



ایجاد بانک اطلاعات ژئوتکنیکی شهر مشهد با استفاده از نرم افزار اکسس (Microsoft Access)

غلامرضا لشکری پور^۱، محمد غفوری^۲، سیده لیلا طالبیان^{۳*}

۱- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

Email: leyla_talebiyan@yahoo.com

چکیده

در سال های اخیر توسعه کاربرد فناوری اطلاعات و بانک اطلاعات در بسیاری از زمینه ها از جمله ایجاد بانک های اطلاعاتی ژئوتکنیکی شهرها گسترش یافته است. شناسایی دقیق مشخصات خاک یکی از مهمترین امور در طراحی و اجرای پروژه های شهری می باشد. دسترسی سریع به اطلاعات مفید خاک سبب کاهش هزینه و زمان انجام پروژه ها می شود. گزارشات مختلفی از حفاری و گمانه زنی در نقاط مختلف شهر مشهد موجود است. اطلاعات بیش از ۷۰۰ گمانه حفاری شده در سطح شهر در این تحقیق جمع آوری شده است. لذا ایجاد یک سیستم بانک اطلاعات ژئوتکنیکی برای شهر جهت حفظ و نگهداری اطلاعات گمانه ها و نیز مدیریت و تفسیر اطلاعات خاک کمک شایانی در دستیابی مهندسی به اطلاعات مهم خاک می نماید. در این تحقیق بانک اطلاعات ژئوتکنیکی مشهد با استفاده از نرم افزار اکسس (Microsoft Access) تهیه گردید. از مزایای این بانک اطلاعات می توان به گسترش پذیری، ارائه نقشه های مختلف از شهر و مدل های سه بعدی از خاک منطقه، جستجوی اطلاعات در مناطق مختلف و همچنین پیش بینی پارامترهای خاک در مناطق فاقد اطلاعات اشاره نمود.

واژگان کلیدی: بانک اطلاعات، ژئوتکنیک، نرم افزار اکسس، مشهد

مقدمه

امروزه توسعه کاربرد فناوری اطلاعات و بانک اطلاعات در بسیاری از زمینه ها گسترش یافته است. این فناوری ابزار مناسب و موثری جهت مدیریت و تفسیر داده ها و اطلاعات پیچیده فراهم می نماید. در مهندسی ژئوتکنیک اطلاعاتی نظیر خصوصیات فیزیکی، مهندسی و شیمیایی خاک اهمیت زیادی داشته و دسترسی به چنین اطلاعاتی به صورت سریع و ساده همواره مورد توجه مهندسان و تصمیم گیران می باشد. با استفاده از اطلاعات مفید و دقیق از خاک، مهندسان قادر خواهند بود تصمیمات مناسب و صحیحی اتخاذ کرده و طرح های موثری ارائه دهند (Suwanwattana et al. 2001). در مناطق مختلف، طبیعت خاک بسیار متفاوت و پیچیده بوده و لذا بررسی دقیق خصوصیات خاکها در پروژه های عمرانی حایز اهمیت می باشد. علاوه بر این، تفسیر اطلاعات فرآیند مهمی جهت دستیابی به اطلاعات خاک های زیرسطحی است.

امروزه افزایش جمعیت شهری و به دنبال آن گسترش شهرها باعث افزایش پروژه های مختلف عمرانی شده است. شهر مشهد نیز از این امر مستثنی نبوده و به علت افزایش جمعیت و وجود جاذبه های زیارتی و توریستی، فعالیت های عمرانی در آن از افزایش چشمگیری برخوردار بوده است. گزارشات مختلفی از حفاری و گمانه زنی در نقاط مختلف شهر در دسترس می باشد به طوری که تا به امروز بیش از ۷۰۰ گمانه در سطح شهر مشهد حفاری شده است. اطلاعات این گمانه ها می تواند برای دیگر کارهای ژئوتکنیکی مورد استفاده قرار گرفته و سبب صرفه جویی در هزینه های حفاری شود. بدین منظور حفظ و نگهداری این اطلاعات ارزشمند حایز اهمیت می باشد. در این راستا ایجاد یک بانک اطلاعاتی مفید بوده و می تواند کمک

شایانی به مهندسين نمايد. هدف از اين مطالعه ايجاد يك سيستم بانک اطلاعات ژئوتکنيکی برای خاک‌های سطح شهر مشهد با استفاده از اطلاعات در دسترس جهت حفظ، نگهداری، مدیریت و تفسیر اطلاعات خاک است.

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر بانک‌های اطلاعات ژئوتکنيکی زیادی برای شهرهای مختلف در دنیا تهیه شده است. به عنوان مثال برای شهر هلسینکی (Helsinki)، فنلاند، بانک اطلاعات جامعی شامل اطلاعات گمانه‌ها، لایه‌های خاک و آزمون‌های آزمایشگاهی تهیه شده است (Vahaaho et al., 2003).

بانک اطلاعات ژئوتکنيکی شهر بانکوک (Bangkok)، تایلند، اطلاعات مربوط به ۲۰۰۰۰ گمانه را نگهداری می‌کند. این سیستم علاوه بر نگهداری اطلاعات، توانایی ايجاد مدل سه‌بعدی از خاک را نیز دارد (Suwanwattana et al. 2001). بانک اطلاعات ژئوتکنيکی شهر مایاگاز (Mayaguez)، پورتوریکو، شامل اطلاعات جمع‌آوری شده از شرکت‌های محلی، گزارشات و مقالات تحقیقاتی و موسسات دولتی بوده و متشکل از لایه‌های گرافیکی در محیط آرک مپ (ArcMap) می‌باشد. همچنین نتایج آزمایشات ژئوفیزیکی چون لرزه‌ای انکساری صحرایی و آنالیز انکسار میکروترومور را نیز در خود جای داده است (Lago Cintron, 2007).

سیستم اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی جهت بازسازی مناطق شهری باندآسه (Banda Aceh)، در غرب سوماترا که در زلزله و سونامی ۲۰۰۴ تخریب شده بود، طراحی شده است. این بانک اطلاعاتی با استفاده از نرم‌افزار ArcView GIS تهیه شده و ساختاری قابل گسترش و باز دارد. همچنین مجهز به امکاناتی جهت اتصال به دیگر اجزاء نرم‌افزار جهت مدل‌سازی زیرسطحی می‌باشد (Gunther et al., 2007).

در بسیاری از ایالات آمریکا چون آلاباما (Alabama)، فلوریدا (Florida)، کالیفرنیا (California)، ویرجینیا (Virginia)، مینسوتا (Minnesota) و میسوری (Missouri) نیز بانک‌های اطلاعاتی مختلفی با ساختارهای متفاوت ايجاد شده است (Swift et al., 2001, Yngli Gao et al., 2002, McVay et al., 2005, Graettinger et al., 2003, May et al., 1999 and Luna et al., 2001).

برای تهران نیز به منظور دستیابی به اهداف مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنيکی نهشته‌های کواترنری و شناخت ویژگی‌های آن یک بانک اطلاعات ژئوتکنيکی تهیه شده است (ملکی، ۱۳۸۱).

تاکنون چنین کاری برای شهر مشهد انجام نگرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت این شهر به عنوان دومین کلان شهر کشور و همچنین توسعه سریع این شهر ايجاد بانک اطلاعات ژئوتکنيکی با استفاده از اطلاعات گمانه‌های حفاری شده موجود در سطح شهر ضروری به نظر می‌رسد.

زمین شناسی

شهر مشهد در استان خراسان رضوی و در دشت مشهد واقع شده است. دشت مشهد با مختصات طول جغرافیایی ۲۰° ۵۸' تا ۰۸° ۶۰' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵° ۴۰' تا ۳۷° ۰۵' شمالی جزء حوضه آبریز کشف‌رود و قسمتی از حوضه قره‌قوم محسوب می‌گردد.

از دیدگاه زمین‌شناسی، این دشت فرونشست تکتونیکی فشاری بوده که در بخش شمال‌غربی آن کوه‌های کپه‌داغ و از بخش جنوب‌شرقی آن کوه‌های بینالود بر روی آن رانده شده است. رسوبات دشت مشهد را نهشته‌های آبرفتی، مانند رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، تراس‌های قدیمی و رسوبات آبرفتی جدید و رسوبات دریاچه‌ای آب شیرین که در پهنه وسیعی دیده می‌شود،



شامل می‌گردد. علاوه بر این از سنگهای ولکانیکی، مانند واریزه‌های بازالتی، گرانیتی و آندزیتی که آنها نیز از تخریب ارتفاعات جنوب غربی منطقه (بینالود) می‌باشد نیز تشکیل شده که حاصل انباشته شدن این رسوبات، به‌وجود آمدن آبرفت‌های دشت مشهد می‌باشد (لشکری پور و همکاران، ۱۳۸۶).

نهشته‌های آبرفتی جوان دشت مشهد حاصل فعالیت رودخانه کشف‌رود و سیلاب‌های فصلی رودخانه‌هایی نظیر رادکان، کارده و... از کوه‌های بینالود می‌باشد که بیشترین ضخامت آنها حدود ۲۵۰ متر است. این نهشته‌ها از قدیم به جدید عبارتند از (Alavi, 1991):

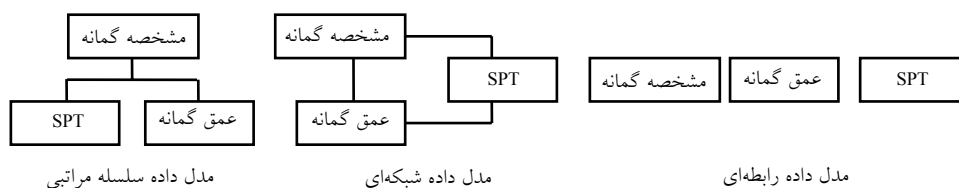
- سازند آبرفتی هزاردره
- آبرفت‌های جوان دشت مشهد
- آبرفت‌های عهد حاضر یا هولوسن

از دیدگاه خاک‌شناسی به‌طور کلی در دشت مشهد از جنوب و جنوب‌غرب به طرف شمال‌شرق آن بافت خاک دانه ریزتر و قلیائیت آن زیادتر می‌گردد (یوسفی، ۱۳۸۳).

بانک اطلاعات

برای ایجاد یک بانک اطلاعات ابتدا باید اهداف اولیه بانک اطلاعات تعیین شود، سپس طراحی و مدیریت داده‌ها صورت گیرد. بانک اطلاعات یا پایگاه داده مجموعه‌ای سازمان یافته از اطلاعات است. در یک پایگاه داده مجموعه‌ای از رکوردها در رایانه با روشی سیستماتیک و اصولی مثل یک برنامه رایانه‌ای ذخیره شده و می‌تواند توسط کاربر بازیابی شوند. برنامه‌های رایانه‌ای که ذخیره‌سازی و بازیابی داده‌های سازمان یافته را در پایگاه داده کنترل می‌کنند، سیستم‌های مدیریت بانک اطلاعات (Data Base Managment System) یا به اختصار DBMS نام دارند. این سیستم کنترل امنیت و صحت پایگاه داده‌ها را نیز بر عهده دارد (www.cs.wisc.edu/~dbbook).

طراحی پایگاه داده‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری درباره نحوه سازماندهی این داده‌ها در انواع ردیف‌ها (Records) و برقراری ارتباط بین ردیف‌ها است. سیستم مدیریت پایگاه داده‌ها می‌تواند ساختار داده‌ها و ارتباط آنها را در یک سازمان بطور اثربخش نشان دهد (www.en.wikipedia.org/w/index.php?title=Database). سه نوع مدل متداول سازمانی عبارتند از (آل‌استیونس، ۱۳۷۴): سلسله مراتبی، شبکه‌ای و رابطه‌ای. یک سیستم مدیریت پایگاه داده‌ها ممکن است یک، دو یا هر سه روش را فراهم آورد. در مدل سلسله مراتبی روابط بین پرونده‌ها به شکل سلسله مراتب یا شاخه درختی بوده و پرونده‌ها از بالا به پایین مرتب می‌شوند. پرونده‌هایی که در سطح بالاتر قرار دارند، پدیدآورنده پرونده پایین‌تر هستند. مدل شبکه‌ای مشابه مدل سلسله مراتبی است با این تفاوت که یک پرونده می‌تواند چندین پرونده پدیدآورنده داشته باشد. در مدل رابطه‌ای، پرونده‌ها با هم ارتباط فیزیکی نداشته بلکه بوسیله اجزاء داده‌ها بهم متصل می‌شوند. در شکل ۱ مثالی از مدل‌های داده‌ای سلسله مراتبی، شبکه‌ای و رابطه‌ای به‌طور شماتیک نمایش داده شده است (ملکی، ۱۳۸۱).



شکل ۱) طرح مدل‌های داده‌ای رابطه‌ای، شبکه‌ای و سلسله مراتبی (ملکی، ۱۳۸۱)

سیستم‌های مدیریت بانک اطلاعات ساخته شده برای رایانه‌های شخصی بر پایه مدل رابطه‌ای بنا گردیده‌اند، زیرا این مدل به لحاظ مفهومی به آسان‌ترین صورت اداره شده و بیشترین انعطاف را دارد و در کوتاه‌ترین زمان، سیستم‌های کاربردی قابل استفاده‌ای را در اختیار کاربران حتی کم تجربه قرار می‌دهد (ملکی، ۱۳۸۱).

بانک اطلاعات ژئوتکنیکی مشهد

ایجاد بانک اطلاعات ژئوتکنیکی مشهد در راستای تحقق اهداف زیر صورت گرفته است:

۱. جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات ژئوتکنیکی پراکنده از خاک شهر مشهد برای استفاده محققان، مهندسان و دانش-پژوهان.
 ۲. ارائه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی، توپوگرافی، هیدرولوژی و زمین‌شناسی این شهر.
 ۳. ارائه مدل‌های سه‌بعدی از لایه‌های زیرین خاک.
 ۴. ایجاد امکان جستجوی اطلاعات در اعماق و مناطق مختلف بویژه در مناطقی که حفاری انجام نگرفته است.
- داده‌های این بانک اطلاعات از گزارشات ژئوتکنیک مختلفی که توسط شرکت‌های دولتی و خصوصی تهیه شده است، تأمین گردید. این داده‌ها، اطلاعات قریب به ۷۰۰ گمانه را دربر دارند. از مزایای این بانک اطلاعات می‌توان به گسترش پذیری و امکان جستجو در آن اشاره کرد. به‌طوری که به راحتی می‌توان اطلاعات جدید را به این بانک اضافه نمود. همچنین می‌توان اطلاعات قبلی را در صورت نیاز ویرایش و یا حذف کرد.
- این سیستم مجهز به امکاناتی دیگر جهت دسترسی به نقشه زمین‌شناسی مهندسی، توپوگرافی، هیدرولوژی و زمین‌شناسی مشهد نیز می‌باشد. این نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار آرک ویو ArcView GIS و اتوکد AutoCAD تهیه شده و با بانک اطلاعات در ارتباط هستند. مدل‌های سه‌بعدی از خاک نیز با استفاده از نرم‌افزار راک ورکس RockWorks تهیه شده‌اند و با بانک در ارتباط می‌باشند. جداول بانک اطلاعات در نرم افزار اکسس ۲۰۰۰ (Microsoft Access 2000) طراحی شده‌اند. اکسس نرم-افزاری جهت ایجاد بانک اطلاعات می‌باشد که استفاده از آن آسان بوده و در دسترس همگان است. با استفاده از این سیستم می‌توان داده‌ها را در یک یا چند جدول مجزا دسته‌بندی کرده و این جداول را با استفاده از ستون‌های (Fields) مشترک به یکدیگر مرتبط نمود.

به جهت افزایش ضریب ایمنی و حفظ صحت اطلاعات، سه رمز ورود به سیستم، برای کاربران در نظر گرفته شده و استفاده-کنندگان این سیستم به سه دسته تقسیم شده‌اند:

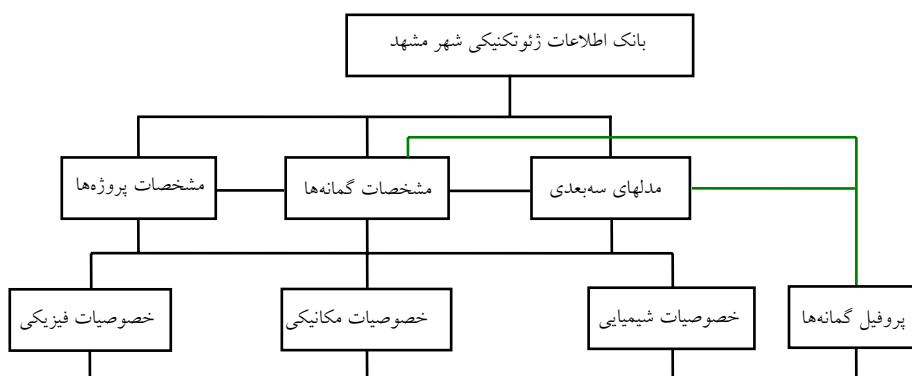
۱. کاربرانی که فقط می‌توانند اطلاعات را بخوانند.
۲. کاربرانی که علاوه بر خواندن اطلاعات قادر به ورود اطلاعات جدید به سیستم هستند.
۳. کاربرانی که علاوه بر خواندن و ثبت اطلاعات جدید توانایی حذف و ویرایش اطلاعات قبلی را نیز دارند.

طراحی ساختار و سازماندهی اطلاعات

تعیین طرح ساختار داده‌ها برای بانک اطلاعات مهم‌ترین قسمت کار است. در بانک اطلاعات ژئوتکنیکی شهر مشهد ۷ جدول اطلاعات وجود دارد. ورود به اطلاعات از ۳ طریق ممکن است: پروژه‌ها، گمانه‌ها، مدل‌های سه‌بعدی. جداول دیگر شامل خصوصیات فیزیکی، خصوصیات مکانیکی، خصوصیات شیمیایی و پروفیل گمانه‌ها، در مرحله بعدی قرار دارند. هر جدول، فرم (Form) مخصوص به خود را دارد که جهت سهولت کار کاربران تهیه شده است. بطور کلی ۷۲ ستون (Field) در بانک اطلاعات موجود است که در جدول مدل‌ها ۲ ستون اول، در جداول پروژه‌ها و پروفیل گمانه‌ها ۳ ستون اول و در جداول



دیگر ۴ ستون اول مشترک بوده و به منظور ارتباط بین جداول در نظر گرفته شده است. شکل ۲ ساختار و روابط بین جداول را در بانک اطلاعات نشان می دهد.



شکل ۲) ساختار و روابط بین جداول در بانک اطلاعات ژئوتکنیکی مشهد

محتوای هر یک از جداول به شرح زیر است:

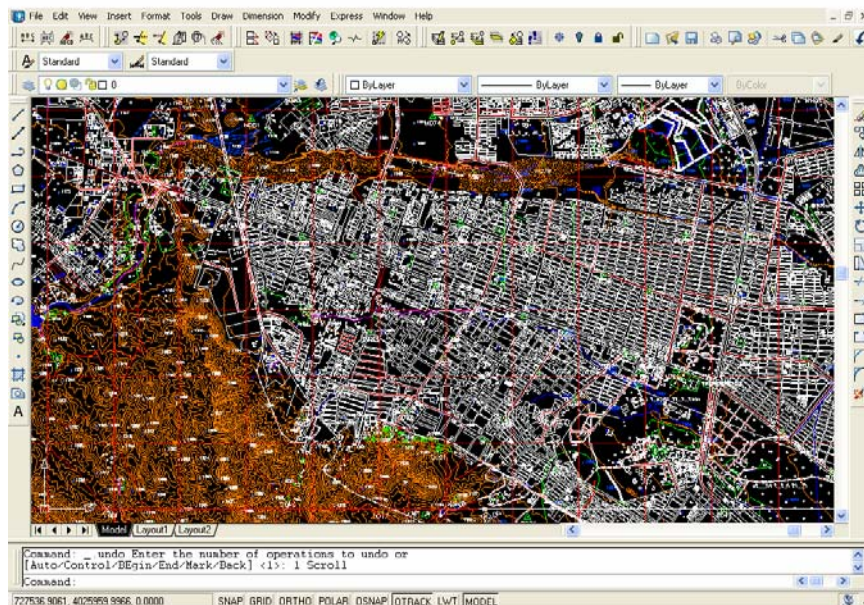
- پروژه‌ها: شامل مشخصات هر پروژه چون نام پروژه، تاریخ انجام، محل و مشاور آن می باشد.
 - گمانه‌ها: عمق نهایی گمانه، مختصات UTM هر گمانه، سطح آب زیرزمینی و عمق سنگ بستر را تعیین می کند.
 - پروفیل: مشخصات مربوط به پروفیل هر گمانه شامل عمق سطح فوقانی و تحتانی هر لایه، ضخامت آن و طبقه بندی خاک را نمایش می دهد.
 - مدل‌های سه بعدی: مختصات، محل و تعداد گمانه‌های موجود در هر محدوده را که مدل آن تهیه شده است، نشان می دهد.
 - خصوصیات فیزیکی: خصوصیات فیزیکی چون وزن مخصوص خشک و مرطوب، درصد رطوبت، حدود آتربرگ و تخلخل خاک را در اعماق مختلف مشخص می کند.
 - خصوصیات مکانیکی: شامل خصوصیات مکانیکی خاک از قبیل نتایج بدست آمده از آزمایشات برش مستقیم، سه-محوری، تراکم تک محوری، تحکیم و بارگذاری صفحه ای می باشد.
 - خصوصیات شیمیایی: در این جدول تعدادی از پارامترهای شیمیایی معمول اندازه گیری شده در خاکها مثل درصد سولفات، کلرید، گچ، آهک و میزان قلیائیت خاک (pH) ارائه شده است.
- جدول ۱ ستون‌های موجود در هر یک از جداول بانک اطلاعات ژئوتکنیکی مشهد را نشان می دهد.

جدول (۱) ستون‌های موجود در هر یک از جداول بانک اطلاعات

نام جدول	اسامی ستون‌های موجود در هر جدول
پروژه‌ها	ID, شماره پروژه, شماره مدل, نام پروژه, تاریخ, محل, نام مشاور
گمانه‌ها	ID, شماره پروژه, شماره مدل, شماره گمانه, عمق نهایی, X, Y, سطح آب زیرزمینی, عمق سنگ بستر
مدل‌ها	ID, شماره مدل, X از, X تا, Y از, Y تا, محل, تعداد گمانه‌ها
پروفیل گمانه‌ها	ID, شماره مدل, شماره گمانه, عمق سطح لایه, عمق کف لایه, ضخامت لایه, شرح لایه
خصوصیات فیزیکی	ID, شماره پروژه, شماره مدل, شماره گمانه, عمق آزمایش, طبقه‌بندی خاک, γ , γ_d , W%, LL, PI, e, n
خصوصیات مکانیکی	ID, شماره پروژه, شماره مدل, شماره گمانه, عمق آزمایش, طبقه‌بندی خاک, نوع نمونه, C, ϕ , نوع تست, C_c , C_s , K, q_u , E, تعداد ضربات SPT یا CPT
خصوصیات شیمیایی	ID, شماره پروژه, شماره مدل, شماره گمانه, عمق آزمایش, pH, $SO_3\%$, $CaCO_3\%$, $Cl\%$, $CaSO_4\%$, EC

علامت * معرف ستون‌های مشترک در جداول است.

در اولین فرم لیستی از نقشه‌های موجود در بانک اطلاعات دیده می‌شود که با اشاره بر روی آنها می‌توان هر یک را مشاهده نمود. شکل ۳ نقشه توپوگرافی مشهد را که در محیط اتوکد تهیه شده و در بانک اطلاعات جای گرفته است را نشان می‌دهد. از طریق دکمه ورود به بانک اطلاعات می‌توان به اطلاعات پروژه‌ها و گمانه‌ها دست یافت. در فرم بعدی نقشه‌ای از شهر مشهد نمایش داده شده که محل گمانه‌ها بر روی آن مشخص شده است. در کنار نقشه، ۳ دکمه با عناوین گمانه‌ها، پروژه‌ها و مدل‌های سه‌بعدی وجود دارد که از طریق آنها به اطلاعات مربوط به هر جدول می‌توان وارد شد. در فرم‌های بعدی اطلاعات مربوط به هر جدول ارائه شده است. همچنین دکمه‌های حذف، ایجاد و ویرایش تعبیه شده که با توجه به دسترسی‌های تعریف شده از طریق رمز عبور برای کاربران مختلف فعال می‌شوند.



شکل (۳) نقشه توپوگرافی مشهد موجود در بانک اطلاعات



مدل سه بعدی خاک

مدل‌های سه بعدی از خاک منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار راک ورکس تهیه شده است. اطلاعات مورد نیاز چون مختصات گمانه‌ها، ضخامت، عمق و طبقه‌بندی یونیفاید (USCS) خاک وارد این نرم‌افزار شده و مدل سه بعدی خاک تهیه گردید. به منظور ارائه مدل سه بعدی از خاک و نشان دادن لایه‌های زیرین خاک، با توجه به پراکندگی و نزدیک بودن پروژه‌های مختلف به یکدیگر، شهر مشهد به زون‌های (Zones) مختلفی تقسیم بندی گردیده است. محدوده و موقعیت هر زون در جدول مدل‌های سه بعدی نشان داده شده است. در فرم مربوط به این جدول، دکمه‌ای برای مشاهده مدل سه بعدی وجود دارد که با اشاره بر روی آن تصویر مدل سه بعدی در محیط نرم‌افزار راک ورکس که با بانک اطلاعات در ارتباط است، به نمایش در می‌آید.

نتیجه‌گیری

بانک اطلاعات ژئوتکنیکی شهر مشهد، یک بانک اطلاعات رابطه‌ای است که با استفاده از نرم‌افزار اکسس به منظور ذخیره سازی و بازیابی اطلاعات ایجاد شده است. این اطلاعات شامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک است که از گزارشات پروژه‌های مختلف به دست آمده‌اند. این بانک اطلاعات، اطلاعات قریب به ۷۰۰ گمانه از سطح شهر را دربر می‌گیرد. از دیگر مزایای این بانک می‌توان به گسترش پذیری، ارائه نقشه‌های مختلف از سطح شهر، ارائه مدل‌های سه بعدی خاک و لایه‌های زیرین و وجود امکان جستجوی پارامترهای مختلف به ویژه در مناطقی که اطلاعات خاک موجود نیست، اشاره کرد. مدل‌های سه بعدی و نقشه‌های موجود در بانک اطلاعات در نرم‌افزارهای راک ورکس و آرک ویو و اتوکد تهیه شده‌اند و با بانک در ارتباط می‌باشند. جهت حفظ صحت اطلاعات، دسترسی به امکانات ایجاد، حذف و ویرایش اطلاعات برای کاربران مختلف با استفاده از ۳ رمز عبور تعریف شده است.

منابع

- آل استیونس (۱۳۷۴)، طراحی و ساخت بانک‌های اطلاعاتی با C، حیدری، یوسف (مترجم)، چاپ دوم، کانون نشر علوم، ۳۱۱ صفحه.
- لشگری پور، غلامرضا، غفوری، محمد، باقرپور مقدم، احمد، طالبیان، سیده لیلا (۱۳۸۶)، تأثیر افت سطح آب زیرزمینی در نشست زمین: مطالعه موردی، مجموعه مقالات اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران، جلد دوم، صفحات ۹۲۲-۹۱۶.
- ملکی، مهدی (۱۳۸۱)، بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی شهری و تهیه نقشه‌های ژئوتکنیکی نهشته‌های کوآترنری تهران (با تهیه و توسعه بانک اطلاعات ژئوتکنیکی تهران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- یوسفی، عفت (۱۳۸۳)، بررسی زمین‌شناسی مهندسی ژئوتکنیک مسیر قطار شهری مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- Alavi, M. (1991), Sedimentary and structural characteristics of the Paleotethys remnants in northeastern Iran, Gs. Sec. of Amer. Tull, 103: 982-992.
- Graettinger, A., Scott Simmons, P.G. (2003), Development of a statewide bridge database and data retrieval system, prepared for Alabama department of transportation, Research project, University transportation center for Alabama and the University of Alabama.
- Gunther, A., Balzer, D., Kuhn, D. (2007), An information system engineering geology (ISEG) for urban spatial planning, Geophysical Research Abstracts, 9: Abstract.
- Lugo Cintron, C. Y. (2007), Development of a geotechnical database for the city of Mayaguez, Puerto Rico, Master's thesis in civil engineering, University of Puerto Rico.
- Luna, R., Hertel, T. P., Baker, H., Fennessey, T. (2001), Geotechnical database for emergency vehicle routes in Missouri, Proceeding of the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, NRC, Washington D. C., CD ROM.
- May, J.H., Corcoran, M.K. (1999), Design and implementation of a comprehensive geotechnical database, US army engineer research and development center water-ways experiment station, Project summary.



- Mc Vay, M., Hoit, M., Hughes, E., Nguyen, T., Lai, P. (2005), Development of a web based design and construction bridge substructure database, 84th TRB Annual Meeting, on January 9-13, 2005 in Washington, D.C.
- Suwanwiwattana, P., Chantawarangul, K., Mairaing, W., Apaphant, P. (2001), The development of geotechnical database of Bangkok subsoil using GRASS-GIS, 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.
- Swift, J.N., Stepp, J.C. (2002), Development of archiving and web dissemination of geotechnical data, SMIP02 Seminar Proceedings, 161-175.
- Vahaaho, I., Korpi, J., Hatva, E. M. (2003), Use of existing geotechnical information in urban planning, Land Use & Spatial Planning in Ireland.
- www.en.wikipedia.org/w/index.php?title=Database
- www.cs.wisc.edu/~dbbook
- Yongli Gao, E., Calvin Alexander, J., Tipping, R.G. (2002), The development of a karst feature database for southeastern Minnesota, Journal of Cave and Karst Studies, 64 (1): 51-57.