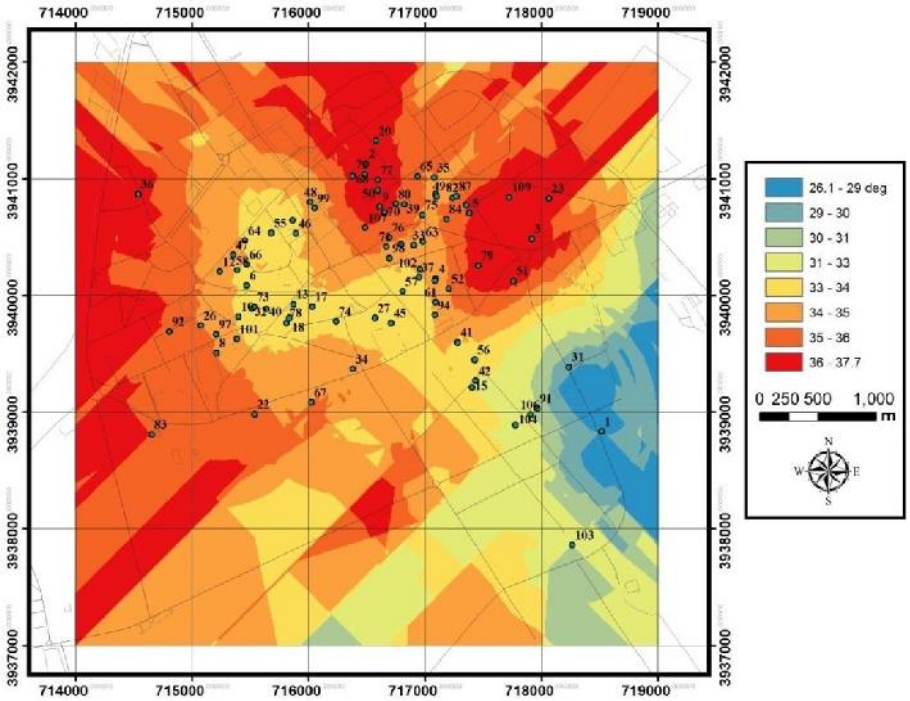
لازم به ذکر است که در درون‌یابی داده‌های کریجینگ، محدوده‌ای که در خارج از نقاط معلوم قرار می‌گیرد با پارامترها مواجه می‌شود با فاصله گرفتن از نقاط معلوم عدم قطعیت افزایش می‌یابد و مقادیر پیش‌بینی شده از خطای بیشتری برخوردار می‌شوند. به صورت پهنه‌های به صورت کشیده شده و شکل‌های قابل مشاهده در مقاله در خارج از محدوده داده‌های معلوم تشکیل می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID



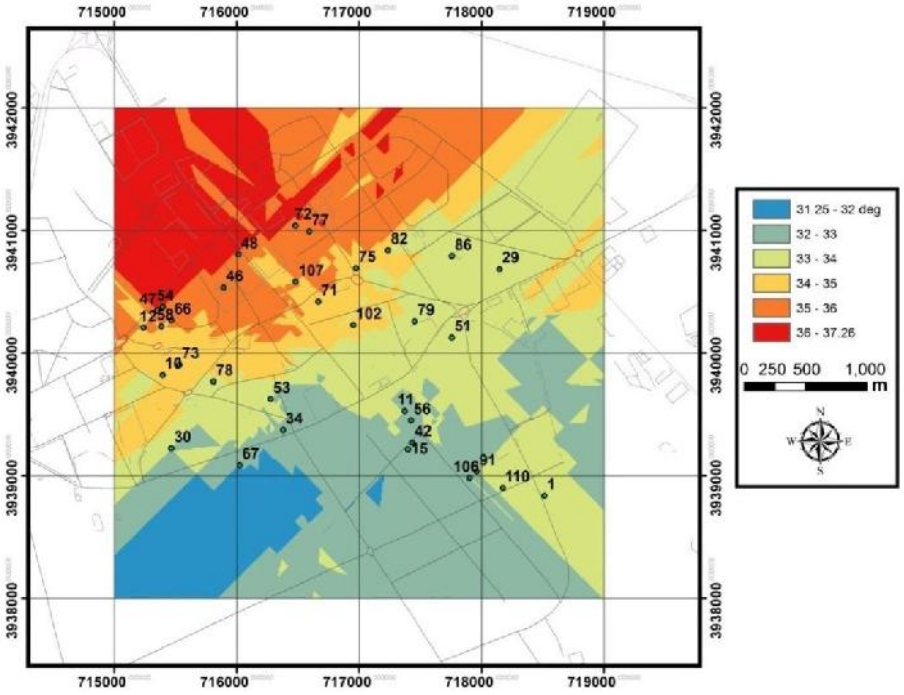
شکل ٤. تغییرات زاویه اصطکاک داخلی از سطح زمین تا ژرفای ۲ متر



شکل ۵. تغییرات زاویه اصطکاک داخلی در ژرفای ۲ تا ٤ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦. تغییرات زاویه اصطکاک داخلی در ژرفای ٤ تا ٦ متر

مقادیر Φ کاهش می‌یابد. در عمق ۴ تا ۶ متر، نواحی جنوب شرقی شهر (اطراف گمانه شماره ۱۰۳) دارای کمترین مقادیر Φ هستند. در این مناطق با افزایش عمق، مقدار Φ تا ۲۴ درجه افزایش می‌یابد. این مقادیر در مقایسه با دیگر مناطق شهر که نوع مصالح درشت‌دانه می‌باشد، مقادیر Φ کم است. در نواحی شمال غربی، با افزایش عمق Φ افزایش می‌یابد. اما در مناطق جنوب غربی، با افزایش عمق، میزان Φ کاهش می‌یابد.

۵-۳. ارزیابی چسبندگی خاک

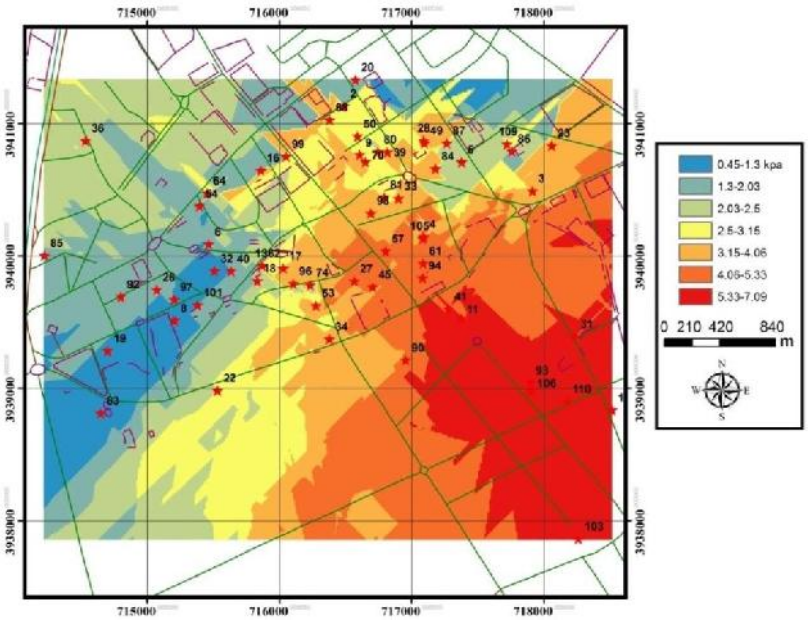
یکی دیگر از پارامترهای مقاومت برشی خاک‌ها می‌باشد که توسط آزمایش‌های برش مستقیم، سه‌محوری یا تک محوری به‌دست می‌آید. داده‌های موجود در این پژوهش صرفاً از نتایج آزمایش برش مستقیم روی نمونه‌های خاکی از گمانه‌های ژئوتکنیک حاصل شده است. پهنه‌بندی مقادیر چسبندگی از سطح تا ژرفای ۲ متر به روش کریجینگ در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به این شکل، میانگین مقادیر پیش‌بینی شده برابر ۳/۳۵ کیلوپاسکال و انحراف

www.SID.ir

Archive of SID

... برابر ۱/۵۹ به... آمده است. بیشترین مقدار ... گی، ۷/۱ ... مقدار برابر ۰/۴۵ به... آمده است. فراوانی مقادیر درون... شده ... ط به پهنه‌ی ۴ تا ۵/۳ ... کال می‌باشد. با توجه به شکل ۷ ... غربی و ... دارای کمترین ... گی و نواحی جنوب شرقی دارای بیشترین ... گی هستند. مناطق مرکزی در پهنه‌ی ۲/۵ تا ۴ ... کال قرار می‌گیرند. به‌طور کلی می‌توان گفت که ... گی از مناطق غربی به مناطق شرقی میزان ... گی مصالح از مقادیر بسیار کم و نزدیک به صفر، افزایش می‌یابد. در مناطق شمالی (ردیف‌های ۳ و ۴) مقادیر ... گی ... ت. تنها اطلاعات دو گمانه‌ی ۷۰ و ۳۶ در ... محدوده نسبتاً بالاست. می‌توان در ... گی ... ک ... مناطق اقدام به حفر مجدد گمانه و نمونه‌برداری ... کرد تا نتایج را با داده‌های موجود مقایسه نمود.

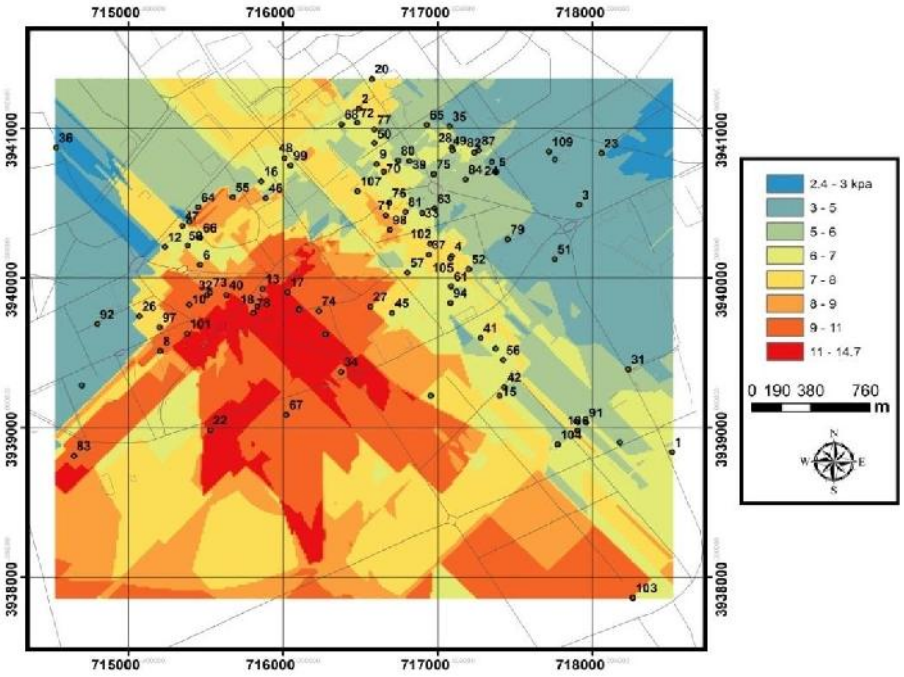
... مقادیر ... گی مصالح در عمق ۲ تا ۴ متر، اطلاعات ۸۲ گمانه موجود می‌باشد. بیشترین مقدار ... گی این بازه برابر ۶۰ kPa ... ط به گمانه ۷۳ ... کسب مقدار برابر صفر می‌باشد. بیشترین ... ای داده‌ها در بازه ۵ kPa تا ۶ ... از آن به بعد صفر تا ۱ kPa ... ان میانگین داده‌ها برابر ۷ kPa ... انحراف معیار برابر ۸/۹۴ می‌باشد. در شکل ۸ ... آمده ... گی مصالح در عمق ۲ تا ۴ متر نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل، ... گین مقادیر پیش‌بینی شده برابر ۶/۲ kPa ... انحراف ... برابر ۲/۶ به... آمده است. بیشترین مقدار ... گی ۱۴/۶ kPa ... کسب مقدار برابر ۰/۶۷ kPa می‌باشد. ... فراوانی مقادیر درون... شده ... گین تقریباً یکسان مقادیر در بازه‌ی ۳ kPa تا ۸ kPa می‌باشد. ... که در شکل ۸ ... ده می‌شود ... شرقی از چسبندگی کمتری ... شمال غربی و مرکزی ... گی از شمال غربی به جنوب شرقی افزایش می‌یابد. مقادیر ... موجود در مصالح افزایش ... در نواحی جنوب شرقی به ... مقدار خود می‌رسد.



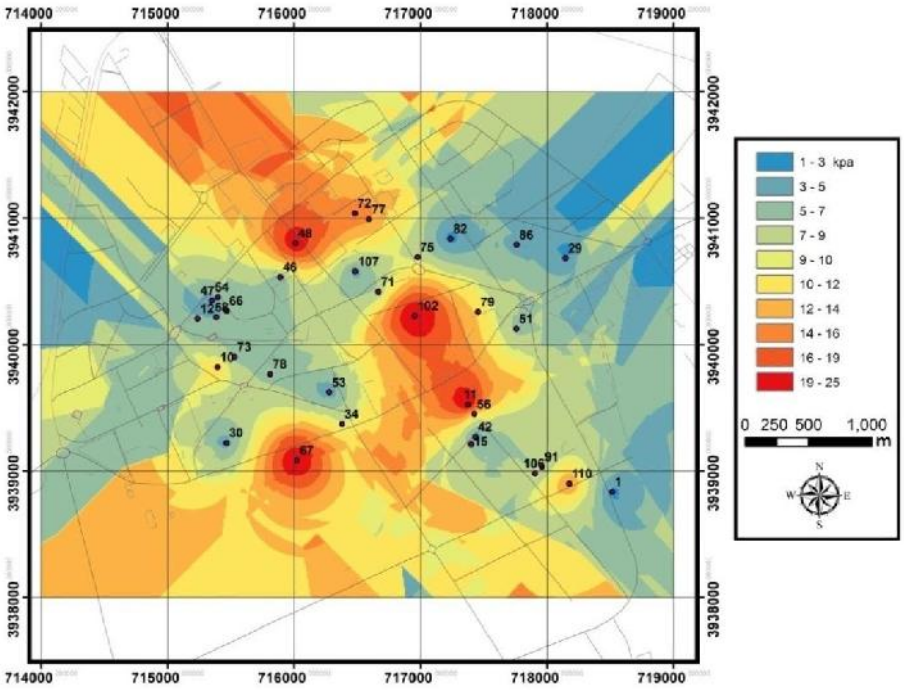
شکل ۷. تغییرات چسبندگی خاک از سطح زمین تا ژرفای ۲ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. تغییرات چسبندگی خاک در ژرفای ۲ تا ٤ متر



شکل ۹. تغییرات چسبندگی خاک در ژرفای ٤ تا ٦ متر

www.SID.ir

Archive of SID

... مقادیر ... گی مصالح در عمق ۴ تا ۶ متر، اطلاعات ۳۳ گمانه موجود می‌باشد. بیشترین مقدار ... گمانه این بازه برابر ۳۰ kPa و کمترین مقدار ... صفر می‌باشد. برخی گمانه‌ها در محدوده یکدیگر ... که مقادیر ... گی بسیار متفاوتی نسبت به ... مانند گمانه‌های ۱ و ۱۰۱ (شکل ۹) یا گمانه‌های ۱۱، ۵۶ و ۴۲ (شکل ۹) که ... بستی در ... آنها تحقیقات تکمیلی صورت پذیرد و ... ستگی‌ها ... گردد. شکل ۹ نتایج ارزیابی ... گمانه به روش درون‌یابی آماری برای عمق ۴ تا ۶ متر را نشان می‌دهد. با توجه به بردار فراوانی و نتایج حاصل از ... ، بیشترین فراوانی متعلق به ... ۷ kPa تا ۹ kPa می‌باشد. مقدار میانگین ... گمانه برای کل پهنه‌بندی در عمق ۴ تا ۶ متر ... ابر ۹/۶ kPa و انحراف معیار برابر ۴ به‌دست آمده ... است. ... که بیشترین چسبندگی برابر ۲۵ kPa و کمترین ... برابر ۱/۶ kPa به‌دست آمده است.

نتایج به‌دست آمده چسبندگی نشانگر آن است که روند ... گمانه در گستره شهر سمنان با افزایش ... تقریباً ثابت می‌باشد. ... شرقی و غربی از ... گمانه کمترین ... به نواحی شمالی و جنوبی ... و بیشترین ... مرکزی هر دو طیف مقادیر زیاد ... گی در مجاورت یکدیگر ... می‌شود که نتیجه‌گیری ... این منطقه را ... می‌نماید توصیه می‌شود ... برآورد میزان ... گمانه ... مرکزی شهر از آزمایش‌های ... استفاده گردد.

۵-٤. ارزیابی دانسیته خاک

شکل ۱۰ نقشه ... در عمق از سطح زمین تا ۲ متر را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده ... گی میانگین مقادیر پیش‌بینی شده برابر ۱/۹۱ t/m^3 و انحراف معیار برابر ۰/۱۲ t/m^3 حاصل ... مقدار دانسیته برابر ۲/۱۹ t/m^3 و ... مقدار برابر ۱/۵۶ t/m^3 می‌باشد. همانطور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود ... شمال و شمال غرب از دانسیته ... نواحی جنوبی و جنوب شرق خوردار می‌باشد. ... مقدار دانسیته از ... غرب و جنوب شرق کاهش می‌یابد.

... تغییرات دانسیته خاک در گستره شهر سمنان ... ای ۲ تا ۴ متر ... شکل ۱۱ ارائه شده است. داده‌های حاصل از ۷۱ گمانه ... رای این تحلیل استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل از ... گمانه میانگین مقادیر پیش‌بینی شده برابر ۲ t/m^3 و انحراف معیار برابر ۰/۱۱ t/m^3 می‌باشد. در ... مقدار دانسیته برابر ۲/۳۷ t/m^3 و ... مقدار برابر ۱/۴ t/m^3 به‌دست آمده است. همانطور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود نواحی شمالی ... نسبت به نواحی مرکزی، ... شرقی برخوردارند.

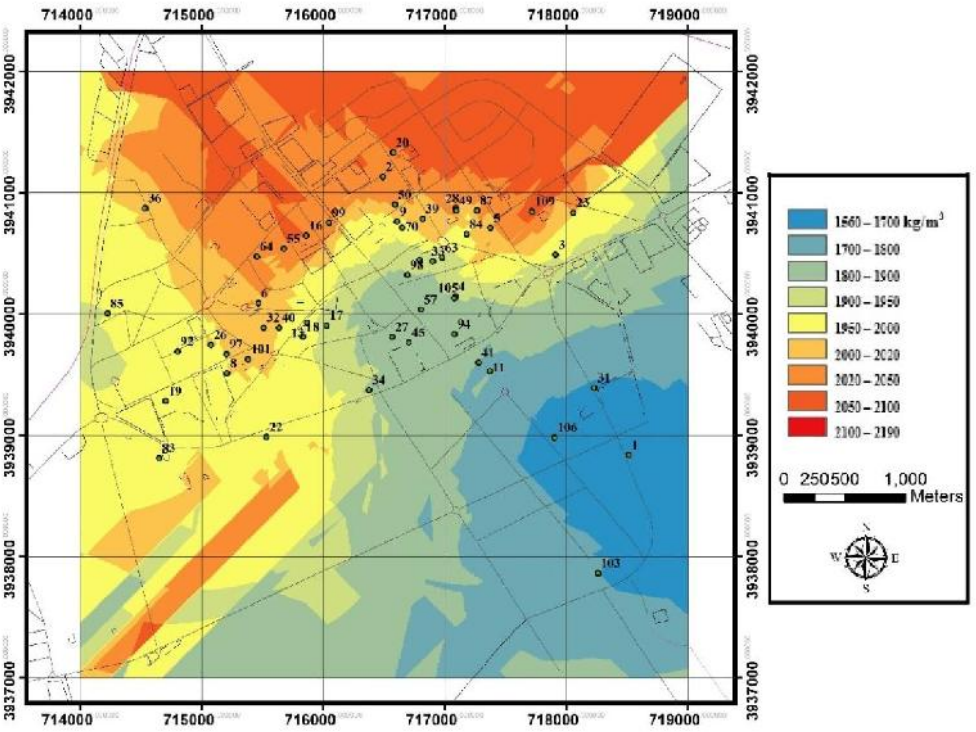
شکل ۱۲ تغییرات ... در ژرفای ۴ تا ۶ متر را نشان می‌دهد. جهت پهنه‌بندی از داده های ۴۴ گمانه حفاری شده در گستره شهر ... استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل از روش کریجینگ (شکل ۱۲) و ... مقادیر پیش‌بینی شده برابر ۲ t/m^3 و انحراف معیار برابر ۰/۰۵ t/m^3 می‌باشد. بیشترین مقدار دانسیته برابر ۲/۳۲ t/m^3 و ... مقدار برابر ۱/۸۳ t/m^3 می‌باشد. با توجه به شکل ۱۲، ... شمالی شهر ... نسبت به نواحی مرکزی ... خوردار است.

به‌طور کلی نتایج پهنه‌بندی دانسیته خاک در گستره شهر ... خاک آن است که مقدار دانسیته با افزایش ... برای کل گستره ... مطالعه افزایش می‌یابد. پهنه‌های ... و جنوب غربی از ... نسبت به نواحی دیگر برخوردارند. زون

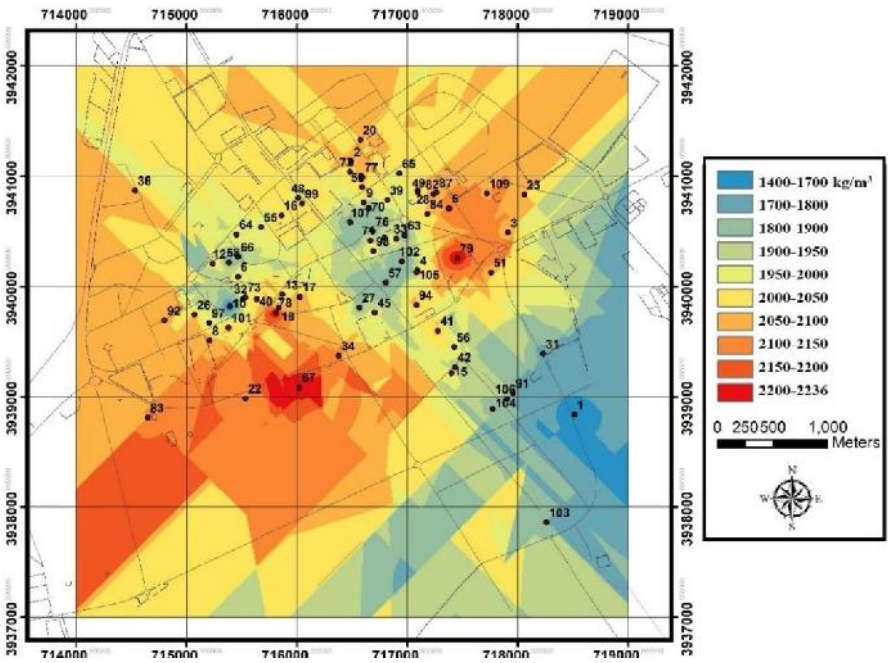
www.SID.ir

Archive of SID

شمال غربی- مرکز- جنوب شرقی به علت واقع شدن [illegible] نسبت به [illegible] از [illegible] برخوار است. به دلیل [illegible] در شمال شرقی سمنان، به نظر می‌رسد که [illegible] نواحی شمال شرقی مناسب‌تر باشد.



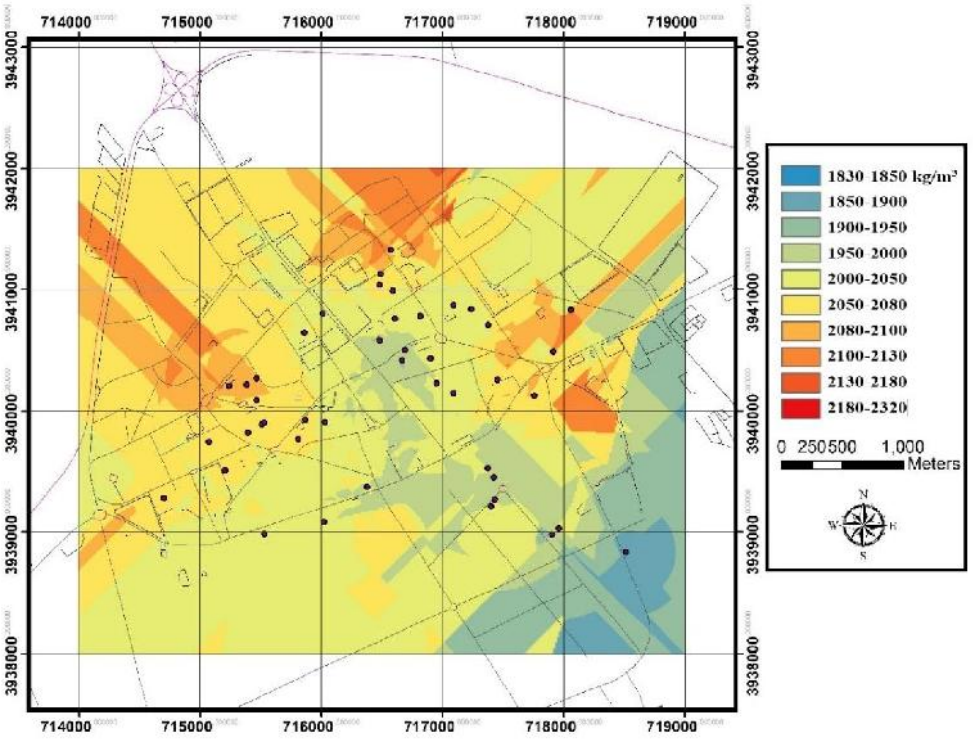
شکل ۱۰. تغییرات دانسیته خاک در ژرفای ۰ تا ۲ متر



شکل ۱۱. تغییرات دانسیته خاک در ژرفای ۲ تا ٤ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۲. تغییرات دانسیته خاک در ژرفای ٤ تا ٦ متر

۵-۵. ارزیابی درصد رطوبت خاک

اطلاعات ۶۰ گمانه ژئوتکنیک برای پیش‌بینی درصد رطوبت مصالح از سطح تا عمق ۲ متری موجود می‌باشد. مقادیر رطوبت مربوط به گمانه‌ی ۱۰۳ برابر ۱۷٪ می‌باشد که گمانه جنوبی‌ترین گمانه‌ای است که اطلاعات آن در اختیار است (شکل ۱۳). کمترین درصد رطوبت نیز مربوط به گمانه شماره ۱۸ با رطوبت ۱/۵ درصد می‌باشد. عملیات آماری روی داده‌های گمانه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی داده‌ها به مقدار ۲/۸ درصد تعلق دارد.

بازه‌ی صفر تا ۲ درصد تغییرات پارامتر درصد رطوبت برابر ۷۱٪ به‌دست آمده است که مقدار بالایی است و نشانگر پراکندگی داده‌ها می‌باشد. بر اساس هیستوگرام مقادیر پیش‌بینی شده بر اساس درون‌یابی کریجینگ بیشترین فراوانی متعلق به محدوده‌ی ۲/۵ الی ۳/۵ درصد می‌باشد. تغییرات درصد رطوبت، شمال غربی–جنوب شرقی است. ناحیه غرب و شمال غربی دارای کمترین میزان رطوبت و ناحیه جنوب شرقی دارای بیشترین میزان رطوبت می‌باشد (شکل ۱۳).

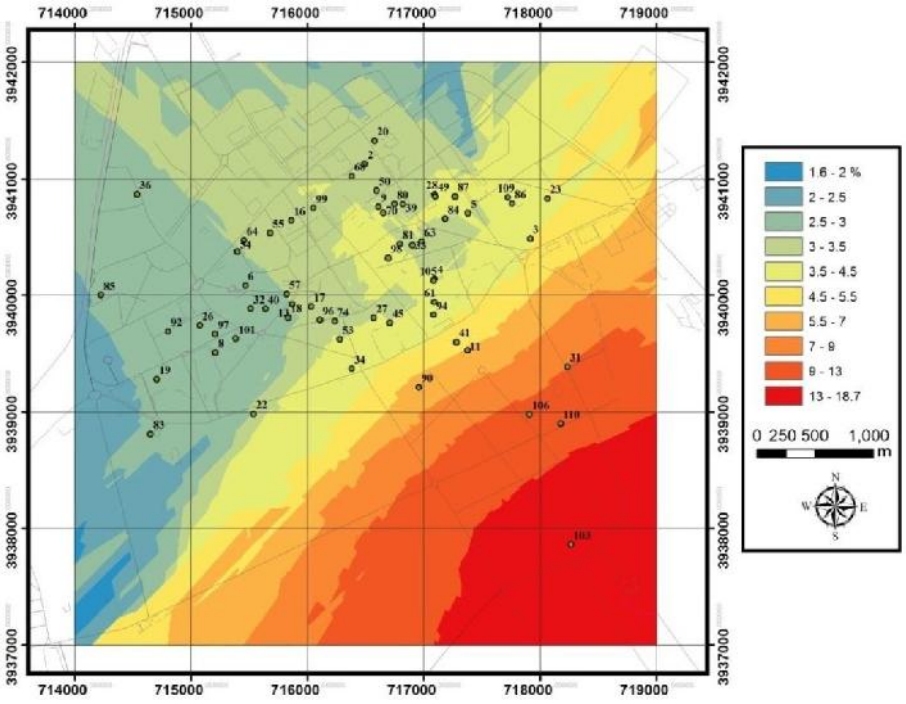
اطلاعات ۸۲ گمانه ژئوتکنیک برای پیش‌بینی درصد رطوبت مصالح از عمق ۲ تا ۴ متری موجود می‌باشد. مقادیر رطوبت مربوط به گمانه‌ی ۹۱ برابر ۱۷/۱ درصد و کمترین درصد رطوبت نیز مربوط به گمانه شماره ۷۶ با رطوبت ۱/۴ درصد می‌باشد. میانگین مقادیر سلول‌های پیش‌بینی شده برابر ۵٪ و انحراف معیار حاصل از مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده برابر ۲/۸ درصد به‌دست آمده است. با توجه به نقشه درون‌یابی به روش کریجینگ درصد رطوبت از غرب به شرق و از جنوب شرقی افزایش می‌یابد (شکل ۱۴). ناحیه غرب و شمال غربی دارای کمترین میزان رطوبت و ناحیه جنوب شرقی دارای بیشترین میزان

www.SID.ir

Archive of SID

...طلاعات می‌باشند.

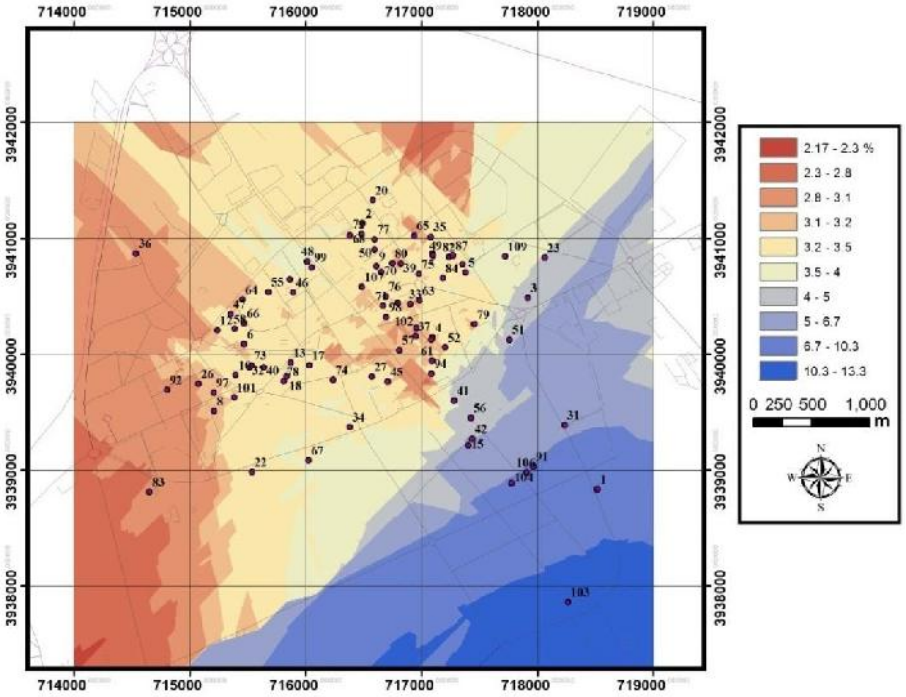
اطلاعات ۵۳ گمانه ژئوتکنیک برای پیش... درصد ...طوبت ...مالح از عمق ۴ تا ۶ ...ی، ...حدود می‌باشد. ...ا ...ات درصد رطوبت در ...فای ٤ تا ٦ متر ...ب غربی گستره ... مطالعه کمترین ...ا ... رطوبت را دارا می‌باشد (شکل ۱۵). ...طوبت ... مربوط به نواحی جنوب ... حداکثر برابر ۶/۵ ... می‌باشد و نواحی ... مرکزی شهر ... مناطق در پهنه‌ی ۳/۳ تا ۴ ... قرار دارند. ... غرب و شمال غرب میزان ... رطوبت کاهش می‌یابد. ... است که در منطقه‌ای ... مرکز شهر که داده‌های ... گمانه‌ی ۷۱، ۷۶ و ۱۰۷ ... قرار دارند، پهنه‌ای ... که نسبت ... اطراف خود از درصد رطوبت بالاتری ... که این خود نیازمند بررسی‌های میدانی ... می‌باشد.



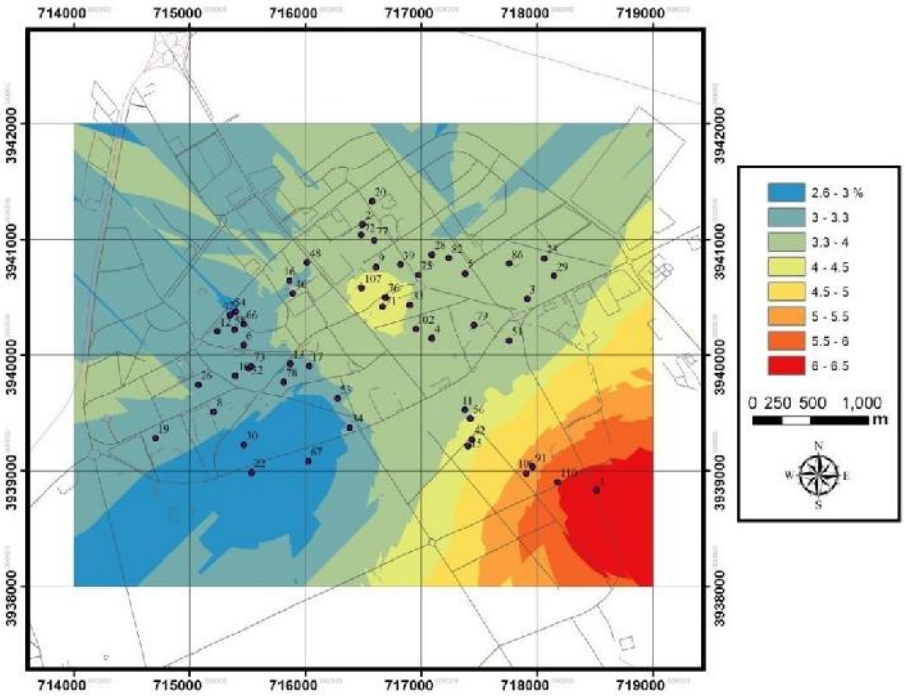
شکل ۱۳. تغییرات درصد رطوبت خاک از سطح تا ژرفای ۲ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ١٤. تغییرات درصد رطوبت خاک در ژرفای ٢ تا ٤ متر



شکل ١٥. تغییرات درصد رطوبت خاک در ژرفای ٤ تا ٦ متر

منطقه از نظر درصد رطوبت در اعماق سطح تا ٢ متر، ٢ تا ٤ متر و ٤ تا ٦ متر به گونه‌ای است که بیشترین درصد رطوبت به نواحی جنوب شرقی که نوع

مصالح بستر بیشتر ریزدانه می‌باشد تعلق دارد. با افزایش اندازه‌ی دانه‌های خاک در نواحی مرکزی و شمالی میزان درصد رطوبت کاهش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶. نتیجه‌گیری

[illegible] ور ایجاد بانک اطلاعات ژئوتکنیک، تعیین ویژگی‌ها [illegible] آزمایشگاه و ارزیابی مهم‌ترین پارامترهای ژئوتکنیکی شهر سمنان، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات وسیع ژئوتکنیک از گمانه‌های حفاری شده در سطح شهر گردید. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی، از مهمترین پارامترهای ژئوتکنیکی شامل [illegible] طکاک داخلی، چسبندگی، [illegible] مقاومت برشی خاک، با استفاده از به‌روزترین [illegible] اطلاعاتی، به ارزیابی خصوصیات خاک در گستره شهر [illegible] داخته شد. ارزیابی [illegible] های خاک در سه عمق صفر تا ۲، ۲ تا ۴ و ۴ تا ۶ متر به روش کریجینگ انجام گرفت.

[illegible] زاویه اصطکاک خاک (Φ) نشان می‌دهد که مقادیر در سه عمق مورد [illegible] بین ۳۴ تا ۳۵ درجه می‌باشد. در عمق از سطح [illegible] تا ۲ متر [illegible] طکاک بیشتر از اعماق زیرین می‌باشد. [illegible] بررسی، نواحی جنوب [illegible] کمترین مقادیر Φ [illegible] در این [illegible] افزایش عمق مقدار Φ تا ۲۴ درجه افزایش یافته [illegible] مناطق شهر که نوع مصالح [illegible] می‌باشد مقادیر Φ [illegible] خوردار است. [illegible] خی، با افزایش عمق، Φ افزایش و در [illegible] افزایش عمق میزان Φ [illegible] می‌باشد. نتایج پهنه‌بندی [illegible] دانسیته خاک در گستره [illegible] نشان [illegible] آن است که در کل گستره مورد مطالعه مقدار دانسیته با افزایش عمق افزایش می‌یابد. پهنه‌های شمالی شرقی از دانسیته بالاتر نسبت به [illegible] خوردار است. از این رو به نظر می‌رسد که گستره‌های نواحی شمال شرقی مناسب‌تر باشد. نتایج آزمون چسبندگی نشان می‌دهد که روند [illegible] گستره شهر سمنان با افزایش عمق تقریباً ثابت می‌باشد. [illegible] شرقی و غربی از [illegible] نواحی شمالی و جنوبی [illegible] هر دو طیف مقادیر کم و [illegible] مجاورت یکدیگر مشاهده می‌شود که نتیجه‌گیری [illegible] منطقه را مشکل می‌نماید. توصیه می‌شود [illegible] برآورد میزان چسبندگی [illegible] شهر از آزمایش‌های [illegible] استفاده گردد.

[illegible] مصالح درشت‌دانه [illegible] رایط آب و [illegible] خاک منطقه سمنان، درصد رطوبت خاک مقادیر [illegible] مناطق غربی دارای کمترین درصد [illegible] و در پهنه‌ی ۱/۲ تا ۳/۵ درصد قرار دارند. [illegible] کمتر از ۴٪ [illegible] رطوبت نیز مربوط به گمانه‌ی ۱۰۳ با رطوبت ۱۷/۲ درصد می‌باشد. قابل ذکر [illegible] که در محل گمانه‌های شماره‌ی ۷۱، ۷۲، ۷۶ و ۸۶ [illegible] رطوبت از ۶ تا ۱۰ درصد افزایش یافته که [illegible] خشک کامل با گمانه‌های اطراف خود می‌باشند. [illegible] مطالعات میدانی دقیق‌تر در منطقه [illegible] نتایج مطالعات جهت تکمیل [illegible] کنونی به‌کار گرفته شود. قابل ذکر است که [illegible] آب زیرزمینی در هیچ‌یک از گمانه‌های ژئوتکنیک [illegible] امر حاکی از آن است که سطح آب زیرزمینی در لایه‌های عمیق‌تر قرار دارد.

[illegible] بخش قدیمی و جدید تقسیم‌بندی [illegible] شده است. در قسمت‌های شمال شهر، به [illegible] ساخت [illegible] دنبال آن مطالعات ژئوتکنیک [illegible] نسبت به شرایط خاک [illegible] محققین داده است. در نواحی جنوبی که [illegible] نواحی شمالی از لحاظ ژئوتکنیک از شرایط نامناسب‌تر [illegible] با توجه به بافت قدیمی، مطالعاتی [illegible] صورت گرفته که بایستی نسبت به انجام مطالعات زمین‌شناسی [illegible] و ژئوتکنیک در [illegible] نواحی شمالی و شمال شرقی

www.SID.ir

Archive of SID

[illegible] از شرایط مناسب[illegible] برای توسعه [illegible] برخوردارند. از این[illegible] تا در برنامه-ریزی‌های [illegible] همچنین توسعه[illegible] ساخته‌ها، [illegible] ژئوتکنیکی [illegible] مختلف شهر نیز به عنوان یکی از فاکتورهای اساسی لحاظ گردد.

۷. سپاس‌گذاری

[illegible] همکاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و آزمایشگاه [illegible] نتایج مطالعات ژئوتکنیک شهر [illegible] ژئوتکنیک و قدردانی می‌شود.

۸. مراجع

[illegible] ح. و عزیزی، ق. ۱۳۸۸ "[illegible] میان دقت روش‌های درون‌یابی [illegible] مطالعه موردی: الگوسازی بارندگی حوزه [illegible]". پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۸: ۱-۱۵.

[illegible] مطلق، ر. ۱۳۹۱ "آموزش کاربردی ArcGIS 10". انتشارات پرستو.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۳۹۲ "مطالعات ژئوتکنیک".

Al-Ani, H., Oh, E., Chai, G. and Nader, B. 2014. "GIS-interpolated geotechnical zonation maps in Surfers Paradise, Australia". The 6th International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services, Barcelona, Spain.

Anderson, S. 2002. "An evaluation of spatial interpolation methods on air temperature in Phoenix, AZ". Department of Geography, Arizona State University.

Davis, J. C. and Sampson, R. J. 1986. "Statistics and Data Analysis in Geology". Wiley, New York.

Elkholy, M. A., El Fakharany, M. A. and Youssef, S. 2005. "The development of a geotechnical zonation map of the Nile Delta". The 5th International Conference on Geotechnical Engineering, Cairo University, Egypt.

ESRI. "ArcGIS 10.2 Software". 1985-2013.

Kockar, M. K. and Akgun, H. 2008. "Development of a geotechnical and geophysical database for seismic zonation of the Ankara Basin, Turkey". Environ. Geol., 55(1): 165-176.

LeBrun, B., Duval, A. M., Bard, P. Y., Monge, O., Bour, M., Vidal, S. and Fabriol, H. 2004. "Seismic microzonation: A comparison between geotechnical and seismological approaches in Pointe-a-Pitre (French West Indies)". Bull. Earthq. Eng., 2(1): 27-50.

Oliver, M. A. and Webster, R. 1990. "Kriging: A method of interpolation for geographical information system". Int. J. Geog. Inf. Sys., 4(3): 313-332.

Orhan, A. and Tosun, H. 2010. "Visualization of geotechnical data by means of geographic information system: A case study in Eskisehir city (NW Turkey)". Environ. Earth Sci., 61(3): 455-465.

Pavlovic, N. 2006. "Geotechnical zonation–principles, criteria and procedure". Tunn. Undergr. Sp. Tech., 21(3): 228.

Solberg, I. L., Hansen, L., Ronning, J. S., Haugen, E. D., Dalsegg, E. and Tonnesen, J. F. 2012. "Combined geophysical and geotechnical approach to ground investigations and hazard zonation of a quick clay area, mid Norway". Bull. Eng. Geol. Environ., 71(1): 119-133.

TC4-ISSMGE. 1999. "Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazard". The Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering (TC4), Inernational Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) 209.

www.SID.ir