نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی ، دوره ششم ، شماره ۴ ، آذر ماه ۱۳۹۴

ایجاد سامانه اطلاعات مکانی خاک تحت وب

وحیدرضا جلالی*[۱]، عباس گلی جیرنده[۲]، نجمه صادقی[۳]، سیاوش صدقی[۳]

[۱] دکتری فیزیک و حفاظت خاک- عضو هیات علمی- دانشگاه شهید باهنر کرمان
v.jalali@uk.ac.ir

[۲] کارشناسی علوم و مهندس خاک - دانشکده مهندسی آب و خاک - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
abbas.goli@gmail.com

[۳] کارشناسی ارشد برنامه نویسی -دانشکده مهندسی کامپیوتر و فنآوری اطلاعات-دانشگاه صنعتی امیرکبیر
{sadeghi.najmeh, siavash.sedghi}@gmail.com

(تاریخ دریافت فروردین ۱۳۹۴، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۴)

چکیده

فعالیت های بشری، عامل اصلی تغییرات جاری در جو زمین، اقیانوس‌ها و چشم اندازهای طبیعی است و به طور فزاینده ای در حال تأثیرگذاری بر عملکرد طبیعی شاخص‌های مهم زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی خاک می‌باشد. چنین تغییراتی نیازمند اندازه‌گیری، نظارت و مدل سازی دقیق هستند تا از طریق شناخت این تغییرات به تصمیم گیرندگان توانایی تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد تغییرات آب و هوایی، تأمین امنیت غذایی، تولید سوخت های زیستی، مبارزه با تخریب‌های محیطی و سایر موضوعات مرتبطه، داده شود. در این راستا، ایجاد بانک داده خاک تحت وب در مقیاس ملّی از طریق گردآوری، ذخیره‌سازی، بررسی و در نهایت با در اختیار قرار دادن داده‌های زمین مرجع شده از خواص مختلف خاک، زمینه توسعه مطالعات دقیق، سریع و کم‌هزینه در زمینه علوم کشاورزی، منابع طبیعی، آبخیزداری و زیست محیطی را فراهم می‌نماید. در این مقاله تلاش بر آن است تا با معرفی و توضیح نحوه ایجاد بانک داده، زمینه افزایش بهره‌برداری از آن توسط کاربران مختلف فراهم گردد.

واژگان کلیدی: اطلاعات پروفیلی خاک، پایگاه داده خاک ایران، سامانه اطلاعات مکانی تحت وب

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

در حال حاضر در کشور بیش از ۳۷ آزمایشگاه خاکشناسی در بخش دولتی و به همین ترتیب بیش از ۱۱۰ آزمایشگاه خاکشناسی در بخش خصوصی در حال فعالیت هستند[۲]. با یک حساب سرانگشتی می‌توان برآورد نمود که در کشور ما سالانه بیش از ۲۰۰۰۰۰ نمونه خاک مورد تجزیه قرار می گیرد که اگر به این رقم تعداد نمونه خاک هایی که در سایر موسسات دولتی و غیردولتی مانند سازمان محیط زیست کشور، اداره استاندارد، انواع شرکتهای مشاور در زمینه آب و خاک و غیره افزوده شود، آنگاه مشاهده خواهد شد که سالانه تعداد بسیار زیادی دادهٔ تجزیه خاک در کشور فراهم می شود.

این داده ها پس از یک بار استفاده در زمینه موردنظر مانند توصیه های کودی، طراحی برنامه‌های اصلاحی-مدیریت زراعی، اجرای طرح‌های آبیاری-زه کشی و غیره، در موسسات مربوطه بایگانی شده و به فراموشی سپرده می-شوند. به عبارت دیگر آرشیوهای اطلاعاتی، به دلیل حجم بسیار زیاد، غالباً به مقبره‌های اطلاعات تبدیل می شوند. اهمیت این امر آنگاه پررنگتر می شود که علی رغم هزینه-های سنگین در گردآوری اطلاعات، بسیاری از تصمیم‌ها همچنان در فقر اطلاعاتی اتخاذ می گردند و از قابلیت‌های بالقوه اطلاعات ذخیره شده استفاده نمی شود.

در حالیکه با ایجاد یک بانک داده مناسب از داده‌های موجود، علاوه بر جلوگیری از موازی کاری و نمونه برداری از نقاطی که قبلاً نمونه گیری و اندازه‌گیری شده است، می‌توان به بررسی روند (Monitoring) نحوه تغییرپذیری عناصر آلاینده و غیرآلاینده در خاک نیز پرداخت[۳]. در مراحل بعد و با به کارگیری تکنیک‌های داده کاوی (Data Mining) می توان میزان پژوهش‌های علمی و به تبع آن تعداد مستندات قابل انتشار علمی را افزایش داد. داده‌کاوی این فرصت را فراهم می کند تا داده‌های موجود از خاک، به مناطق غیر قابل و یا دور از دسترس تعمیم داده شوند، و داده‌های خاک را در طیفی از مقیاس ها، متراکم کرده (Down scaling) و یا گسترش(Up scaling) داد، چنانچه مورد نیاز مدل‌های آبشناسی و اکوسیستم مانند GCM است[۴].

با پیشرفت تکنولوژی، بکارگیری سیستم های آرشیو و سامانه‌های اطلاعاتی، امری اجتناب ناپذیر به نظر میرسد. از جهتی آرشیو و نگه داری این اطلاعات به صورت مجزا و گسسته نیز باعث بروز مشکلات دیگری از جمله عدم یکپارچگی اطلاعات، عدم وجود استاندارد جامع و در نهایت در دسترس نبودن اطلاعات برای محققان و تصمیم گیران می‌شود.

نمونه برداری آزمایشگاهی از خاک یک روند پیوسته است، چشم انداز پایگاه داده مکانی خاک ایران به شرح زیر است:

- جلوگیری از موازی کاری: در بعضی موارد به دلیل معتبر بودن برخی اطلاعات پایه‌ای پروفیل خاک(مانند درصد نسبی ذرات اولیه تشکیل دهنده ماتریکس خاک)، بعضا تا چند سال دلیلی برای انجام آزمایش دوباره وجود ندارد و می‌توان از اطلاعات موجود در پایگاه داده استفاده کرد.
- کاهش میزان افزونگی: به دلیل وجود زیرساخت ذخیره و بازیابی در بانک اطلاعات خاک، دیگر نیازی به ذخیره نمونه های پروفیل خاک در آزمایشگاه وجود ندارد.
- به اشتراک‌گذاری و فراخوان عمومی: فراخوان در دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های خاک و مراکز تحقیق مبنی بر ثبت نام در سایت و ارسال نمونه‌های خاک.
- آرشیو داده‌ای: روند پیوسته ثبت داده های پروفیل خاک و از رده خارج شدن داده‌های قدیمی امکان تهیه آرشیو جامعی را می‌دهد که در مباحث مانیتورینگ و داده کاوی گنجینه‌ای از اطلاعات هستند.
- مانیتورینگ و داده کاوی: بررسی تغییر پارامترهای خاک در بازه‌ای طولانی، روند تغییرات مشخصه‌های بیولوژی-شیمیایی را نمایان می سازد که این اطلاعات نقش بسزایی در تصمیم‌گیری‌های کلان دارند.

۲- مواد و روش‌ها

فاز۱- گردآوری داده‌ها: با توجه به اقلیم‌های متنوعی که در کشور پهناور ایران یافت می‌شود، بایستی انتظار داشت که خاکهایی که تحت این شرایط جوی گوناگون ایجاد شده اند نیز از لحاظ ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و مینرالوژیکی، با هم بسیار متفاوت باشند[۱]. بر این اساس در این طرح، پراکنش مناسبی از اقلیم‌های متنوع جهت گرداوری داده‌های خاکی انتخاب شده است. این انتخاب به گونه‌ای بوده که خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشکی مانند استان اصفهان تا شرایط مرطوب مانند استان گیلان

در این فهرست قرار بگیرند. بر این اساس داده های خاکی موردنظر از اقلیم‌های مختلف کشور گردآوری شد.

فاز ۲- ایجاد جداول پایگاه داده: در این مرحله داده‌های گردآوری شده از سطح کشور، ابتداً بازنگری شده و اشکالات احتمالی آن بر اساس استانداردهای موجود، برطرف شد. سپس اقدام به طراحی و ساخت جداول پایگاه داده در محیط PostgreSql گردید.

فاز۳- طراحی وب سایت: بر اساس الگوریتم استاندارد، وب سایت موردنظر کدنویسی و اجرا گردید.

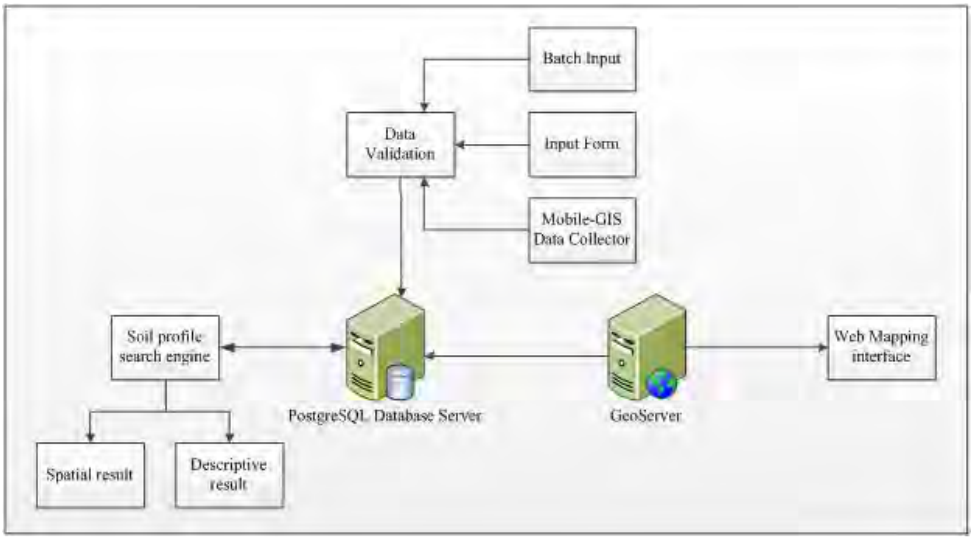
۲-۱- پیاده سازی سامانه اطلاعات مکانی

الگوی معماری نرم افزار انتخاب شده در طراحی سامانه MVC است. امروزه اکثر سامانه‌های اطلاعات مکانی به دلیل اهمیت تفکیک لایه های نمایش، گردش کار و پایگاه داده از الگوی معماری MVC استفاده می‌کنند.

این پایگاه داده طوری طراحی شده که علاوه بر قابلیت افزایش داده‌های جدید و دقیق، قابلیت کاهش داده‌های قدیمی و غیر دقیق را به شکل هوشمند (Smart data bank) داشته باشد. در واقع یکی ازمهمترین کاربردهای این پایگاه داده، بکارگیری تکنیک‌های داده کاوی (data mining) برای تعیین الگوهای پنهان درون داده هاست.

✓ معماری کلان سامانه

شکل شماره ۱ به طور شماتیک مولفه‌های اصلی و فرآیند حاکم بر طراحی و اجرای بانک داده خاک را نشان می‌دهد. *پیاده سازی سامانه اطلاعات مکانی، طراحی و پیاده سازی پایگاه داده ها* و *موبایل جی-آی-اس*، سه جز نهادین این الگوریتم بوده که در ادامه به هر کدام از آنها پرداخته خواهد شد.

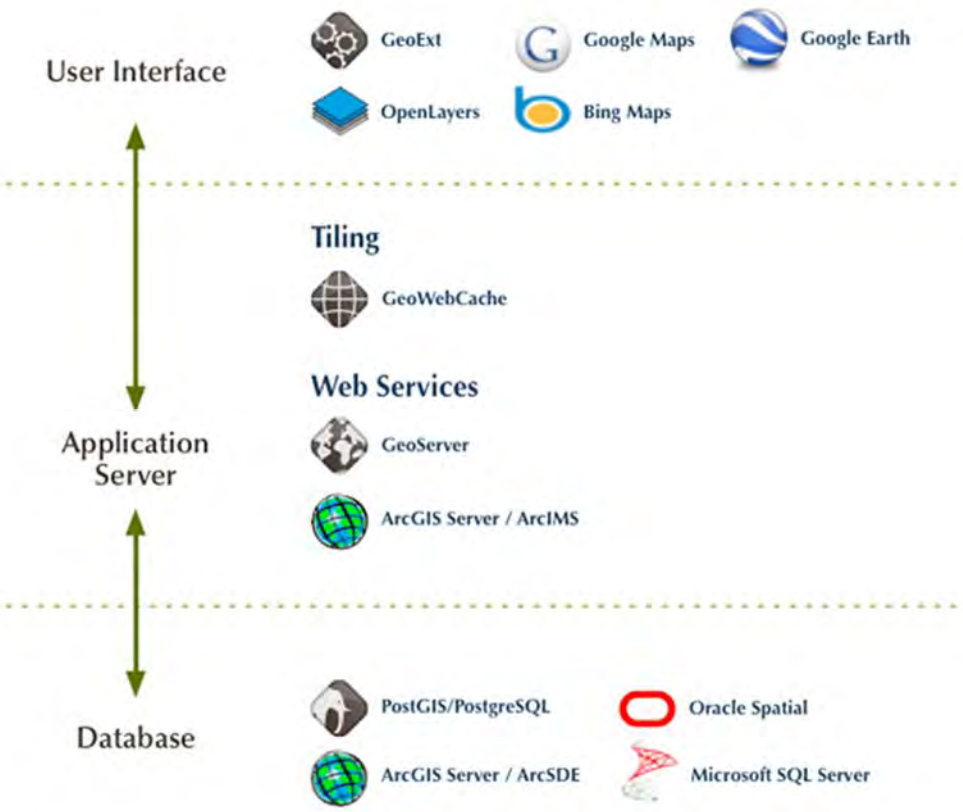


شکل ۱- معماری کلان اجزای اساسی بانک داده خاک

هدف این معماری تفکیک لایه‌های مختلف نرم افزار، استفاده مجدد از کامپوننت‌های نرم افزاری نوشته شده و توسعه و پشتیبانی راحت و سریع سیستم است.

شکل شماره ۲ اجزای بکار رفته در سامانه را به تفکیک لایه نمایش می‌دهد.

در پیاده سازی سامانه اطلاعات مکانی تحت وب پایگاه داده پروفیل خاک ایران تماما از نرم افزارهای متن باز استفاده شده، همچنین در لایه نمایش از کتابخانه جاوا اسکریپت OpenLayers استفاده شده است که بدلیل پشتیبانی از سرویس WMS به کاربر امکان استفاده از نقشه های پایه رایج مانند Google Satellite، Bing Arial، MapQuest را می دهد. کاربران با سطح دسترسی "مدیر" می‌توانند لایه برداری خود را بوسیله رابط کاربری که به این منظور تعبیه شده در سایت بارگذاری کرده و خروجی آن را در نقشه مشاهده کنند، این امر مدیران را قادر به اتخاذ تصمیم‌گیری‌های کلان می-کند، همچنین امکان نمایش ۳بعدی نقشه در محیط Google Earth وجود دارد. برای بهره بردن از رابط کاربری پیشرفته و حرفه ای از توابع و کلاس‌های GeoExt که برای ساخت رابط-های کاربری سامانه‌های اطلاعات مکانی تحت وب مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهره‌گیری شده است.



شکل ۲- اجزای بکار رفته در سامانه اطلاعات مکانی

در لایه Application Server از سرویس دهنده‌های WMS,WFSو WCS که توسط نرم افزار متن باز GeoServer ارایه می‌گردند، استفاده شده تا نقشه و اطلاعات پروفیل خاک به لایه نمایش منتقل شوند. امکان استفاده از ArcGIS Server نیز برای فازهای آتی پروژه تعبیه شده است. یکی از عوامل بهبود سرعت سامانه‌های مذکور استفاده از حافظه کمکی است به نحوی که این حافظه تمام موزاییک‌هایی که یکبار توسط سرویس WMS تولید شده‌اند را ذخیره و در واکشی های بعدی از آن استفاده می‌کند. بدین ترتیب بار محاسباتی ناشی از سرویسWMS به حداقل رسیده و منابع بیشتری برای سایر پردازش ها باقی خواهد ماند.

در لایه Database از پایگاه داده متن باز PostgreSQL و برای انجام تحلیل های مکانی، توابع مکانی PostGIS استفاده شده است. در طراحی پایگاه داده از استانداردها و رهنمودهای ISRIC[۱] استفاده شده است. پیاده سازی این استانداردها حاصل طراحی ۷۰ جدول رابطه ای و ۱۰ شمای پایگاه داده بوده است که بسیاری از آنها مربوط به مباحث Data Mining است.

۲-۲- طراحی و پیاده‌سازی پایگاه داده‌ها

پایگاه داده مکانی، پایگاه داده‌ای است که در آن داده-های مکانی ذخیره می شود و برای کوئری گرفتن و نمایش عوارض مکانی بهینه سازی شده است.

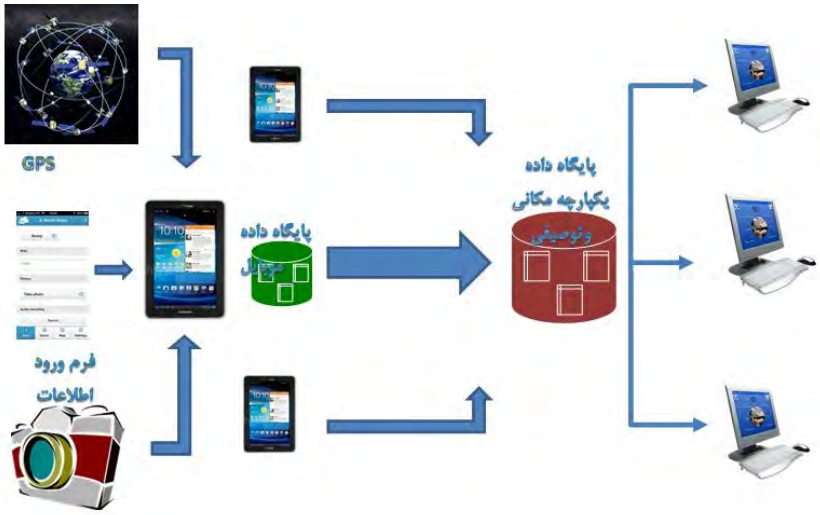
پایگاه داده‌های مکانی از Index های مکانی برای افزایش سرعت عملیاتی استفاده می کنند، و همچنین بجای استفاده از query های اس کیو ال مثل دستورات Select از طیف وسیعی از دستورات عملیات مکانی که توسط کنسرسیوم استاندارد متن باز مکانی نوشته شده است، استفاده می نماید. عملیاتی مثل اندازه گیری‌های مکانی، توابع مکانی و غیره.

پایگاه داده مکانی خاک ایران تحت PostgreSql کیو ال و افزونه Post GIS پیاده‌سازی شده است که شامل نقاط پروفیلی خاک در گستره وسیعی از کشور ایران بوده که منبع اصلی این داده ها، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور بوده است. هر کدام از این نقاط شامل فیلد های مکانی جغرافیایی و اطلاعات توصیفی دسته‌بندی شده در گروه‌های رده‌بندی، شیمیایی-حاصل‌خیزی، فیزیکی-فرسایشی و بیولوژیکی خاک است.

[۱] ISRIC - World Soil Information. http://www.isric.org/

۲-۳- موبایل جی-آی-اس

امروزه بسیاری از خاک شناسان و آزمایشگاه های خاک قادر به تشخیص بعضی از پارامترهای خاک در محل نمونه-برداری می باشند و بعضا نیاز به دقت بالا و نتیجه آزمایشگاه ندارند. برای این دسته از کارشناسان استفاده از Mobile GIS که اکثرا مجهز به قابلیت Geo Tagging می‌باشند، این امکان را فراهم می کند که برداشت اطلاعات توصیفی و مکانی مربوط به پروفیل خاک به صورت همزمان و در محل نمونه برداری انجام شود. استفاده از دوربین موبایل امکان ثبت تصویر محل برداشت خاک را به کارشناسان می دهد، این امکان نه تنها در استخراج رنگ، رطوبت و جنس خاک کمک می کند بلکه باعث می شود تا با تجمیع این نقاط پایگاه داده پوشش گیاهی کاملی از مناطق برداشت شده تشکیل گردد. شکل ۳ نمایانگر معماری سیستم و نحوه برداشت همزمان اطلاعات توصیفی، مکانی و تصویر می باشد. پس از ثبت اطلاعات در موبایل و ارسال آن توسط زیرساخت اینترنت، این اطلاعات در کارتابل کاربر ذخیره شده و پس از تایید مدیر سایت در نقشه و سرویس‌های WMS و WFS به نام کارشناس مربوطه ثبت خواهد شد.



شکل ۳ - معماری سیستم و نحوه برداشت همزمان اطلاعات توصیفی، مکانی و تصویر

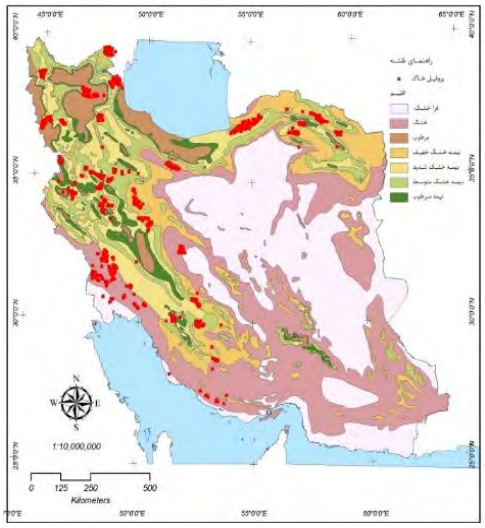
۳- نتایج و بحث

پس از برنامه ریزی، پیاده‌سازی و اجرای بانک داده خاک تحت وب، اقدام به جمع‌آوری داده‌های خاک موجود در آرشیو موسسه خاک و آب کشور، آزمایشگاه‌های تجزیه خاک و آب و همچنین سایر مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی شد. شکل ۴ نحوه پراکنش نقاط موجود در بانک داده را در اقلیم‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که از شکل برمی-آید، پراکنش نقاط به گونه‌ای بوده است که تقریبا اکثر مناطق با اقلیم‌های مختلف را پوشش داده است.

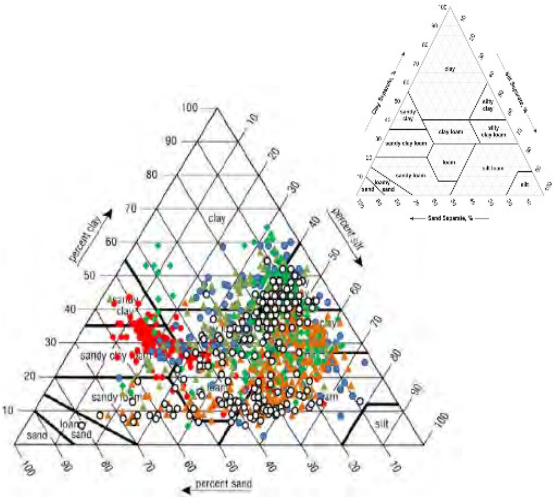
شکل ۵ توزیع اندازه ذرات خاک در کلاس‌های بافتی ۱۲ گانه USDA را نشان می دهد[۵]. همانطور که از شکل برمی آید، خاک‌های موجود در بانک داده توانسته‌اند توزیع نسبتاً خوبی در کلاس‌های متفاوت از خود نشان دهند، بطوریکه به جز دو کلاس شنی(Sand) و سیلتی(Silt)، سایر کلاس-های بافتی خاک به تعداد متنابهی از نمونه خاک‌ها را در خود جای داده اند.

همین توزیع خوب خاک‌ها در کلاس‌های مختلف، می-تواند به گونه‌ای متضمن بالا بودن دقت استفاده از این داده‌ها در انجام تخمین‌های مختلف و مدل‌سازی باشد، زیرا پراکنش خوب این داده‌ها در واقع به نوعی بیانگر بیشترین حالات ممکن از ویژگی‌های خاکی می‌باشد. آگاهی یافتن از نحوه توزیع یک متغیر می‌تواند کمک شایانی به درک نحوه تغییرپذیری آن متغیر و سایر متغیرهای وابسته به آن نماید. همچنین آگاهی یافتن از نحوه تغیرپذیری یک متغیر، امکان پیش بینی مقادیر آن را در سایر شرایط فراهم می‌سازد بطوریکه با داشتن آگاهی از نحوه مقدار ایستایی یک متغیر، امکان استفاده از تکنیک‌های مختلفی که به بررسی مکانی متغیرهای مختلف و ایجاد نقشه-های توزیع آن متغیر می‌پردازند فراهم می‌شود. از اینرو نتایج

بررسی نحوه توزیع متغیرهای خاکی بطور خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۴- نحوه پراکنش نقاط موجود در بانک داده در اقلیم‌های مختلف



شکل ۵- نحوه توزیع خاک‌های مختلف موجود در بانک داده در کلاس‌های ۱۲ گانه USDA.

جدول ۱- خلاصه‌ای از آماره های توصیفی متغییرهای موجود در بانک داده خاک

ویژگی آماری	شن (sand) %	سیلت (silt) %	رس (clay) %	جرم ویژه ظاهری (g.cm-3)	جرم ویژه حقیقی ($g.cm^{-3}$)	تخلخل %	رطوبت اشباع %	ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع ($cm.d^{-1}$)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	TNV (%)	OC (%)
میانگین(Mean)	26.76	42.3052	31.1590	1.5348	2.5601	.4010	47.7912	17.1178	7.8	2.5563	22.9344	.9549
حداقل(Minimum)	1.00	2.00	2.00	1.26	2.19	.34	19.00	1.39	6.1	.07	1.00	.04
حداکثر(Maximum)	81.00	79.00	65.40	1.75	2.78	.44	97.00	194.62	9.0	71.40	74.50	3.00
چولگی(Skewness)	.595	-.264	.017	.054	-.217	-.648	.073	6.234	-.39	8.076	.683	.616
انحراف معیار (Std. Dev.)	15.58	13.05	11.66	.08582	.08791	.016	8.48008	19.85	.37	4.58140	13.83	.39522
ضریب تغییرات(cv)	0.58	0.31	0.37	0.055	0.034	0.0422	0.17	1.159	0.05	1.79	0.60	0.41

ویژگی آماری	فسفر قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$)	منگنز قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$)	مس قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$)	آهن قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم محلول ($meq.l^{-1}$)	کلسیم محلول ($meq.l^{-1}$)	منیزیم محلول ($meq.l^{-1}$)
میانگین(Mean)	13.84	322.08	1.10	9.95	1.84	8.27	4.00	10.01	8.45
حداقل(Minimum)	1	56	0	1	0	0	0	1	0
حداکثر(Maximum)	103	2273	38	199	74	94	100	292	588
چولگی(Skewness)	2.787	2.600	11.529	8.686	23.196	4.046	4.696	8.268	17.045
انحراف معیار(Std. Dev.)	12.119	164.918	1.726	10.189	2.283	9.189	9.407	14.198	20.933
ضریب تغییرات(cv)	0.88	0.51	1.57	1.02	1.24	1.11	2.35	1.42	2.48

۵- جمع‌بندی

در این مجال اندک فرصت بررسی و توصیف کمّی تمام پارامترهای موجود در بانک داده فراهم نیست، لذا از محققین گرامی درخواست می‌گردد تا در صورت لزوم، اطلاعات مورد نیاز خود را از تارنمای اطلاعات خاک ایران به آدرس http://www.iransoil.com/content/download دریافت نمایند. طراحی سایت به گونه‌ای است که علاوه بر امکان جستجو در ویژگی‌های مختلف خاکی، شرایط بارگذاری اطلاعات مازاد کاربران نیز فراهم شده است(http://www.iransoil.com/form/1).

از دیگر امکانات سایت، ایجاد نقشه تحت وب (webGis) است که پس از تأیید اطلاعات بارگذاری شده توسط مدیر سایت، این لایه های اطلاعاتی به طور خودکار بر روی نقشه قرار گرفته و قابل مشاهده است: (http://www.iransoil.com/maps/advanced). در ضمن در این تارنما کاربر قادر خواهد بود تا بدون داشتن اطلاعات تخصصی در مورد GIS و علوم مرتبطه، در هر مقیاس موردنظر، لایه های اطلاعاتی خود را چاپ کرده و به صورت هاردکپی به همراه داشته باشد.

مراجع

[۱] بنائی، م.ح. مومنی، ع. بای‌بوردی، م. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. خاک‌های ایـران. انتشارات سنا. تهران ایران.

[۲] موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، http://www.swri.ir

[3] Batjes NH, Reuter HI, Tempel P, Hengl T, Leenaars JGB, and Bindraban PS, 2013. Development of global soil information facilities. Data Science Journal, 12: -70-74.

[4] Blum W, 2005. Functions of soil for society and the environment. Reviews in Environmental Science and Biotechnology 4: 75-79.

[5] UNEP, 2007. Global Environmental Outlook: Environment for development (GEO-4). United Nations Environment Programme, Nairobi.