

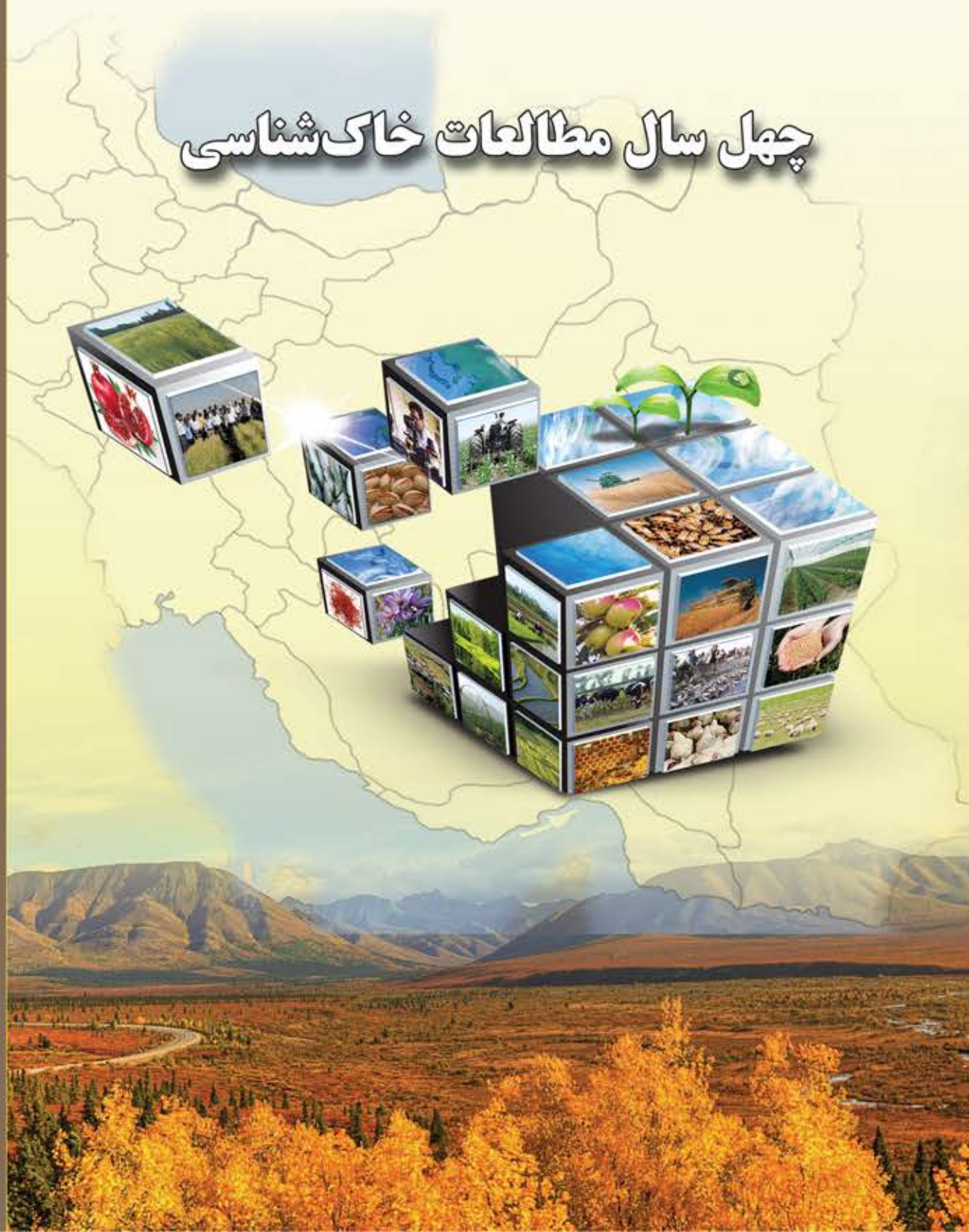


به مناسبت چهلمین سال تأسیس سازمان



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چهل سال مطالعات خاک‌شناسی



الحمد لله
الرحمن الرحيم





سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چهل سال مطالعات خاک‌شناسی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب

مؤسسه تحقیقات خاک و آب

۱۳۹۴



چهل سال مطالعات خاک‌شناسی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب

تهیه و تنظیم: مؤسسه تحقیقات خاک و آب/ بخش تحقیقات تشکیل، طبقه بندی و شناسایی خاک
ناشر: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
گردآوران: محمد جمشیدی، کامران افتخاری و میرناصر نویدی، عزیز مؤمنی
سال انتشار: ۱۳۹۴
شمارگان: محدود
شماره ثبت: ۹۴-۶۱ ک

آدرس و تلفن مؤسسه / پژوهشکده / مرکز: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بعد از رزکان
نو، بلوار امام خمینی (ره)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب- صندوق پستی: ۳۱۱-۳۱۷۸۵- کد پستی:
۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵
تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۳۵۰۲ -۰۲۶-۳۶۲۱۰۱۲۱ دورنگار:
سامانه الکترونیک: <http://www.swri.ir>
پست الکترونیک: info@swri.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیش گفتار	۶
مقدمه	۸
مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی کشاورزی کشور در سطوح ملی، منطقه ای و محلی	۹
۱-۱- نقشه های منابع خاک در سطح ملی	۱۰
۲-۱- نقشه های منابع خاک در سطح منطقه ای	۲۰
۳-۱- نقشه های خاکشناسی در سطح محلی	۲۲
۲- نظارت بر انجام مطالعات خاکشناسی	۲۶
۳- رقومی سازی نقشه های خاکشناسی و تهیه پایگاه اطلاعات منابع خاک کشور	۴۳
۱-۳- رقومی سازی اطلاعات و نقشه های خاکشناسی و طبقه بندی اراضی کشاورزی	۴۳
۲-۳- ایجاد پایگاه ملی و ژئوپورتال اطلاعات منابع خاک کشور	۴۷
۴- نوآوری در روش انجام مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی	۴۹
۱-۴- روش ژئوپدولوژی	۵۰
۲-۴- مکانیابی اراضی مستعد توسعه باغات در اراضی شیبدار استان های زنجان و قزوین	۵۵
۵- تدوین استانداردهای ملی انجام و نظارت بر مطالعات خاکشناسی	۴۹
۶- تدوین برنامه راهبردی	۵۸
فهرست منابع	۶۰

با آغاز به کار گروه‌های مطالعاتی خاکشناسی از ابتدای دهه ۳۰ خورشیدی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب در کشور تاسیس و پا به عرصه وجود نهاد، این مؤسسه اینک با ۶ دهه فعالیت پرتلاش به عنوان نهادی پژوهشی و اثرگذار راه بلوغ و تکامل خود را سپری می‌نماید. اگرچه در آغازین روزهای فعالیت این مجموعه توجه بیشتر معطوف به گسترش اراضی پایاب سدها بود اما رفته رفته لزوم فعالیت در عرصه‌های مختلف هویدا شد. امروزه با گسترش و توسعه فناوری‌های مختلف نیازمند تلاش بیشتر برای حرکت در راستای پایداری احساس می‌شود، چرا که جمعیت روزافزون از یک سو و تخریب منابع خاک و آب، آلودگی‌های زیست محیطی، تغییر کاربری اراضی، شور شدن اراضی، کاهش بنیه عناصر غذایی خاک‌ها، تغییر اقلیم و دیگر چالش‌ها از دیگر سو محدودیت‌ها را دوجندان نموده است. عرضه و ارائه تلاش‌های صورت گرفته در مؤسسه تحقیقات خاک و آب طی چهار دهه گذشته پس از تشکیل سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به عنوان یکی از زیرمجموعه‌های آن سازمان فرصتی را فراهم آورد تا بخشی از تلاش‌های صورت گرفته به صورت مدون عرضه شود. بدون شک انجام این فعالیت‌ها در دوران مختلف مدیریت‌های این مؤسسه مرهون همدلی و دلسوزی مدیران، اعضای هیأت علمی، کارشناسان و کارکنان بوده است که بدین وسیله از این عزیزان قدردانی می‌شود.

کامبیز بازرگان

رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب



فصل اول

• • • •

بیولوژی، اکولوژی میگوی دریایی

مقدمه

مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی عملاً با مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در خوزستان بوسیله گروه خاکشناسی متعلق به بنگاه مستقل آبیاری وزارت کشاورزی به منظور تعیین قابلیت اراضی برای آبیاری در طرحهای توسعه منابع آب و زراعت‌های آبی در سال ۱۳۳۲ آغاز گردید و تا قبل از تغییر نام و انتقال بنگاه مستقل آبیاری به وزارت آب و برق، گروههای خاکشناسی به همراه سایر گروه‌های مطالعاتی شامل اکیپ‌های مطالعات آبهای سطحی و زیرزمینی برای انجام مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی به مناطق مختلف اعزام و با انجام مطالعات میدانی نقشه‌های خاک و طبقه‌بندی اراضی مناطق مورد مطالعه را تهیه کردند.

در سال ۱۳۴۳ با تشکیل وزارت آب و برق، موسسه خاکشناسی به وزارت کشاورزی منتقل گردید ولی کماکان با عقد موافقت نامه نسبت به انجام مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در اراضی تحت طرح‌های توسعه کشاورزی و آبیاری اقدام می‌نمود. در این مدت علاوه بر انجام مطالعات منطقه‌ای خاکشناسی و طبقه بندی، اولین نقشه‌های خاک و استعداد اراضی کشور با کمک سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (فائو) با مقیاس ۱:۲۵۰۰,۰۰۰ به صورت رنگی چاپ و به ضمیمه کتاب خاکهای ایران به زبان انگلیسی در سال ۱۹۶۴ میلادی تهیه و منتشر نمود (Dewan, ۱۹۶۴, Famuri)، سپس برگردان فارسی کتاب مذکور تهیه و در سال ۱۳۴۹ چاپ گردید (مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، ۱۳۴۹).

در سال ۱۳۴۵ با ادغام موسسه خاکشناسی و اداره کل حاصلخیزی خاک، موسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک تشکیل گردید و با تشکیل بخش شناسائی، طبقه بندی و ارزیابی اراضی در موسسه مذکور انجام کلیه مطالعات فوق‌الذکر به همان کیفیت سابق ادامه یافت. علاوه بر انجام مطالعات قبلی، مطالعات ارزیابی اراضی نیز شروع گردید و در این راستا نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه گردید. این نقشه‌ها در سطوح استانی بصورت رنگی چاپ و منتشر شده است.

پس از تصویب قانون تشکیل سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی در سال ۱۳۵۴، موسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک سابق به موسسه تحقیقات خاک و آب تغییر نام یافته و به عنوان یکی از موسسات تحقیقاتی سازمان مذکور فعالیت خود را ادامه داد. و تشکیلات تفصیلی موسسه تحقیقات خاک و آب در سال ۱۳۵۷ به تصویب هیأت امناء سازمان فوق‌رسید. در تشکیلات جدید، مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی و ارزیابی اراضی در بخش تحقیقات تشکیل، طبقه بندی و شناسایی خاک و بخش ارزیابی اراضی متمرکز گردید.

از شروع مطالعات خاکشناسی در کشور، روش طبقه بندی مورد استفاده در مطالعات خاکشناسی، سیستم طبقه بندی ژنتیکی خاک وزارت کشاورزی آمریکا (USDA, ۱۹۴۹) بود که پس از انتشار کتاب تاکسونومی خاک (USDA, ۱۹۷۵) در سال ۱۳۵۶، نسبت به طبقه بندی خاک‌ها و تهیه نقشه خاک با روش طبقه‌بندی جامع خاک و هماهنگ نمودن آن با روش طبقه بندی خاک سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (فائو) اقدام گردید. با تبعیت از سطوح مطالعاتی در طرحهای عمرانی کشور که با فاز یک (پیش پروژه) و فاز دو (صلاحیت اجرا) خاک و اراضی انجام می‌شوند، مطالعات خاکشناسی نیز برحسب دقت به سه نوع اجمالی (پیش پروژه) در مقیاس نقشه ۱:۵۰,۰۰۰ و ۱:۱۰۰,۰۰۰ و ۱:۵۰,۰۰۰ مطالعات نیمه تفصیلی در مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ و ۱:۲۰,۰۰۰ (فاز یک) و مطالعات تفصیلی در مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ و بزرگتر (فاز دو) تقسیم گردید.



سطوح دقت مطالعات خاکشناسی در ایران به شرح زیر است:

- مطالعات خاکشناسی اجمالی: این نوع مطالعات در مرحله شناسایی طرح‌های عمرانی انجام گرفته و هدف آن تعیین خصوصیات خاکها و استعداد و درجات اراضی برای آبیاری و کشاورزی جهت مشخص نمودن اراضی مناسب برای مطالعات دقیق‌تر خاکشناسی در مرحله صلاحیت اجرا و یا امکان اقتصادی و فنی اجرای آن است. تراکم نقاط مطالعاتی در این سطح ۲ نقطه در هر ۱۰۰۰ هکتار است و نقشه نهایی با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ یا ۱:۵۰,۰۰۰ تهیه می‌شود.
- مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی: هدف از این مطالعات تعیین خصوصیات خاکها و استعداد و درجات اراضی برای آبیاری و کشاورزی در مرحله صلاحیت اجراست. تراکم نقاط مطالعاتی در این سطح ۱۰ تا ۲۰ نقطه در هر ۱۰۰۰ هکتار است و نقشه نهایی با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ یا ۱:۲۰,۰۰۰ تهیه می‌شود.
- مطالعات خاکشناسی تفصیلی: منظور اصلی از انجام این بررسی‌ها تعیین خصوصیات خاکها، استعداد و درجات اراضی برای آبیاری و کشاورزی به منظور مشخص نمودن اراضی مناسب برای مرحله اجرا در طرح‌های عمرانی است. تراکم نقاط مطالعاتی در این سطح ۴۰ نقطه در هر ۱۰۰۰ هکتار است و نقشه نهایی با مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ و بزرگ‌تر تهیه می‌شود.

مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی کشاورزی کشور در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی

بیش از نیم قرن از انجام مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی در ایران می‌گذرد. طی این زمان مطالعات خاکشناسی در سطح وسیعی از اراضی کشاورزی کشور در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی انجام شده است. حاصل این مطالعات در سطوح منطقه‌ای و محلی، تولید نقشه‌های خاک و طبقه‌بندی اراضی برای بیش از ۲۲ میلیون هکتار از اراضی دشت‌های کشاورزی کشور با دقت تفصیلی، نیمه تفصیلی و اجمالی است. علاوه بر آن در این مطالعات در مناطق مبتلا به شوری، نقشه تفسیری شوری و قلیائیت و در مطالعات تفصیلی، نقشه قابلیت آبیاری تهیه و منتشر شده است. به موازات این مطالعات در سطح ملی، اولین نقشه خاکهای ایران با مقیاس ۱:۵۰۰,۰۰۰ در سال ۱۳۳۹ بوسیله کارشناسان فائو تهیه و منتشر شده است. دومین اقدام در رابطه با تولید نقشه خاک در سطح ملی تهیه "نقشه منابع و استعداد خاکهای ایران" با مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ است که در سال ۱۳۸۰ توسط کارشناسان خاکشناسی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه و منتشر شد.

در مطالعات خاکشناسی، دامنه اطلاعات مورد نیاز کاربران تعیین کننده سطح دقت مطالعات و مقیاس نقشه‌های تولیدی است. نقشه‌های کوچک مقیاس (اجمالی) یا نقشه‌های میان مقیاس (نیمه تفصیلی) برای جمع‌آوری اطلاعات خاک در مناطق خیلی بزرگ در یک سطح تفصیل مناسب برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه‌ای و تفسیر اطلاعات در سطح بالای کلی گوئی استفاده می‌شود. استفاده اولیه این اطلاعات، انتخاب نواحی برای مطالعه دقیق تر است. اطلاعات این نوع نقشه‌ها برای بیان شرایط کلی در رابطه با پتانسیل کاربری و تناسب اراضی، مدیریت کلی اراضی، ارائه اطلاعات ارزیابی حاصلخیزی خاکها و سایر استفاده‌ها در سطح جغرافیائی وسیع بکار می‌رود. در مقیاس متوسط، اطلاعات می‌تواند در جانمایی، مقایسه و انتخاب مناطق مناسب برای انواع کاربری اراضی، در برنامه‌ریزی‌های کاربری اراضی منطقه‌ای و در انتخاب نواحی برای مطالعات و تحقیقات مترکم‌تر و دقیق تر استفاده گردد. همچنین اطلاعات این نقشه‌ها می‌تواند در برنامه‌ریزی (planning) برای مرتع، جنگل، مناطق برای احیاء مجدد (recreational areas) و در برنامه‌ریزی‌های اجتماعی مورد استفاده قرار

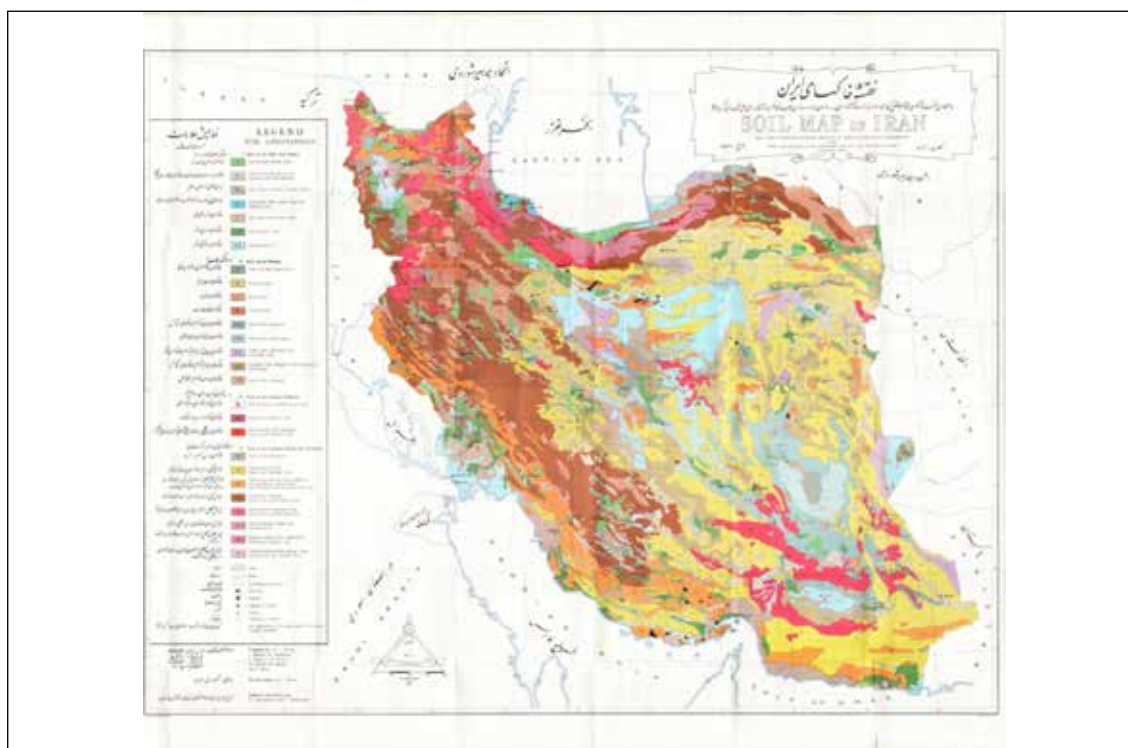
گیرد. جائیکه اطلاعات تفصیلی درباره خاکها مورد نیاز است، از نقشه های با مقیاس بزرگ استفاده می شود. در این سطح، اطلاعات می تواند در برنامه ریزی برای آبیاری، زهکشی، کشاورزی (در کل)، شناسایی خاک پلاتهای آزمایشی، ساخت و ساز، توسعه شهری و سایر کاربری هائی که نیاز به یک آگاهی دقیق از خاکها و تغییرپذیری آنها دارد، استفاده گردد. از طرفی برای انجام پیش بینی تناسب خاکها و ارزیابی نیازهای رفتار با خاک به جزئیات تفصیلی دقیقی درباره منابع خاک نیاز است که از طریق تهیه نقشه های بزرگ مقیاس امکان پذیر است. در ادامه شرح نقشه های تهیه شده در بعد شناسایی خاک و ارزیابی اراضی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب از بدو تاسیس تاکنون ارائه می شود.

نقشه های منابع خاک در سطح ملی

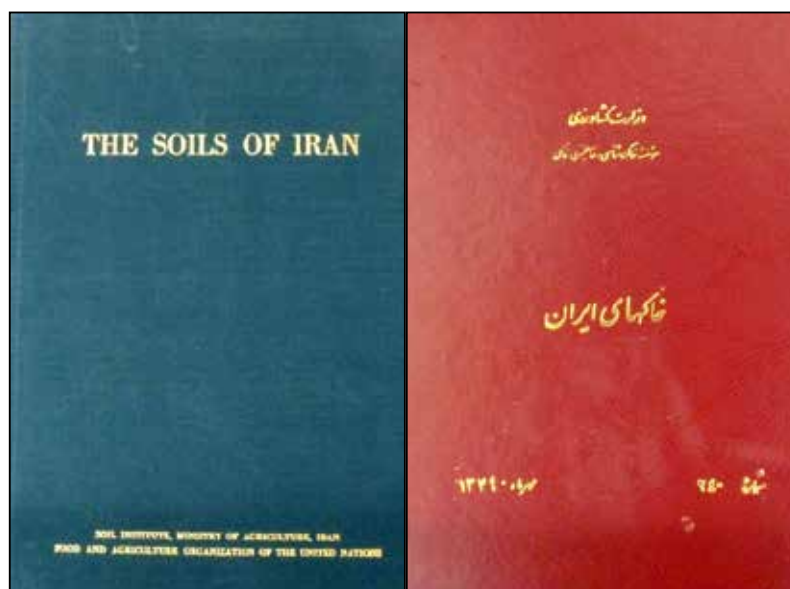
۱-۱-۱ نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خاک های ایران

نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خاک های ایران، اولین نقشه سیستماتیک خاک در ایران است که در سال ۱۳۳۹ با همکاری سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (فائو) و مؤسسه خاکشناسی چاپ و منتشر گردید (شکل ۱). در سال ۱۳۴۳، اطلاعات بدست آمده از این نقشه در کتاب خاکهای ایران به زبان انگلیسی منتشر شده است. کتاب مذکور توسط فاموری به زبان فارسی ترجمه و تحت عنوان **خاکهای ایران** در سال ۱۳۴۹ به چاپ رسیده است (شکل ۲).

این نقشه با در نظر گرفتن واحدها و گروه های متشکله مختلف اراضی کشور بر مبنای مشاهدات نظری مستقیم و با استفاده از رده بندی ژنتیکی تهیه شده است. در این نقشه، هر واحد نقشه عبارت از چند گروه بزرگ خاک است که دارای وضع ظاهری و اقلیم مشابه اند و نحوه استفاده از آنها یکسان است. خاک ها در حد گروه های بزرگ خاک طبقه بندی شده و بر روی نقشه مشخص گردیده اند.



شکل ۱- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خاک های ایران



شکل ۲- کتاب خاک‌های ایران، نسخه لاتین و نسخه فارسی

نقشه ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ استعداد خاک‌های ایران

نقشه استعداد خاک‌های ایران بر حسب محدودیت‌های خاک از نظر کشاورزی با مقیاس ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ در سال ۱۳۴۲ تولید شده است (شکل ۳). در راهنمای این نقشه، واحدهای جدا شده در ۵ گروه اصلی شامل خاک‌های بدون محدودیت یا محدودیت کم، خاک‌های کم و بیش دارای محدودیت، خاک‌های دارای محدودیت نسبتاً زیاد، خاک‌های دارای محدودیت زیاد و خاک‌های دارای محدودیت بسیار زیاد تقسیم شده‌اند. هر گروه دارای یک تا سه زیر گروه است که بر اساس نوع محدودیت‌ها مشخص و جدا شده‌اند.



شکل ۳- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ استعداد خاک‌های ایران

نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ منابع و استعداد خاک های ایران

از آنجا که پس از انتشار نقشه ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰، مطالعات زیادی در زمینه خاک شناسی (اجمالی، نیمه تفصیلی، نیمه تفصیلی دقیق و تفصیلی) و همچنین مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی در بخش های وسیعی از کشور انجام شده بود، در دهه هشتاد بخش تحقیقات تشکیل، طبقه بندی و شناسائی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه نقشه جامع خاکهای ایران با مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ (شکل ۴) را با هدف تأمین منابع اطلاعاتی برای برنامه ریزان در سطح کلان کشور و به منظور فراهم آوردن امکان تبادل اطلاعات خاک در سطح بین المللی در اولویت کار خود قرار داد. این تلاش همچنین به دلیل محدودیت های نقشه ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ خاک های ایران با توجه به جایگزینی سیستم طبقه بندی جامع خاک به روش ایالات متحده با طبقه بندی های قبلی و همچنین عدم کفایت داده های نقشه ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ در برنامه ریزی های کلان کشاورزی و اقتصادی در سطوح ملی و منطقه ای بود.

به این منظور پس از ده سال تلاش کارشناسان و محققین این بخش و بر اساس مستندات نیم قرن مطالعات خاکشناسی، در سال ۱۳۸۰ نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران تهیه و منتشر و به عنوان سند ملی در کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران با شماره ۱۰۰۰۳ به ثبت رسید. هدف از تهیه این نقشه ارائه اطلاعات جامع در مورد منابع و استعداد خاکهای کشور به عنوان پایه اصلی برآورد پتانسیل منابع خاک کشور می باشد.

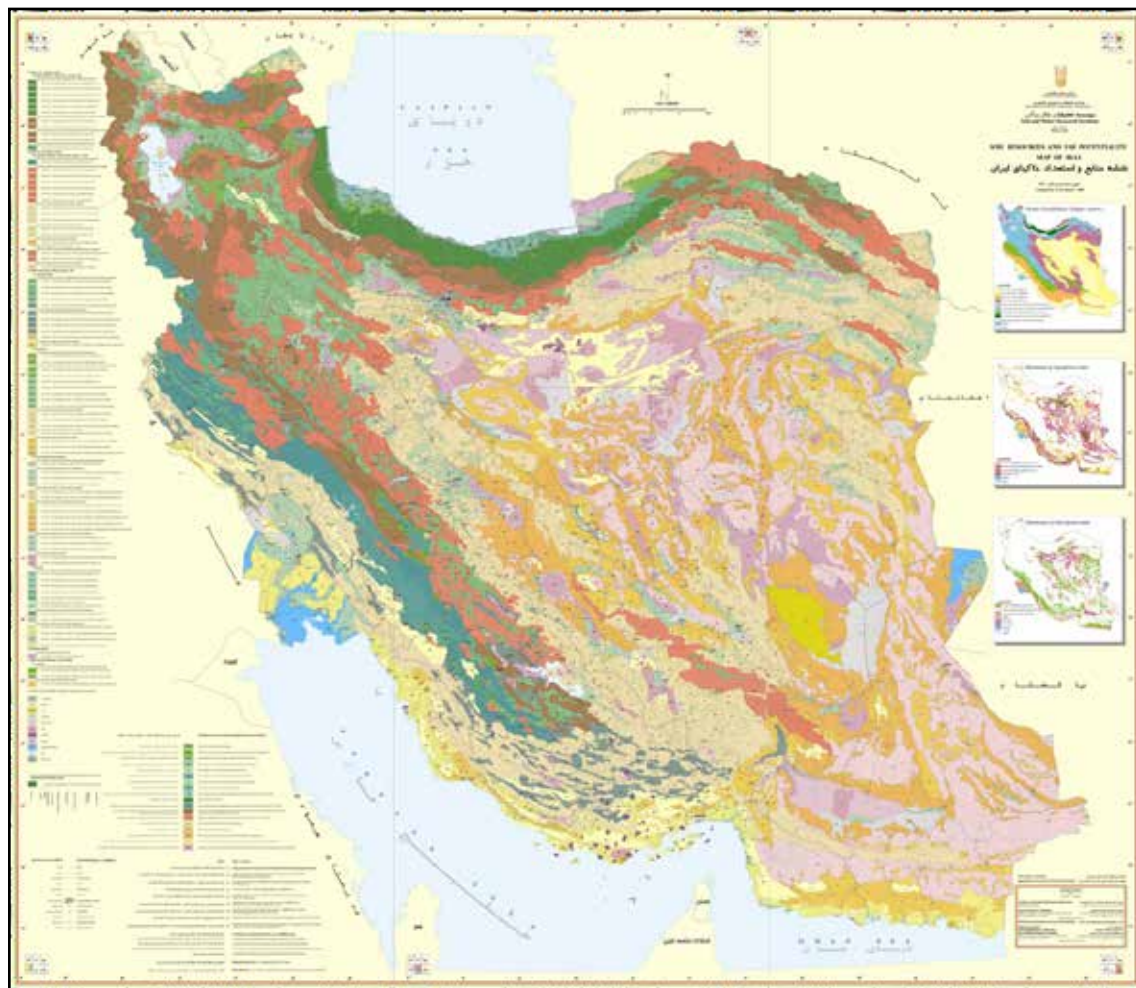
نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک های ایران اولین و تنها نقشه ای است که پس از پیروزی انقلاب اسلامی با مقیاس ملی در کشور تولید و منتشر شده است. همچنین، این نقشه از معدود نقشه های علمی در سطح ملی است که به دو زبان فارسی و انگلیسی در کشور تولید شده است. این نقشه در جانشانی و شناسائی منابع خاک کشور برای مدیریت کاربری های کشاورزی، جانشانی و هدایت گسترش شهرها و حفظ کاربری اراضی کشاورزی، حفظ محیط زیست، توسعه صنعت توریسم، امور دفاعی و سوق الجیشی کشور و موارد مهم دیگر کاربرد دارد و به عنوان یکی از موفقیت های بارز سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی جایگاه علمی برجسته ای دارد.

در نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک های ایران، پراکنش جغرافیایی خاکهای کشور در واحدهای لندفرم تا حد زیرگروه های خاک مشخص شده است و ترکیب واحدهای نقشه بصورت واحدهای همسان، مجموعه خاکها و خاکهای ضمیمه نشان داده شده است. علاوه بر آن، نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک های ایران فازهای بافت خاک سطحی، کلاس شیب و پستی و بلندی، فرسایش، شوری و قلیائیت اراضی را نشان می دهد.

نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک های ایران در اکثر مؤسسات علمی و تحقیقاتی کشور نصب و تا کنون به عنوان یک سند مبنائی برای تحقیقات در زمینه های اقتصادی- اجتماعی مورد استفاده اساتید، محققین و دانشجویان کشور قرار گرفته که نتایج این تحقیقات می تواند در اقتصاد و امنیت غذایی کشور تاثیر مثبت داشته باشد.

نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران بر اساس نقشه های منطقه ای ایران با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ تهیه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب و داده های جمع آوری شده در مطالعات میدانی همراه با اطلاعات بدست آمده از تفسیر داده های تصاویر ماهواره ای تولید شده است. همچنین، در تهیه نقشه فوق از اسناد و مدارک نقشه های هواشناسی، نقشه های زمین شناسی، نقشه عوارض طبیعی ایران، نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران و نقشه

استعدادهای خاک، جنگل و مرتع ایران استفاده شده است. از این نقشه می‌توان لایه‌های اطلاعاتی مختلفی استخراج نمود که در مدیریت منابع و تصمیم‌سازی در سطح منطقه‌ای و ملی قابل‌بکارگیری است.



شکل ۴- نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک‌های ایران

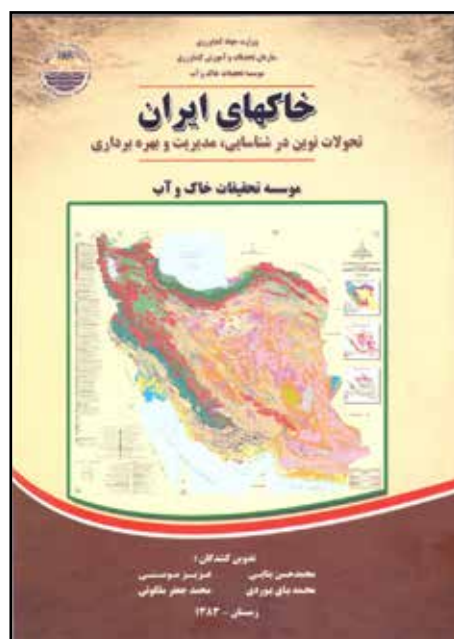
از آنجایی که لندفرم، ژئومورفولوژی، پستی و بلندی، شیب، لیتولوژیکی از عوامل موثر در تشکیل خاک می‌باشند، در نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک‌های ایران علاوه بر طبقه‌بندی خاک‌ها، طبقه‌بندی‌های زیر نیز انجام شده است.

- طبقه‌بندی ژئومورفولوژی بر اساس نحوه تشکیل واحدهای لندفرم.
- طبقه‌بندی مورفومتری که شامل میزان پستی و بلندی و کلاس شیب‌ها است.
- طبقه‌بندی لیتولوژیکی که از معیارهای کلیدی تفکیک واحدهای خاک است.
- طبقه‌بندی فیزیوگرافی یا طبقه‌بندی ترکیبی ژئومورفولوژیکی و خاک که ارتباط خاک و زمین‌نما^۱ را نشان می‌دهد.

1. Landscape

این نقشه با بهره گیری از تکنیک های مدرن در زمینه کارتوگرافی خاک ها و سنجش از دور، در محیط سامانه های اطلاعات جغرافیایی بصورت رقومی تهیه شده است. طبق اطلاعات موجود، در کشورهای خاورمیانه و حتی کشور های آسیایی به غیر از کشور چین، نقشه های کوچک مقیاس خاک عمدتاً توسط کارشناسان خارجی تهیه شده است. لازم به ذکر است که ایران جزء معدود کشورهایی است که تکنولوژی تولید چنین نقشه ای را پس از پنجاه سال تجربه در زمینه مساحی خاک های کشور به دست آورده و قادر به انجام این کار ارزشمند شده است. لذا نقشه فوق در کشور منحصر به فرد بوده و تولید و تکنیک های بکار رفته در آن از روش تولید نقشه های خاکشناسی در سطح محلی و منطقه ای که توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب تولید می گردد، متفاوت است.

اطلاعات بدست آمده از نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ منابع و استعداد خاک های ایران در قالب کتاب خاکهای ایران تحولات نوین در شناسائی، مدیریت و بهره برداری (شکل ۵)، در سال ۱۳۸۳ منتشر شد (محمد حسن بنائی و همکاران، ۱۳۸۳).



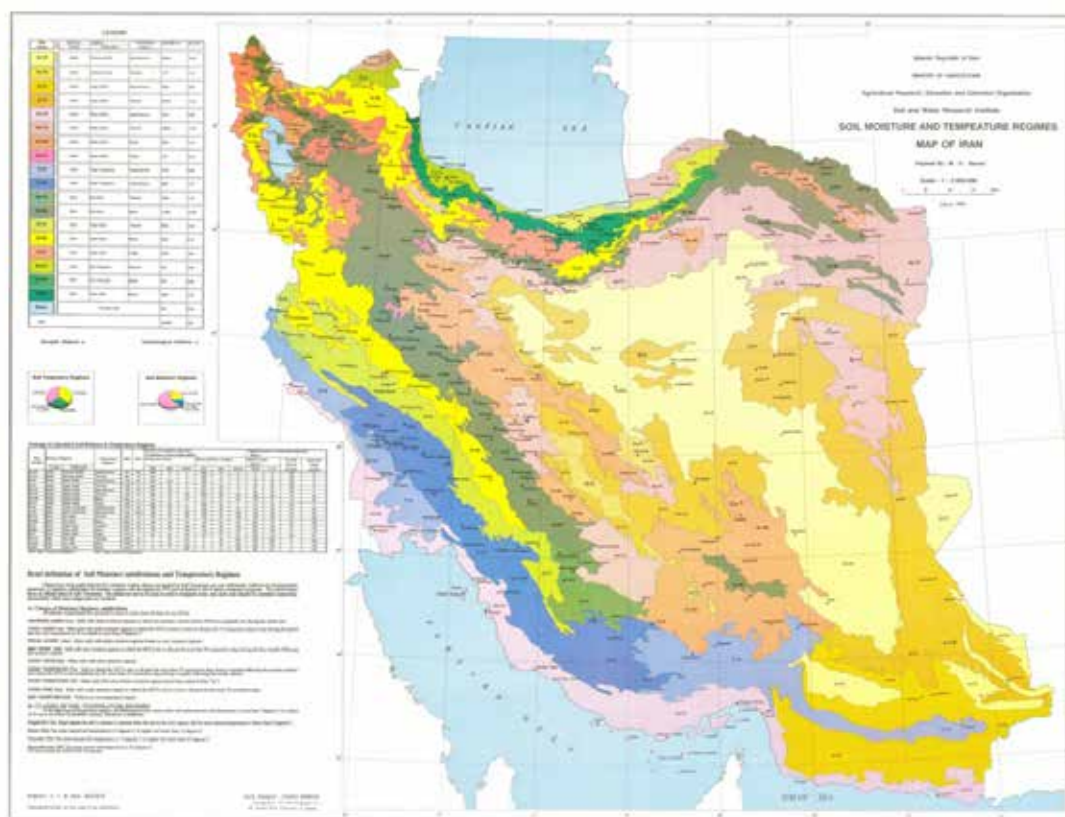
شکل ۵- کتاب خاکهای ایران، تحولات نوین در شناسائی، مدیریت و بهره برداری

از جمله زمینه های کاربردی نقشه منابع و استعداد خاک های ایران که می تواند در اقتصاد ملی نقش کلیدی داشته باشد، می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- کاهش فرسایش خاک در حوضه آبریز بالادست سدها
- تهیه برنامه جامع برای حوضه بالادست از قبیل مدیریت میزان بار رسوبی به داخل مخزن سدها با استفاده از بهبود مدیریت حوضه آبریز بالادست سد، اجرای برنامه های مدیریت اجتماعی و زیست محیطی شامل پایش رودخانه، پایش آب بندان ها، اکولوژی رودخانه
- مدیریت تلفیقی آفات
- مدیریت و پایش جنگل و مرتع در زمینه حفاظت، نوسازی و مدیریت جنگلها و مراتع
- مدیریت و پایش زیستگاه های انسانی و حیات وحش
- مطالعات و پایش های اکولوژیکی

نقشه ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ رژییم رطوبتی و حرارتی خاک های ایران

طبقه بندی و مدیریت خاکها بر اساس سیستم جامع طبقه بندی (۱۹۷۵ و USDA) نیاز به دانستن اطلاعات مربوط به رژییم های رطوبتی و حرارتی خاک دارد. نقشه رژییم رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران (بنائی، ۱۳۷۷) با مقیاس ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ در سال ۱۳۷۷ توسط موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه و در آن محدوده کلاس‌ها و زیر کلاس های رژییم رطوبتی و رژییم حرارتی خاکها همراه با تعاریف مربوطه ارائه شده است (شکل ۶). از اطلاعات این نقشه در تهیه نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ منابع و استعداد خاکهای ایران و نقشه های خاکشناسی دشتهای زراعی کشور استفاده شده است.



شکل ۶- نقشه ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ رژییم های رطوبتی و حرارتی خاک های ایران

نقشه ۱:۱۰۰۰,۰۰۰ محدودیت شوری اراضی کشاورزی ایران

نقشه محدودیت شوری اراضی ایران در سال ۱۳۸۹ بر مبنای اطلاعات مستخرج از نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران در مؤسسه تحقیقات خاک و آب تولید شد (مومنی، ۱۳۸۹). در مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی ایران، درجه بندی شوری خاک با اصلاحات جزئی بر اساس استانداردهای ارائه شده در راهنمای تشخیص و بهسازی خاکهای شور و قلیا صورت گرفت که در آن شوری خاک بر مبنای مقدار کل املاح محلول خاک از طریق اندازه گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تعیین و متناسب با شدت حساسیت و عکس العمل گیاهان زراعی و باغی به شوری، درجه بندی شده است (جدول ۱).

هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	محدودیت شوری	کلاس اراضی
>۴	بدون محدودیت یا دارای محدودیت کم	I
۴-۸	محدودیت نسبتاً زیاد	II
۸-۱۶	محدودیت زیاد	III
۱۶-۳۲	محدودیت خیلی زیاد	V *
<۳۲	محدودیت بسیار زیاد	VI **

آن دسته از اراضی که در کلاس I گروه بندی می شوند، بدون محدودیت بوده و در نتیجه تحت کلاس ندارند. در یک منطقه ممکن است علاوه بر عامل شوری، سایر عوامل مربوط به خاک، پستی و بلندی و آب زیرزمینی نیز برای رشد گیاه محدود کننده باشند. در مطالعات خاکشناسی، تعیین کننده تحت کلاس اراضی براساس قانون بازدهی نزولی^۲، عاملی خواهد بود که محدودیت آن بیش از دیگر عوامل محدود کننده باشد. برای گروه بندی اراضی در کلاس پائین تر از کلاس I، به عدد نماینده کلاس اراضی یک حرف لاتین اضافه می شود که نماینده نوع محدودیت تحت کلاس اراضی است. به عنوان مثال، یک خاک شور با محدودیت شوری کم در تحت کلاس اراضی IIA برای محدودیت شوری یا قلیائیت قرار می گیرد. ممکن است اراضی شور علاوه بر محدودیت شوری همزمان دارای محدودیت های مربوط به جنس خاک (S برای محدودیت های جنس خاک مانند بافت، عمق، ضریب آبگذری، نفوذپذیری)، پستی و بلندی (T برای پستی و بلندی یا فرسایش) و آب زیرزمینی (W برای محدودیت زهکشی مثل عمق آب زیرزمینی بالا، خفگی کاذب) هم باشد. معمولاً شدیدترین محدودیت که عامل تعیین کننده کلاس است، برای تعیین زیر کلاسها به کار می رود و چنانچه نوع محدودیت دیگری از نظر شدت به طور یکسان در تعیین کلاس نقش داشته باشد آن محدودیت نیز در زیر کلاس نوشته می شود. مثلاً حالات مختلفی که تحت کلاسهای شوری اراضی کلاس II ممکن است داشته باشند عبارتند از: IIA، IIAS، IIAW، IIAT، IIASW، IIATW، IIASW، IIATW.

شوری خاک یک مسئله فراگیر و محدود کننده تولید پایدار کشاورزی در کشور است به طوری که قسمتهای زیادی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور، به ویژه فلات مرکزی، دشتهای

ساحلی جنوب و دشت خوزستان، مبتلا به سطوح مختلف شوری اند. در مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی که از سال ۱۳۳۲ تا ۱۳۸۸ با سطوح مختلف دقت در کشور انجام شده است، ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور دارای خاک های مبتلا به درجات مختلف شوری تشخیص داده شده اند (جداول ۲ و ۳). از این مقدار، حدود ۴/۳ میلیون هکتار جزو آن دسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند (جدول ۲). حدود ۱/۱ میلیون هکتار (۲۷/۵ درصد) از این اراضی دارای شوری ۴ تا ۱۶ دسی زیمنس بر متر هستند که عملکرد اغلب محصولات کشاورزی را محدود می کند. بیش از ۲/۴ میلیون هکتار (۵۷ درصد) دارای شوری ۱۶ تا ۳۲ دسی زیمنس بر متر هستند که در این شرایط برای کشت اکثر محصولات کشاورزی دارای محدودیت زیادی می باشند و فقط معدودی از گیاهان خیلی مقاوم به شوری قادر به تولید رضایت بخش بر روی آنها هستند. بیش از ۶۶۰ هزار هکتار (۱۵/۵ درصد) در زمان مطالعه دارای شوری بیش از ۳۲ دسی زیمنس بر متر بوده اند که چون اصلاح آنها توجیه اقتصادی نداشته، جزو اراضی غیر قابل کشت محسوب شده اند.

حدود ۲/۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دارای خاک هایی هستند که علاوه بر محدودیت شوری مبتلا به محدودیت های مربوط به خصوصیات ذاتی خاک، پستی و بلندی/فرسایش و آب زیرزمینی نیز هستند. مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی این اراضی در جدول ۳، نشان داده شده است. حدود ۸۵ درصد از این اراضی در کلاس II و III طبقه بندی شده اند که دارای محدودیت های کم تا نسبتاً زیاد برای کشاورزی و آبیاری و جزو اراضی مناسب تا نسبتاً مناسب برای زراعت های آبی می باشند.

جدول ۲- مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی اراضی کشاورزی که فقط دارای محدودیت شور یو قلیائیت خاک هستند

کلاس اراضی	نوع محدودیت	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II A	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- ایلام- کرمان- کرمانشاه- خراسان- خوزستان- مرکزی- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد	۳۲۰۳۵۵	۷/۵
III A	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- هرمزگان- ایلام- کرمان- خراسان- مرکزی- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد- زنجان	۸۵۹۹۴۰	۲۰/۰
VA	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- ایلام- کرمان- کرمانشاه- خراسان- خوزستان- مرکزی- مازندران- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد- زنجان	۲۴۳۵۴۶۰	۵۷/۰
VIA	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- کرمان- خراسان- خوزستان- مرکزی- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد	۶۶۲۳۷۵	۱۵/۵
جمع			۴۲۷۸۱۳۰	۱۰۰/۰

جدول ۳- مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی اراضی کشاورزی که علاوه بر محدودیت شوری خاک دارای محدودیت‌های مربوط به محدودیت‌های ذاتی خاک، پستی و بلندی / فرسایش و آب زیر زمینی نیز هستند.

کلاس اراضی	نوع محدودیت	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II	ASTW	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- ایلام - کرمان - کرمانشاه- خراسان- خوزستان- مرکزی- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- یزد- زنجان	۸۴۷۲۹۵	۳۳/۸
III	ASTW	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- هرمزگان - ایلام- کرمان- خراسان- خوزستان- سیستان و بلوچستان - یزد - زنجان	۱۲۶۲۰۰۰	۵۰/۵
V	ASTW	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- همدان- ایلام- کرمان- خراسان- خوزستان- کردستان- مرکزی- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد	۳۹۱۵۶۵	۱۵/۶
VI	ASTW	مرکزی- همدان- خوزستان- بوشهر	۲۶۳۰	۰/۱
جمع			۲۵۰۳۴۹۰	۱۰۰/۰

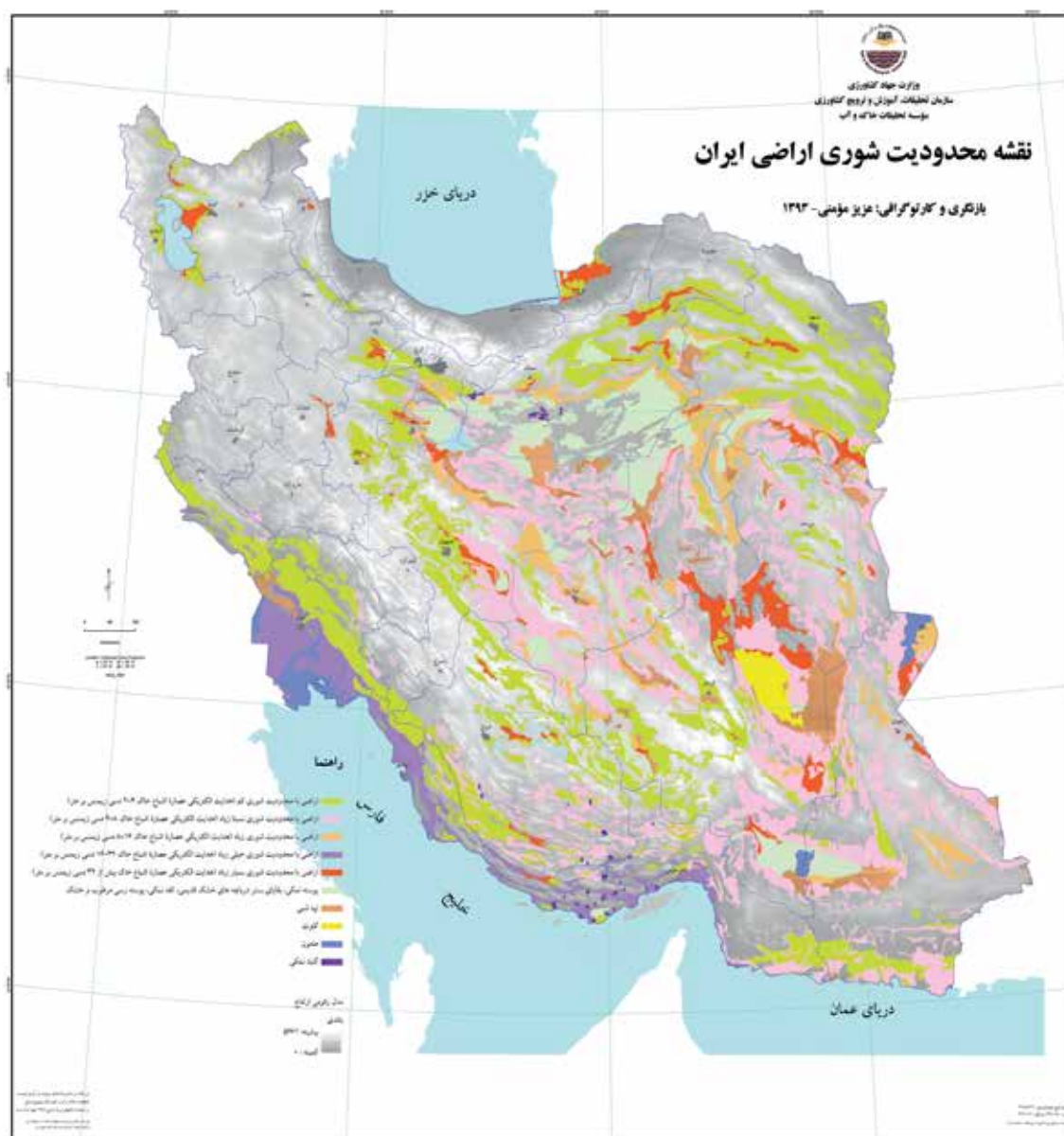
پراکنش فعالیت کشاورزی در محدوده جغرافیایی فلات ایران انعکاسی است از موجودیت منابع طبیعی. طول دوره رشد برای یک گیاه خاص، خاکهای مناسب، زمین هموار و آب، از جمله مهمترین این منابع هستند. شرایط بسیار متغیر آب و هوایی و پستی و بلندی حاکم بر کشور باعث شده وقوع توأم این چهار عامل رشد گیاه به ندرت اتفاق بیفتد. در بسیاری از مناطق یک یا بیشتر از این پارامترهای محیطی زیر حد بهینه قرار دارند. در نتیجه، در چهارچوب کلی کشور، فعالیت های کشاورزی دارای طبیعتی گسسته بوده و وصله وار تجلی می کند. فقط در یک قسمت یعنی دشت ساحلی دریای مازندران است که اراضی کشاورزی یک موزائیک تقریباً پیوسته را در مسافتی نسبتاً زیاد تشکیل می دهد.

مزیت‌ها و آثار اقتصادی و اجتماعی نقشه محدودیت شوری اراضی ایران

در ایران شوری یک مسئله فراگیر و محدود کننده تولید کشاورزی است، به طوری که بخش های زیادی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور، بویژه فلات مرکزی، دشت های ساحلی جنوب، دشت های خوزستان و فارس مبتلا به سطوح مختلف شوری می باشند. در شرایط آب و هوایی کشور، حدود ۹۰ درصد از تولیدات کشاورزی بر روی اراضی آبی تولید می شوند. بر اساس اطلاعات حاصل از نقشه های خاکشناسی و طبقه بندی موجود در آرشیو مؤسسه تحقیقات خاک و آب از مجموع حدود ۸ میلیون هکتار اراضی آبی کشور، ۶/۸ میلیون هکتار مبتلا به درجات مختلف شوری اند (مؤمنی، ۱۳۸۹).

نقشه محدودیت شوری اراضی ایران (شکل ۷) می تواند به عنوان یک سند ملی در برآورد مسئله شوری، جنبه های اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی آن مورد استفاده قرار گیرد. این نقشه در برنامه ریزی و سیاست گذاری مبارزه با مسئله شوری نقش کلیدی دارد. بر مبنای اطلاعات موجود در این نقشه می توان به بزرگی مسئله شوری و پراکنش جغرافیائی آن واقف شد و زمان و بودجه لازم برای بازگرداندن اراضی شور کشور به چرخه تولید و یا برنامه ریزی برای

حفظ وضعیت موجود و جلوگیری از بیشتر شور شدن این منابع حیاتی را تخمین زد. شوری منابع خاک در اراضی آبی کشور از جمله مسائل مهمی است که در حال حاضر تولید کشاورزی و در نتیجه امنیت غذایی و محیط زیست کشور را به چالش کشیده است. چنانکه می‌دانیم هر محصولی دارای یک آستانه تحمل به شوری است که بیش از آن، به ازاء افزایش هر واحد شوری مقداری از توان تولید آن محصول کاسته می‌شود. با انجام عملیات اصلاحی و بازگرداندن اراضی شور به چرخه تولید کشاورزی و یا افزایش کیفیت آنها، می‌توان انتظار داشت که بین ۲۵ تا ۵۰ درصد به توان تولید اراضی شور افزوده شود. بنابراین، نقشه محدودیت شوری اراضی ایران در صورتی که در استراتژی‌های مبارزه با چالش شوری مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند سهم چشم‌گیری در افزایش بهره‌وری کشاورزی در نتیجه اقتصاد کشور داشته باشد.



شکل ۷- نقشه محدودیت شوری اراضی ایران

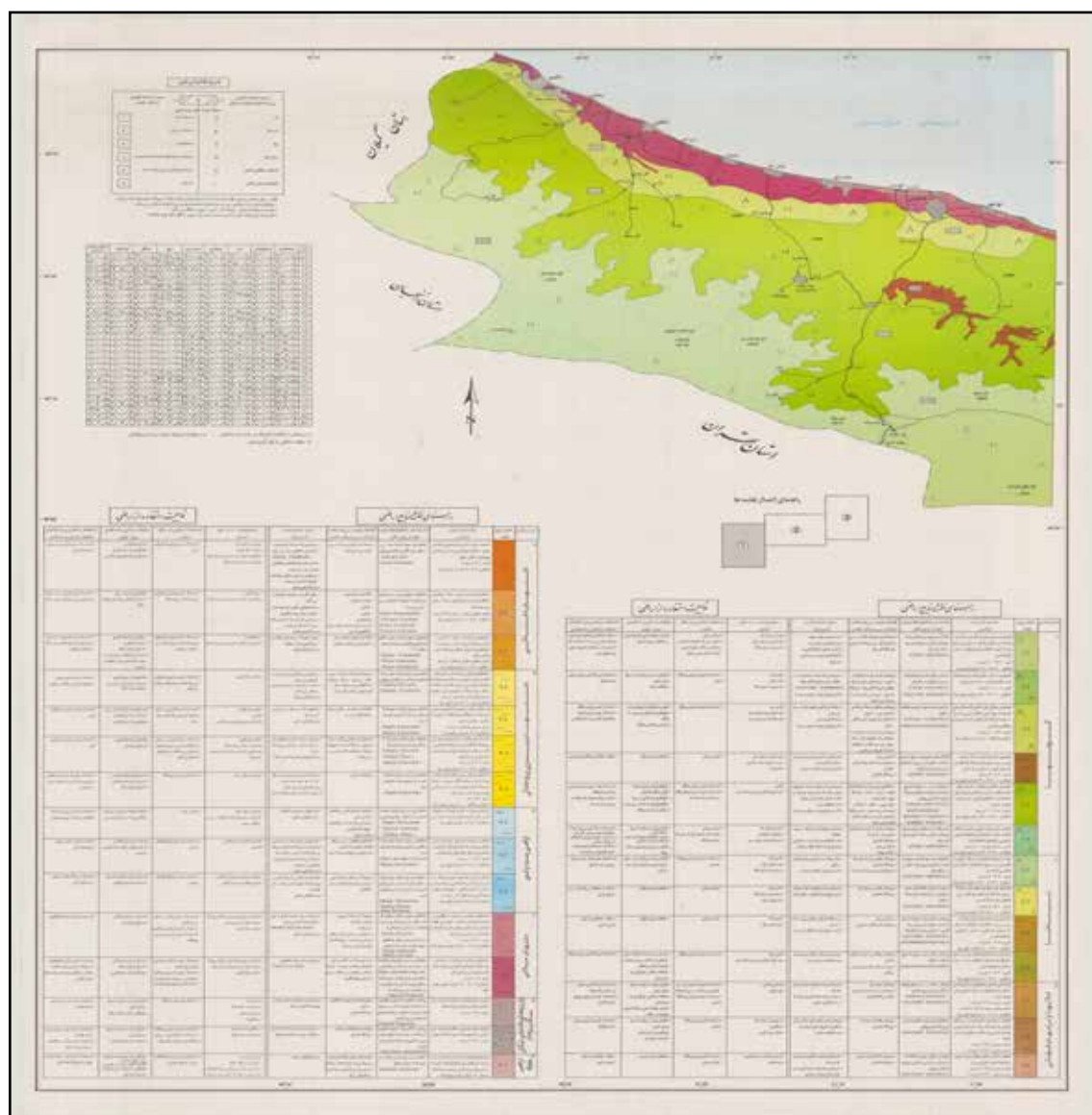
نقشه‌های منابع خاک در سطح منطقه ای

نقشه‌های رنگی میان مقیاس (۰،۰۰۰:۲۵۰) ارزیابی منابع و قابلیت اراضی

با توجه به نتایج مطالعات و تحقیقاتی که در زمینه‌های مختلف علوم خاک در بخش‌های تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب و همچنین سایر بخش‌های مختلف مرتبط با اراضی و کشاورزی جمع آوری شده بود، به نظر می‌رسید تلفیق اطلاعات بتواند برای مدیریت منابع اراضی سودمندتر از موردی باشد. به همین منظور بخش تحقیقات ارزیابی اراضی در سال ۱۳۴۶ تأسیس گردید تا عهده دار انجام مطالعات ارزیابی منابع خاک و قابلیت اراضی کشور گردد. بر اساس این رویکرد، مطالعات انجام گرفته در این بخش عمدتاً مربوط به ارزیابی اراضی برای انواع استفاده‌های اصلی از اراضی نظیر زراعت آبی، زراعت دیم، باغ، مرتع، جنگل و غیره متمرکز بوده است. نتایج بدست آمده در قالب نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی بصورت رنگی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در سطح استانی برای ۱۰۵ میلیون هکتار از اراضی کشور همراه با گزارشات و توصیه‌های لازم منتشر و در اختیار مجریان طرح‌های مختلف عمرانی کشور قرار گرفته است (جدول ۴ و شکل ۸). ضمناً به دلیل اهمیت خاص بخشی از اراضی واقع در محدود حوزه‌های آبخیز رودخانه‌ها و پشت سدها، اراضی بخشی از این مناطق با سطح دقت بالاتر مورد مطالعات ارزیابی قرار گرفته و نقشه‌های مربوطه با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ تا حد اجزاء واحد اراضی تهیه و منتشر گردیده است. مطالعاتی که تا کنون توسط بخش تحقیقات ارزیابی اراضی مؤسسه خاک و آب انجام گرفته کمک شایانی به ارزیابی منابع و استعداد اراضی نموده و ضمن تأیید روش‌های بکار رفته در این مطالعات از طرف سازمان جهانی خواربار و کشاورزی، اطلاعات آن در سایر پروژه‌هایی که این سازمان بین‌المللی در آنها همکاری نموده است، مورد استفاده قرار گرفته است. کاربری اراضی در شرایط فعلی، استعداد اراضی و محدودیت‌های اراضی از جمله اطلاعات مهم حاوی این نقشه‌ها می‌باشد.

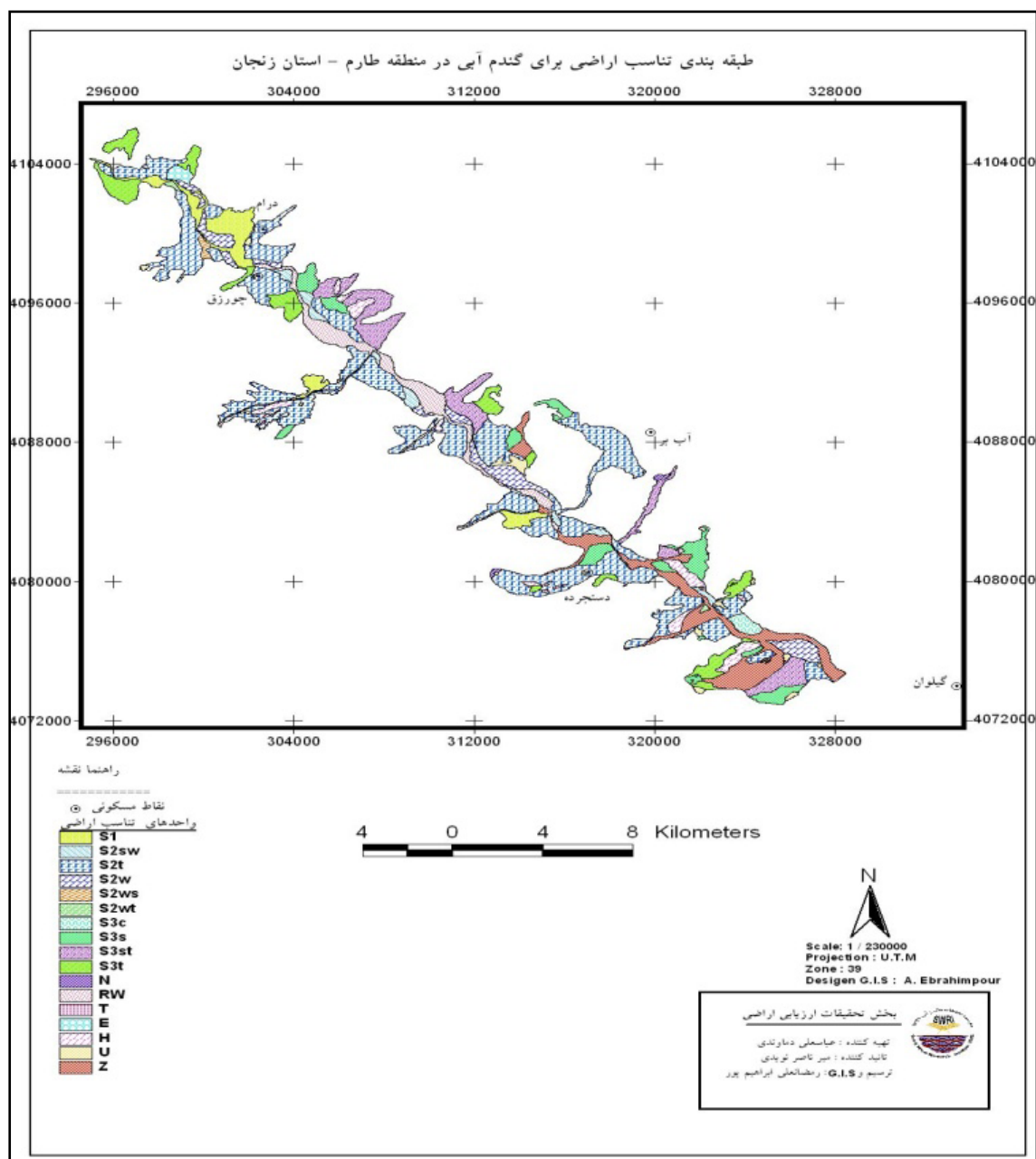
جدول ۴- فهرست نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی اراضی رنگی با مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰ در سطح استانی

نام استانها	سال تهیه	تعداد شیت
آذربایجان شرقی و اردبیل	۱۳۷۳	۴
آذربایجان غربی	۱۳۶۸	۳
اصفهان	۱۳۷۵	۹
ایلام	۱۳۶۹	۱
کهگیلویه و بویر احمد	۱۳۷۳	۲
بوشهر	۱۳۷۳	۳
تهران و البرز و قم	۱۳۷۰	۲
چهار محال و بختیاری	۱۳۷۰	۱
خراسان (شمالی، رضوی و جنوبی)	۱۳۷۵	۱۴
خوزستان	۱۳۷۰	۴
زنجان و قزوین	۱۳۶۶	۲
فارس	۱۳۷۴	۱۰
کردستان	۱۳۶۰	۱
کرمانشاه	۱۳۶۴	۱
گیلان	۱۳۷۱	۲
مازندران گلستان	۱۳۷۴	۳
مرکزی	۱۳۷۲	۲
هرمزگان	۱۳۷۵	۵
همدان	۱۳۶۴	۱
یزد	۱۳۷۴	۶
لرستان	۱۳۶۷	۱



شکل ۸- نمونه‌ای از نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰

در سالهای اخیر روند تحقیقات در بخش ارزیابی اراضی سمت و سوی جدیدی پیدا نموده و مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی تناسب اراضی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به تهیه نقشه‌های ارزیابی تناسب اراضی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برای محصولات زراعی و باغی در سطحی معادل دو میلیون هکتار از دشت‌های مختلف کشور اشاره نمود (شکل ۹). ایجاد یک ساختار علمی و مرتبط برای مشارکت فعال در مباحث مربوط به تصمیم‌گیری برای اجرای برنامه‌های کلان و خرد توسط دستگاه‌های اجرای کشور به گونه‌ای که این امر موجب بهبود و ارتقاء سطح روابط بین بخش تحقیقات ارزیابی اراضی و سایر بخش‌های اجرایی گردد و همچنین آگاه ساختن بخش اجرا و تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران بخش غیر کشاورزی از اهمیت ارزیابی اراضی و نقش آن در امنیت غذایی کشور و توجه دادن به آنان به اهمیت امر نظارت بر انجام مطالعات ارزیابی و پایه‌گذاری مبانی اطلاعاتی برای افزایش آگاهی‌های عمومی و آگاهی دادن به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در سطوح منطقه‌ای و محلی نیز از دیگر فعالیت‌های بخش تحقیقات ارزیابی اراضی است.



شکل ۹- نمونه ای از نقشه های ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات زراعی

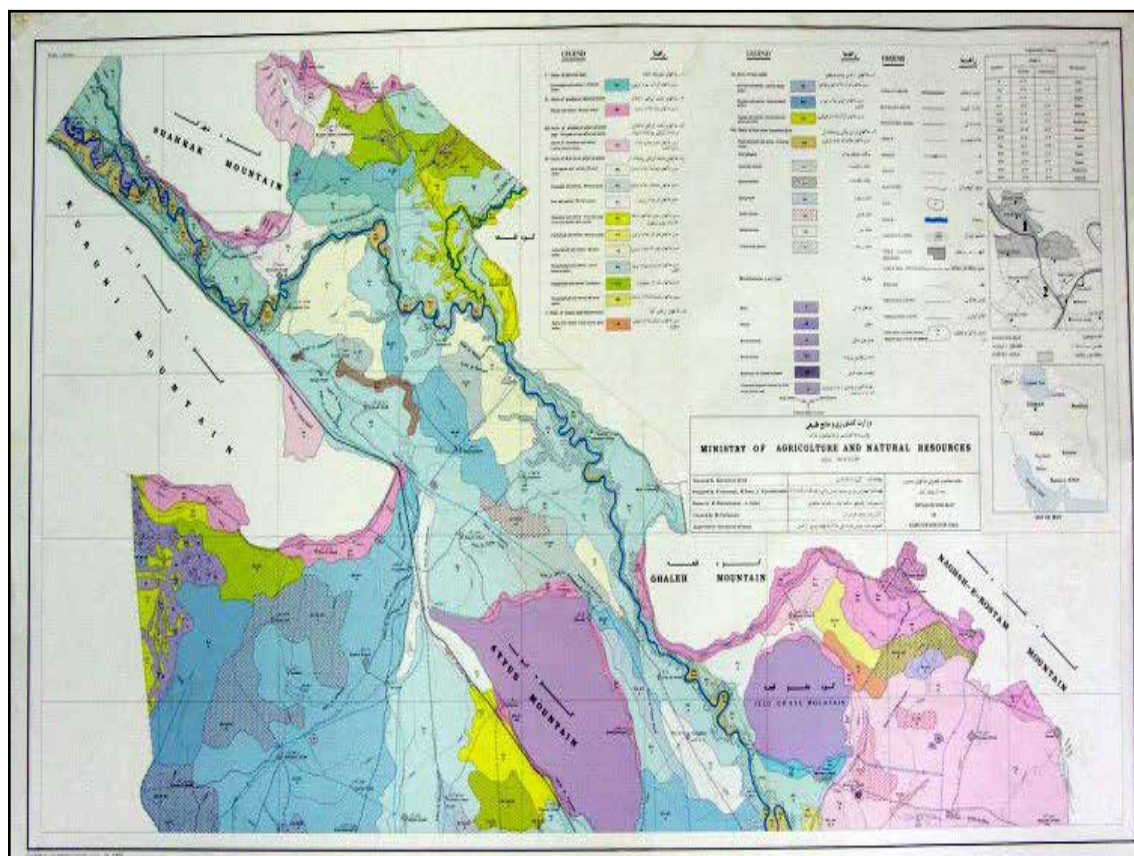
نقشه های خاکشناسی در سطح محلی

نقشه های خاکشناسی و طبقه بندی اراضی کشاورزی کشور در سطح ۲۲ میلیون هکتار هدف از انجام مطالعات خاکشناسی در سطح محلی کشف حقایق در مورد خصوصیات خاکها و نحوه پراکنش آنها در طبیعت بوده و هر قدر که دامنه این آگاهی افزایش می یابد به همان نسبت یافته های به دست آمده بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. طبقه بندی خاک که مبنای تفکیک واحدهای نقشه خاک است روشی برای سازماندهی دانسته ها در مورد خاک ها و انتقال آن به دیگران است. اساسا هر خاکی دارای مجموعه ای از خصوصیات ذاتی است که از آنها می

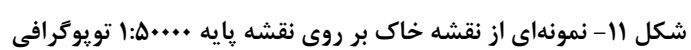
توان برای توصیف خاک استفاده کرد. این خصوصیات در یک سری از خاک‌ها ممکن است با سری دیگر متفاوت باشد ولی مقدار تغییرات آن در درون فازهای یک سری چندان زیاد نیست. در رده‌بندی خاک‌ها، خاک‌های با خصوصیات مشابه در یک گروه قرار داده می‌شوند و بدین صورت نحوه گسترش پیکره‌های خاک در طبیعت تعیین می‌گردد.

هدف از تهیه نقشه خاک (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)، ترسیم مرزهایی است که پیکره‌های طبیعی خاک را تفکیک نموده و پراکنش آنها را نشان دهد. مرزها و محدوده گسترش یک خاک بر اساس شواهدی که در یک زمین نما می‌توان دید و همچنین مشاهده و اندازه‌گیری خصوصیات خاک در نیمرخ خاک‌ها بر روی نقشه ترسیم می‌گردد. خاک‌ها به دلیل ماهیت متغیرشان در محدوده‌های ترسیم شده دارای ناخالصی بوده، ولی با این وجود این محدوده‌ها یا واحدهای نقشه خاک (بسته به مقیاس نقشه) بهترین تقریب از واقعیت موجود در طبیعت به شمار می‌روند.

تا پایان سال ۱۳۸۵ تقریباً تمام دشت‌های کشاورزی کشور در چهار سطح دقت اجمالی، نیمه تفصیلی و تفصیلی توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب مورد مطالعه خاکشناسی قرار گرفته و نقشه‌های خاک و طبقه‌بندی اراضی این دشت‌ها در سطح بیش از ۲۲/۵ میلیون هکتار عمدتاً با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ و ۱:۲۰,۰۰۰ یا بزرگتر تهیه شده است و بر روی نقشه‌های پایه با همان مقیاس‌ها منطبق و در دسترس عموم کاربران قرار گرفته است.



شکل ۱۰- نقشه خاک (تهیه شده توسط کارشناسان خاکشناسی با همکاری فائو)



مطالعات خاک‌شناسی تاکنون عمدتاً بر اساس تقاضای مجریان طرح‌های عمرانی (بخش دولتی) و در سه دهه اخیر طبق یک برنامه از پیش تعیین شده تحت عنوان «مطالعات پوششی خاک‌شناسی» در سراسر کشور با اولویت دشت‌های دارای پتانسیل تولید کشاورزی انجام شده است. شکل ۱۲، جانمایی مطالعات خاک‌شناسی انجام شده در کشور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- جانمایی مطالعات خاک‌شناسی انجام شده در کشور تا سال ۱۳۸۵

دستاوردهای مطالعات خاک‌شناسی انجام شده در کشور در قالب نقشه‌های خاک‌شناسی و بیش از ۵۵۰ گزارش همراه آنها منتشر شده است. نقشه‌ها و گزارش‌های خاک‌شناسی که بر پایه تفسیر داده‌های حاصل از مطالعات مورفولوژیکی و نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی خاکها در مناطق مطالعه شده تهیه شده است، در رابطه با خصوصیات منابع خاک اطلاعات ذی‌قیمتی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این اطلاعات در کاربری‌های مختلف کشاورزی، بویژه تعیین قابلیت اراضی برای کشت آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشخصات مطالعات خاک‌شناسی در جداول شماره ۵ و ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- مساحت اراضی تحت پوشش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در ایران به تفکیک دقت مطالعاتی

مساحت		دقت مطالعاتی
(درصد)	(هکتار)	
۶۵	۱۲,۵۰۰,۰۰۰	اجمالی
۱۴	۹,۲۵۰,۰۰۰	نیمه تفصیلی
۳	۶۵۰,۰۰۰	تفصیلی
۱۰۰	۲۲,۴۰۰,۰۰۰	جمع

جدول ۶- مساحت اراضی تحت پوشش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در ایران به تفکیک مقیاس

مساحت		مقیاس نقشه
(درصد)	(هکتار)	
۶	۱,۳۰۰,۰۰۰	۱۰۰: ۱,۰۰۰
۷۵	۱۶,۸۰۰,۰۰۰	۵۰: ۱,۰۰۰
۱۵	۳,۳۰۰,۰۰۰	۲۰: ۱,۰۰۰
۴	۱,۰۰۰,۰۰۰	سایر موارد
۱۰۰	۲۲,۰۰۴,۰۰۰	جمع

از مجموع کل اراضی مطالعه شده، هجده میلیون هکتار توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب و پنج میلیون هکتار با نظارت این مؤسسه توسط بخش خصوصی انجام شده است (جدول ۷).

جدول ۷- مساحت اراضی تحت پوشش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی به تفکیک مجری و دقت مطالعاتی

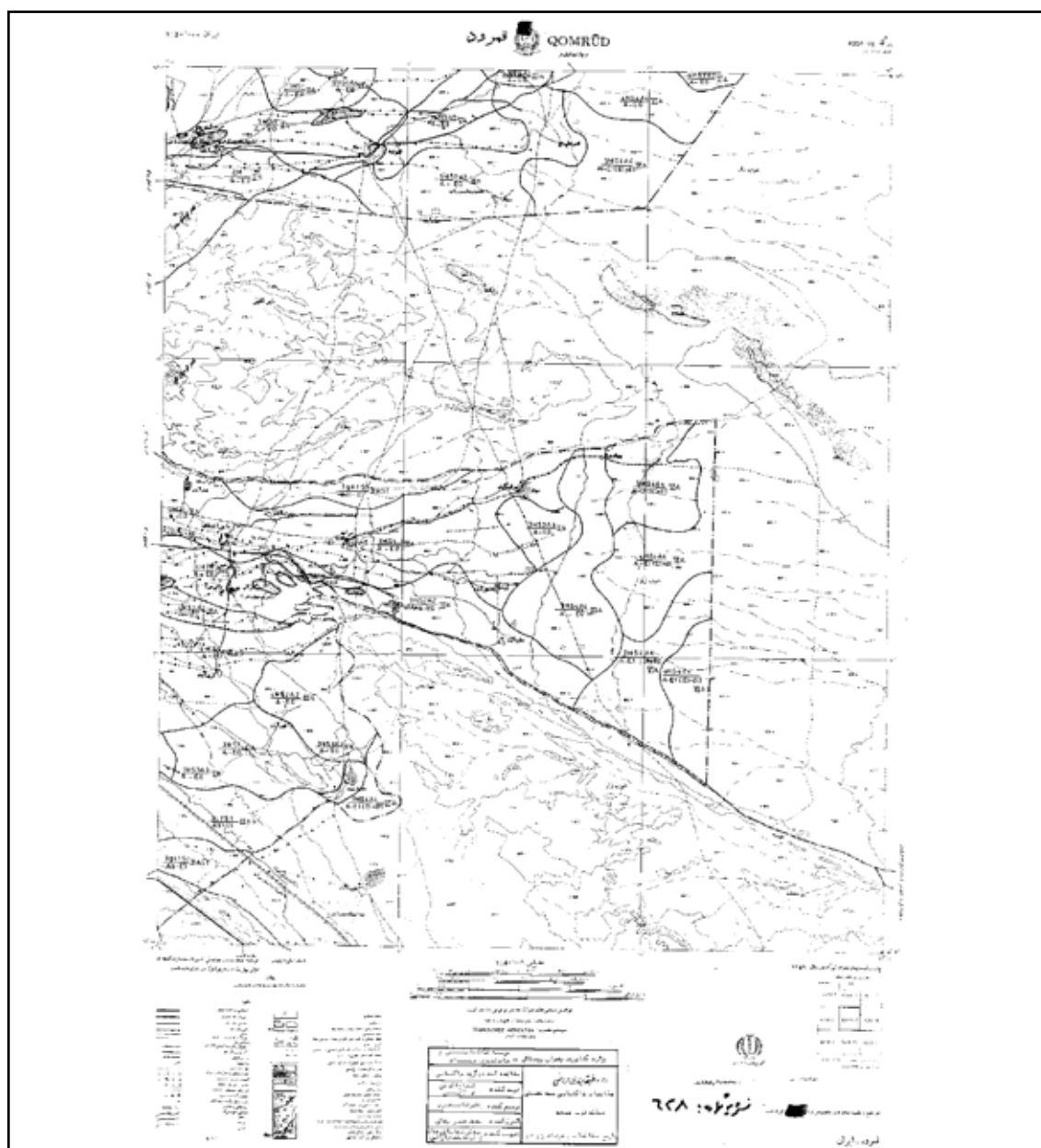
مساحت (هزار هکتار)	دقت مطالعاتی	مجری
۱۱,۳۰۰	اجمالی	مؤسسه تحقیقات خاک و آب
۶,۰۰۰	نیمه تفصیلی	
۵۰۰	تفصیلی	
۱۷,۸۰۰	جمع	
۱,۲۰۰	اجمالی	مهندسین مشاور
۳,۳۵۰	نیمه تفصیلی	
۱۵۰	تفصیلی	
۴,۶۰۰	جمع	
۲۲,۴۰۰		جمع کل

نقشه های تفسیری مطالعات خاکشناسی

نقشه های طبقه بندی اراضی: نقشه های طبقه بندی اراضی یکی از نقشه های تفسیری است که همزمان با مطالعات خاک شناسی و با استفاده از اطلاعات و داده های جمع آوری شده در مطالعات میدانی و نتایج تجزیه های آزمایشگاهی نمونه های خاک و آب تهیه می شود. این نقشه ها کاربرد وسیعی در مکان یابی اراضی برای کاربری های مختلف و طراحی استفاده از اراضی دارد. هدف از تهیه این گونه نقشه ها این است که یک ارزیابی مقدماتی از اراضی برای آبیاری به عمل آورده و محدودیت ها و خطرات تخریب و انحطاط آنها را در ارتباط با خصوصیات خاک، شوری و قلیائیت، پستی و بلندی، فرسایش و زهکشی نشان دهد. این ارزیابی مبتنی بر استانداردهای از

پیش وضع شده ای است که از تجربه کلی حاصل از طبقه بندی اراضی به منظور زراعت آبی در سطح کشور گرفته شده است.

طبقه بندی استاندارد اراضی، بارزترین خصوصیات اراضی (حدود ۲۰ خصوصیت) را در رابطه با آبیاری، نحوه استفاده از اراضی و مشکلات و محدودیت های فعلی آنها نشان می دهد. در این طبقه بندی فرض بر آن است که هیچگونه عملیات اصلاح و بهبود اراضی که محدودیت های فعلی و کیفیت اراضی را دگرگون سازد، صورت نخواهد گرفت. علاوه بر آن فرض های دیگری نیز در زمینه کیفیت و کمیت آب آبیاری، محل و ارتفاع اراضی، سطح مدیریت، سیستم آبیاری و غیره در نظر گرفته شده است. شکل ۱۳، یک نمونه از نقشه های کلاس طبقه بندی اراضی و جدول ۸، مساحت تحت پوشش کلاس های اراضی در وسعتی حدود ۲۲ میلیون هکتار را نشان می دهد.



شکل ۱۳- نمونه ای از نقشه های طبقه بندی اراضی

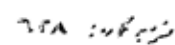


جدول ۸- مساحت تحت پوشش کلاس‌های اراضی در ایران

مساحت		کلاس اراضی
درصد	هکتار	
۶	۱,۲۵۳,۴۷۵	I
۲۲	۴,۹۴۵,۹۴۰	II
۲۹	۶,۵۷۸,۰۲۰	III
۱۳	۲,۹۹۹,۲۸۰	IV
۱۳	۲,۸۷۳,۸۸۰	V
۱۱	۲,۴۲۵,۳۵۵	VI
۶	۱,۲۶۱,۶۶۰	اراضی مخلوط
۱۰۰	۲۲,۳۳۷,۶۱۰	جمع

نقشه‌های شوری و قلیائیت خاک

با توجه به این که اغلب خاک‌های کشور در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند، تجمع نمک‌های محلول در نیمرخ خاک می‌تواند یکی از فرایندهای غالب به ویژه در مناطق پست باشد. با توجه به وسعت و پراکندگی اینگونه خاک‌ها در کشور، تاثیر وجود املاح در کم کردن رشد و عملکرد گیاهان زراعی و نقش املاح در آبیاری اراضی زراعی، نقشه‌های شوری و قلیائیت (شکل ۱۴) به عنوان یکی از نقشه‌های کاربردی در مطالعات خاکشناسی تهیه می‌گردد. برای تهیه اینگونه نقشه‌ها، شوری و قلیائیت خاک افق‌های مختلف نیمرخ خاک اندازه‌گیری و بر اساس میانگین وزنی این دو فاکتور و کلاس‌های استاندارد به هر واحد خاک یک کد اختصاص می‌یابد (ماهلر، ۱۹۷۰). در استاندارد موجود، مقطع محاسبه شوری و قلیائیت در نیمرخ خاک اطلاعات مربوط به هدایت الکتریکی و درصد سدیم تبادلی در سه عمق ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی متری، ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی متری و ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی متری است. در این نقشه‌ها کلاس خاک‌ها بر اساس میانگین وزنی هدایت الکتریکی خاک تا عمق ۱۵۰ سانتی متری از سطح زمین تعیین و کلاس‌های شوری یا محدودیت شوری بر اساس استانداردهای مؤسسه تحقیقات خاک و آب کد گذاری گردیده‌اند.



مذہب : ۶۵۸

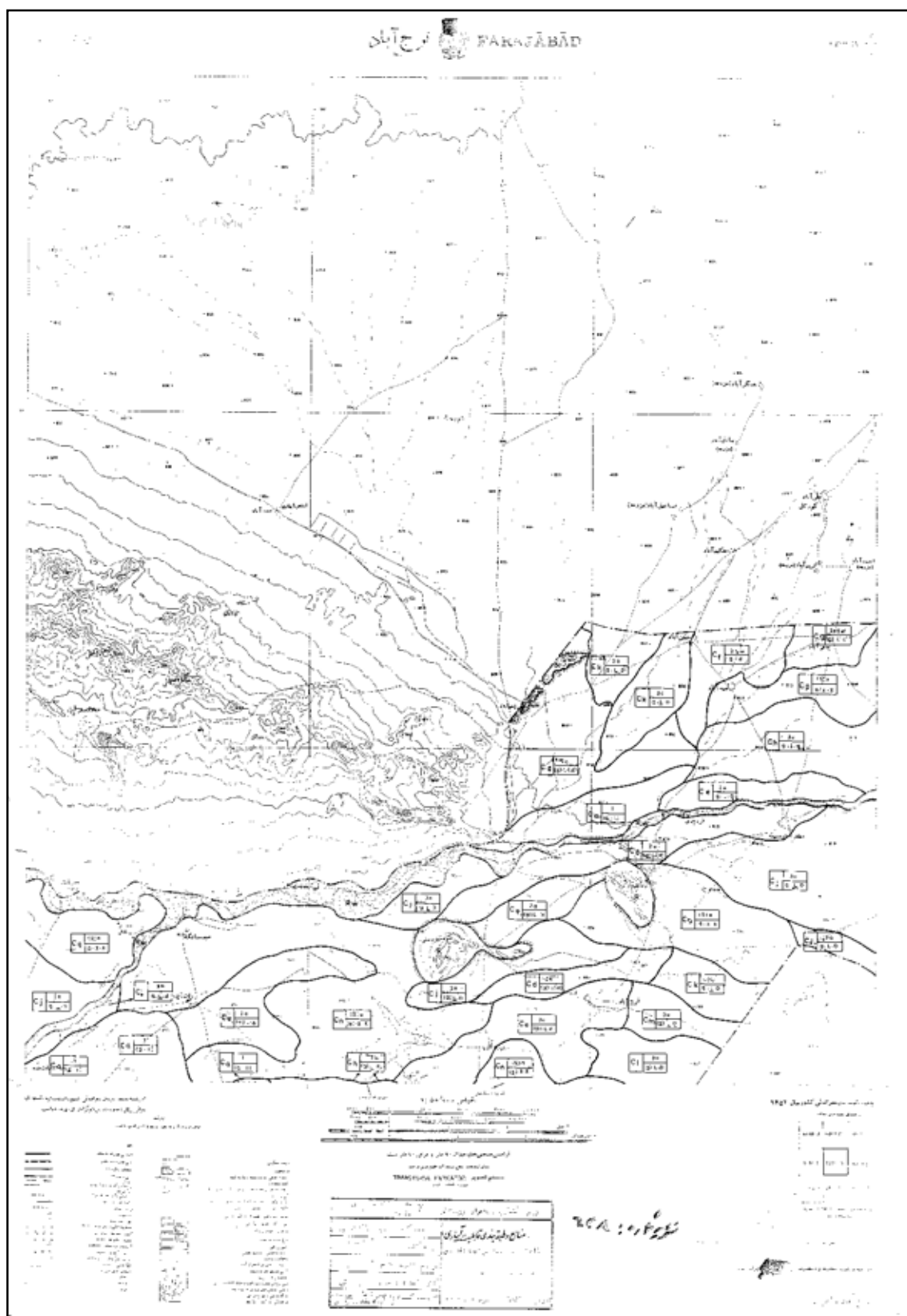


نقشه های قابلیت آبیاری

پس از انجام مطالعات خاک شناسی، تهیه نقشه گسترش سری های خاک، فازهای خاک و نقشه های طبقه بندی استاندارد اراضی، سرانجام محصول نهایی مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق و تفصیلی منجر به تهیه نقشه های تفسیری طبقه بندی قابلیت آبیاری (شکل ۱۵) می گردد که در واقع نقشه های کاربردی این مطالعات هستند. در این نقشه ها با توجه به محدودیت های غیر قابل اصلاح و محدودیت های قابل اصلاح، سطح و نوع عملیات اصلاح اراضی در محدوده پروژه ها تعیین می گردد و در نهایت کلاس های طبقه بندی قابلیت آبیاری مشخص می شود. در این مطالعات برای هر یک از انواع عملیات اصلاح اراضی مورد نیاز نظیر تسطیح اراضی، زهکشی، آبشویی و غیره، چهار سطح در نظر گرفته شده است. این چهار سطح اصلاحی متناسب با مقدار کار مورد نیاز (کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) در نظر گرفته شده اند. سطوح مختلف به این منظور در نظر گرفته شده اند تا بتواند از نوع و میزان سرمایه گذاری های لازم اولیه برای اراضی مختلف که محدوده پروژه ها قرار دارند، مقایسه ای به عمل آورد. بنابراین طبقه بندی قابلیت آبیاری اراضی، نوعی طبقه بندی دو منظوره است که از یک طرف سطح و نوع اصلاحات اراضی مورد نیاز را مشخص می کند و از سوی دیگر مناسب بودن اراضی را برای آبیاری بعد از انجام اقدامات اصلاحی تعیین می نماید.

مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی ایستگاههای تحقیقات کشاورزی در سراسر کشور

مطالعات خاکشناسی با مقیاس تفصیلی در تعداد زیادی از ایستگاههای تحقیقات کشاورزی در سراسر کشور به منظور تعیین خصوصیات دقیق خاکها انجام گرفته است. اطلاعات این مطالعات به ویژه مورد استفاده محققین و پژوهشگران شاخه های مختلف کشاورزی در طرحهای مورد اجرا بر روی بستر خاک این ایستگاهها قرار می گیرد و این امکان را فراهم می آورد تا بتوان نتایج اجرای طرحهای تحقیقاتی را به سایر مناطق خارج از ایستگاه تعمیم داد.



شکل ۱۵- نمونه ای از نقشه قابلیت آبیاری



توجیه اقتصادی انجام مطالعات خاکشناسی

امروزه هزینه انجام مطالعات میدانی و آزمایشگاهی مطالعات خاکشناسی بطور متوسط حدود یکصد و پنجاه هزار ریال در هکتار است. اگر صرفاً جنبه های اقتصادی تحقیقات شناسائی خاک در کشور را در نظر بگیریم، متوجه می شویم که سرمایه موجود در مؤسسه تحقیقات خاک و آب از بعد موجودیت اطلاعات پایه ای منابع خاک کشور در حال حاضر رقمی معادل ۳,۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰ تومان (۳۳۰ میلیارد تومان) است، که این رقم به مراتب بیش از کل بودجه ای است که از بدو تاسیس به مؤسسه تحقیقات خاک و آب اختصاص داده شده است. اگر به این رقم ارزش فعلی زیر ساخت های تحقیقاتی اعم از توسعه منابع انسانی، ابزار های تحقیقاتی و ارزش افزوده فضاهای تحقیقاتی را نیز اضافه کنیم سود حاصل از سرمایه گذاری تحقیقات خاکشناسی بسیار چشمگیر خواهد شد. بنابراین سرمایه گذاری در تحقیقات شناسائی خاک یک تجارت پر سود است که نمود آن را می توان در تولید نقشه ها و گزارش های خاکشناسی و تأثیری که استفاده از این اسناد پایه در توسعه پروژه های عمرانی کشور دارد ملاحظه کرد. از آنجائی که تقریباً کلیه پروژه های عمرانی در بخش کشاورزی بر مبنای نقشه های خاکشناسی و طبقه بندی اراضی انجام می شود، سهم نقشه های خاکشناسی در ارزش اقتصادی تولیدات کشاورزی و نقش آنها در امنیت غذایی کشور قابل تخمین است.

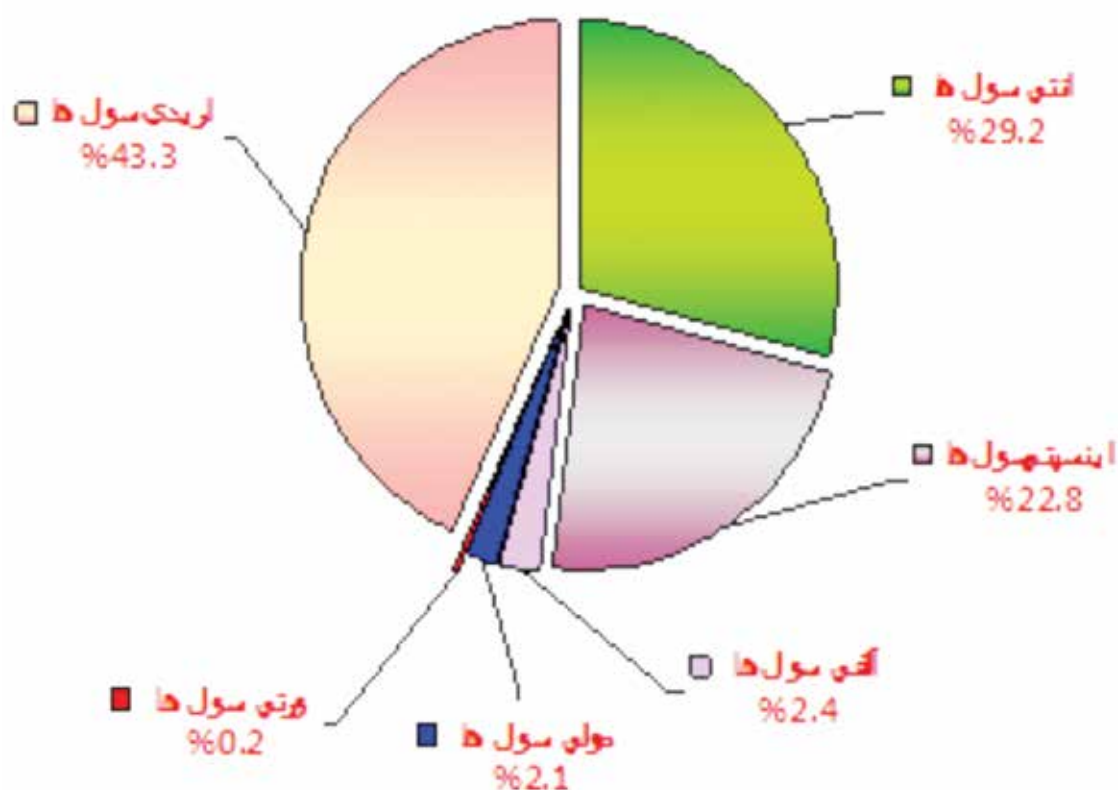
آنچه در این میان حائز اهمیت است مسئله پیش پژوهشی است. چنانکه در بالا اشاره شد، انجام پروژه های عمرانی در بخش کشاورزی منوط به موجود بودن اطلاعات خاکشناسی است. تولید این اطلاعات بسیار زمان بر است و چنانچه از پیش تهیه نشده باشند، اجرای پروژه های عمرانی تا زمان تهیه این اطلاعات به تأخیر خواهد افتاد. با توجه به اینکه مؤسسه تحقیقات خاک و آب در این زمینه قبلاً سرمایه گذاری کرده و اطلاعات خاکشناسی را تولید نموده است لذا اجرای روز آمد و به موقع پروژه های عمرانی بر مبنای اطلاعات حاوی نقشه های خاک موجود در آرشیو مؤسسه امکان پذیر است. اطلاعات منابع خاکها، در قالب نقشه های خاکشناسی، کارافزارهائی هستند که امکان ظرفیت سنجی منابع تولید کشاورزی را فراهم می آورند. یک پروژه خاکشناسی یک سرمایه گذاری است که مطمئناً سود آن چندین برابر هزینه های انجام شده است. طبق محاسبات انجام شده در منابع مختلف، نسبت خرج به دخل پروژه های خاکشناسی حتی به ۴۵ هم می رسد. سوددهی انجام اینگونه پروژه های زیربنائی در اجرای بسیاری از طرح های عمرانی، توسعه ای، اکولوژیکی، بهداشتی، تفریحی و آموزشی قابل ملاحظه بوده و از ارزش آنها در طول زمان کاسته نمی شود. هم اکنون حجم مطالعات خاکشناسی که با تلاش همکاران موسسه در نیم قرن گذشته در کشور انجام گرفته است و از آن به عنوان یک سرمایه ملی یاد می گردد به صورت فزاینده ای پاسخگوی هزینه های پرداخت شده است. متأسفانه در حال حاضر حتی برای تجدید و یا بازنگری نقشه های تهیه شده منابع خاک کشور، از نظر تأمین منابع مالی و نیروی متخصص با چالش جدی روبرو هستیم.

رده بندی خاکها

در مطالعات خاکشناسی در ایران تا قبل از معرفی سیستم جامع رده بندی خاکها (USDA, ۱۹۷۵) از سیستم طبقه بندی معمول در ایران (طبقه بندی سال ۱۹۳۸ وزارت کشاورزی آمریکا) برای رده بندی خاک ها استفاده می شد. از سال ۱۹۷۵ سیستم جامع رده بندی خاکها بطور گسترده ای برای طبقه بندی خاکها در سطح جهانی معرفی گردید و بدنبال آن در ایران از سال ۱۳۵۵ هجری

شمسی سیستم جامع رده‌بندی خاکها بجای طبقه بندی ۱۹۳۸ مورد استفاده قرار گرفت. در این سیستم به منظور تفکیک سطوح رده بندی، صفات و عواملی مد نظر می باشند که در تشکیل و تکامل خاکها و توان آنها برای رشد و نمو گیاهان تاثیر گذار بوده و قابل اندازه گیری هستند. در حال حاضر، این سیستم دارای ۱۲ رده است که هر یک در سطوح پائین تر به چندین زیر رده، گروه بزرگ، زیر گروه، فامیل و سری خاک تقسیم می‌شوند.

واحدهای نقشه خاک بر اساس یک زیرگروه غالب و یک زیرگروه همراه و پیسه به انضمام بافت خاک سطحی و شیب خاک غالب و استعداد هر واحد خاک برای کاربری‌های اصلی در قالب واحدهای لندفرم مشخص گردیده است. واحدهایی از نقشه شامل خاکها متفرقه میباشد که فاقد هر گونه پوشش خاکی است و قادر به نگهداری گیاهان و یا استعداد تولیدات کشاورزی نمی باشند. شکل ۱۶ درصد و شکل ۱۷، پراکنش جغرافیایی رده‌های غالب خاک در سطح کشور را نشان می‌دهد که مستخرج از انجام مطالعات خاکشناسی می باشد.



شکل ۱۶- درصد رده‌های غالب خاک در ایران

3- Dominant soil component

4-Minor soil component

5- Inclusion of soil map unit



شکل ۱۷- رده‌های اصلی خاک در ایران

نقشه‌های نیمه تفصیلی حاصلخیزی اراضی کشاورزی استان‌های فارس، خوزستان و گلستان

سیستم‌های کشاورزی در ایران بر پایه مدیریت یکنواخت مزارع پایه‌ریزی شده‌اند و در آنها تغییرات مکانی درون مزرعه‌ای مربوط به فاکتورهای تولید نادیده گرفته می‌شوند. منابع خاک تحت کشت یکنواخت و مداوم از عناصر غذایی تخلیه شده و متغیرهای غذایی خاک طی قرن‌ها کشت و برداشت در سطوح بسیار کم بطور غیریکنواخت تثبیت شده‌اند. در نتیجه تولید کشاورزی بدون در نظر گرفتن تغییرات کوتاه دامنه بسترهای تولید می‌تواند در درازمدت باعث تخلیه بنیه غذایی منابع خاک و همچنین آلودگی محیط زیست شود. تعیین ساختار مکانی و پراکنش متغیرهای غذایی خاک در قالب نقشه حاصلخیزی خاک می‌تواند مدیریت ویژه مکانی خاک را امکان‌پذیر نموده و باعث افزایش تولید کشاورزی و در عین حال جلوگیری از تخریب محیط زیست گردد.

برای تهیه نقشه پراکنش جغرافیایی عناصر غذایی در اراضی تحت کشت گندم آبی در استانهای فارس، خوزستان و گلستان یک طرح تحقیقاتی ۵ ساله و ۱۳ پروژه زیر آن طی سالهای ۱۳۸۴ تا

۱۳۸۸ در مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد. این طرح به منظور نیل به اهدافی شامل تخمین بنيه غذایی خاک‌ها، پهنه بندی خاک های مساله دار، بهینه کردن مصرف نهاده های کشاورزی و بهبود مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه اجرا گردید. نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه های خاک نقاط مشاهداتی با استفاده از تکنیک‌های آماری و زمین آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نقشه پراکنش مکانی هر متغیر در قالب نقشه پهنه بندی برای اراضی مورد مطالعه تهیه شد.

نتایج بدست آمده در این تحقیق می تواند زمینه را برای مدیریت تغذیه گیاه متناسب با خصوصیات خاک های تحت کشت گندم آبی فراهم آورد. حفظ توازن عناصر غذایی خاک، تغذیه متعادل گیاه، مدیریت کربن آلی خاک، مدیریت و اصلاح خاک های شور و کمک به حفظ محیط زیست از جمله مواردی هستند که می توان آنها را بر مبنای اطلاعات ارائه شده در نقشه های پراکنش مکانی متغیرهای ذاتی و تابع-مدیریتی خاک که در این تحقیق تهیه شده است، مورد بررسی قرار داد و راه حل های مناسب برای آنها ارائه نمود.

گندم (*Triticum aestivum*) گیاه نسبتاً مقاومی است که در شرایط محیطی متفاوت می توان آن را تولید کرد. چون گندم در مناطق زیادی در دنیا کشت می شود، در تمام فصول سال مناطقی تحت کشت گندم است، اما همه ارقام های گندم در همه جا رشد نمی کنند. ایران از جمله معدود کشورهایی است که به علت شرایط آب و هوایی متنوع، گندم در بسیاری از مناطق آن کشت می شود. در شرایط محیطی متنوع کشور، خاکهای متنوعی وجود دارد که کشت گندم بر روی آنها انجام می شود. به علت تنوع خصوصیات خاکهای زیر کشت گندم آبی، کمیت و کیفیت گندم میتواند تحت تاثیر فاکتورهای خاکی کنترل کننده رشد گیاه قرار گیرد.

از این روی، تعیین توان خاک در دشتهای گندم خیز کشور در برآورده کردن نیازهای رویشی گندم می تواند نقش تعیین کننده ای در افزایش کمی و کیفی گندم داشته باشد. هدف از تهیه نقشه های پراکنش جغرافیائی عناصر غذایی در خاکهای اراضی تحت کشت گندم آبی فراهم آوردن امکان تصمیم سازی بهتر برای کشاورزان در تولید محصولی اقتصادی است. کشاورزان گندم کار باید قادر باشند که گندم را بطور اقتصادی تولید کنند و بتوانند با قیمت های گندم وارداتی رقابت کنند. تولید بیشتر در واحد سطح نیاز به اطلاعات و تکنیک های نو در زمینه برنامه ریزی و مدیریت تولید گندم دارد.

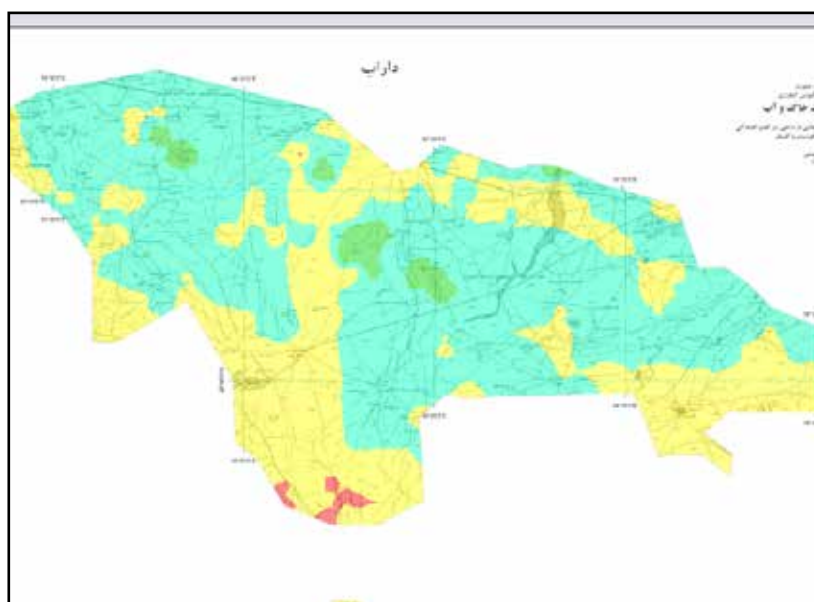
در این مطالعه، برای هر دشت، یک آلبوم جداگانه حاوی نقشه های مقدار و الگوی پراکنش جغرافیائی خصوصیات ذاتی و تابع-مدیریتی خاک در اراضی تحت کشت گندم آبی در استانهای فارس، خوزستان و گلستان تهیه شد.

برای استان فارس ۸ آلبوم، برای استان خوزستان ۵ آلبوم و برای استان گلستان نیز ۵ آلبوم تهیه شد. هر آلبوم حاوی نقشه های خصوصیات ذاتی و تابع-مدیریتی خاک شامل بافت خاک، ماده آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، نوع کانی های رسی در خاک، اسیدیته خاک، عناصر غذایی اصلی، عناصر غذایی کم مصرف، عناصر غذایی ثانویه و شوری خاک می باشد. نمونه ای از آلبوم نقشه های حاصلخیزی خاک اراضی تحت کشت گندم آبی که در این تحقیق برای استانهای فارس، خوزستان و گلستان تولید شد در شکل ۱۸ ارائه شده است.

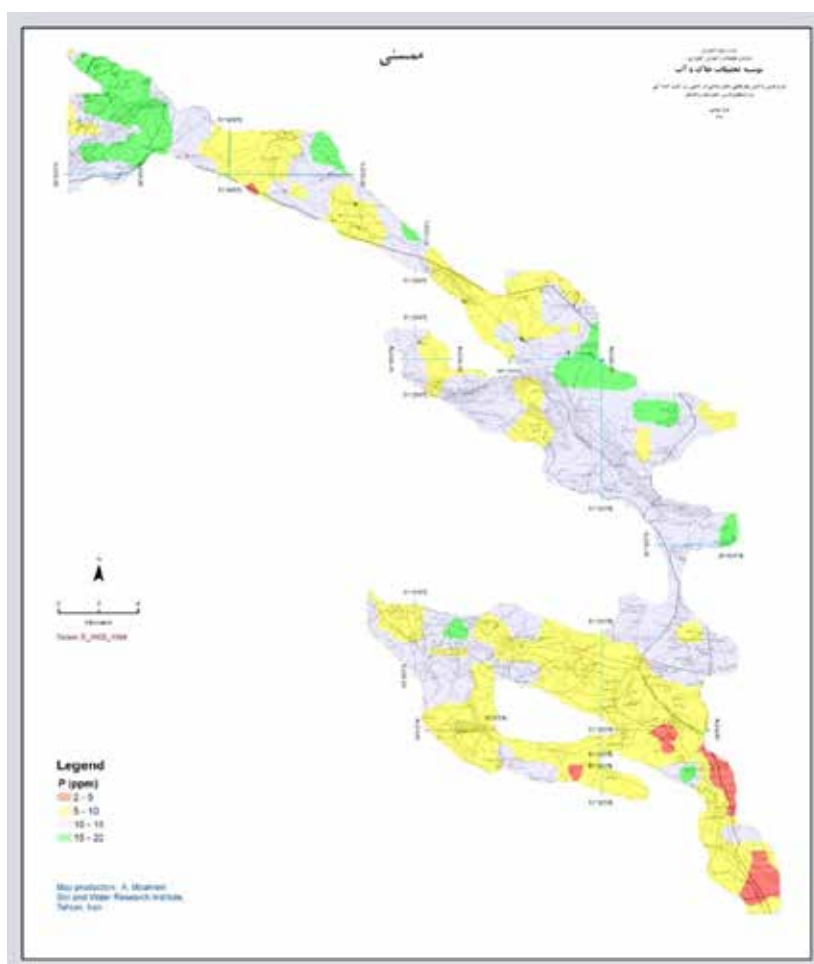


شکل ۱۸- آلبوم نقشه های حاصلخیزی خاک اراضی تحت کشت گندم آبی در استانهای فارس، خوزستان و گلستان

نقشه های تولید شده در این تحقیق (شکل های ۱۹ و ۲۰) حاوی اطلاعات مکانی و توصیفی خاک بسترهای تولید و پتانسیل آنها برای تامین نیاز غذایی گندم آبی است. این نقشه ها با مقیاس مدیریت پذیر و کاربردی تهیه شده اند که کشاورزان را قادر می سازد تا به سهولت به مکانیابی مزارع خود اقدام نمایند و از چگونگی وضعیت حاصلخیزی خاک آنها از نظر فاکتورهای خاکی کنترل کننده تولید آگاه شوند و مزارع خود را متناسب با خصوصیات خاک تیمار نمایند.



شکل ۱۹- نقشه پراکنش مکانی کربن آلی در خاکهای اراضی دشت داراب



شکل ۲۰- نقشه پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس گیاه در خاکهای اراضی دشت ممسنی

نقشه‌های خود پالائی خاک‌های اراضی کشاورزی استان‌های فارس و خوزستان :::::

طبق آمارهای موجود، حمله عراق به کویت و آتش سوزی چاههای نفت این کشور در اواخر دهه ۷۰ آسیب‌های جدی به اراضی کشاورزی استان‌های جنوبی و جنوب غرب کشور ایران وارد آورد. نگرانی از جهت آلودگی منابع خاک در دو استان فارس و خوزستان که علاوه بر اثر رها شدن پسابهای صنعتی و مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، در اثر آتش سوزی چاه‌های نفت در جریان جنگ کویت تشدید شد، ایجاب می نمود تا در مناطق تحت تاثیر این عوامل که از قطبهای کشاورزی - صنعتی کشور می باشند، مطالعات وسیع برای بررسی وضعیت آلودگی خاکها صورت گیرد. در این میان خاک بعنوان یک فیلتر نقش موثری در تعدیل اثرات منفی آلاینده‌های ناشی از جنگ دارد. چنانچه بتوان ظرفیت آلودگی پالائی خاکهای در معرض آلودگی را مشخص کرد، می توان میزان حساسیت اراضی به آلودگی را از طریق پهنه بندی تعیین نمود. نتایج پهنه بندی نواحی همگن با حساسیت‌های مختلف به آلودگی می تواند بستر مناسبی برای انجام پژوهش‌های زیست محیطی فراهم آورد و کمک موثری در تعمیم نتایج حاصل از این پژوهش‌ها بنماید.

به منظور بررسی و پهنه بندی عوامل موثر در ظرفیت خود پالائی خاک دشت‌های عمده کشاورزی استانهای خوزستان و فارس که از جمله مهمترین قطب‌های کشاورزی محسوب می شوند و در مجاورت مستقیم آلودگیهای ناشی از جنگ کویت قرار داشته اند، مطالعه ای در موسسه تحقیقات خاک و آب به اجرا در آمد. برای انجام این مطالعه، اقدام به پهنه بندی خواصی از خاک گردید که مستقلاً یا در تقابل با یکدیگر در نگهداری با تثبیت و آلاینده‌ها در خاک نقش موثری دارند. درصد رس به عنوان شاخص بافت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و کربن آلی خاک از جمله عواملی هستند که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و نقشه مقدار و پراکنش جغرافیایی آنها با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد.

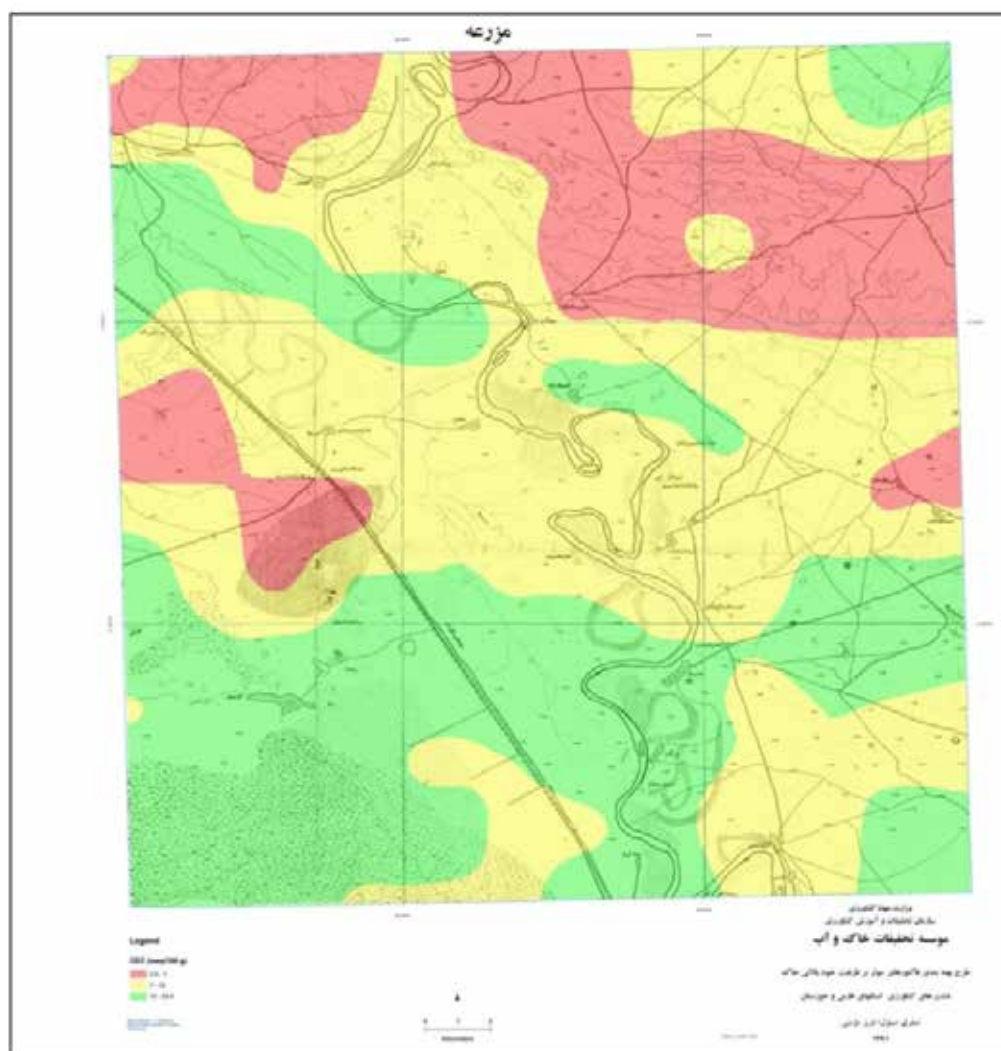
نقشه‌های ظرفیت خود پالائی خاکها (شکل‌های ۲۱ و ۲۲) اسناد مبنایی هستند که در آنها درجات مختلف خواص ذاتی و غیر پویای خاک که در کنترل آلاینده‌ها موثرند، مشخص شده است. این نقشه‌ها در واقع نمایشگر نواحی خطر در مقابل آلاینده‌ها هستند و در آنها بخش‌هایی از اراضی کشاورزی که دارای ظرفیت میرایی آلاینده‌ها می باشند از بخش‌های آسیب پذیر در مقابل آلاینده‌ها منفک شده اند و حاوی اطلاعات مبنایی برای بررسیهای زیست محیطی از جمله تخمین شکنندگی اکوسیستم‌ها در مقابل آلاینده‌های اتمسفری و زمینی می باشند. کسب اطلاع در مورد آن دسته از خواص خاک که در کنترل تحرک عناصر آلاینده در خاک موثرند، عامل مهمی در تخمین جابجایی عناصر فلزی در متن خاک و در نتیجه آلوده سازی آبهای زیر زمینی و رودخانه‌ها می باشد.

از جمله مهمترین اهداف طرح فوق می توان به موارد زیر اشاره نمود:

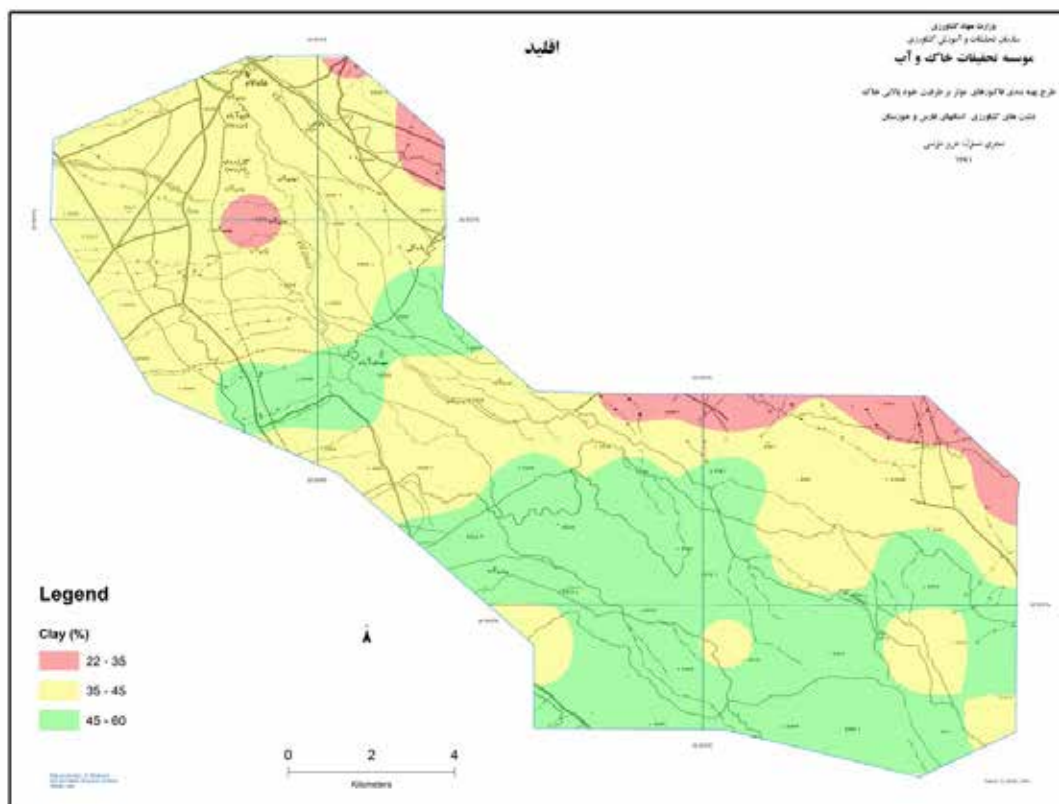
- پهنه بندی و تهیه نقشه مقدار و پراکنش جغرافیایی خصوصیات خاک موثر در ظرفیت خود پالائی خاکهای اراضی کشاورزی در استانهای فارس و خوزستان.
- تهیه اطلاعات مبنایی مورد نیاز برای انجام تحقیقات در مورد آسیب‌های زیست محیطی ناشی از ورود آلاینده‌های اتمسفری و شیمیایی به خاک اراضی کشاورزی در قالب نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.

از طرف دیگر آلودگی منابع خاک کشاورزی مستقیماً در آلودگی مواد غذایی و بحرانی ساختن

غلظت عناصر ناخواسته در این مواد اثر می‌گذارد. به عبارت دیگر، خاک پل ارتباطی انتقال آلودگی‌های زیست محیطی به رژیم غذایی روزمره و نهایتاً شریانهای حیات بخش انسان است. بنابراین، آلودگی خاک بسترهای تولید کشاورزی مستقیماً در به خطر انداختن امنیت غذایی کشور تاثیر داشته و هزینه‌های جانی و مالی سنگینی را به دولت و استفاده‌کنندگان از تولیدات کشاورزی در نواحی آلوده تحمیل خواهد نمود. امروزه مسئله آلودگی به حدی جدی تلقی می‌گردد که در بسیاری از کشورها، نگرانی‌های زیست محیطی و ملاحظات اقتصادی باعث شده تا در مصرف موادی که به عنوان کودهای شیمیایی و یا به عنوان اصلاح‌کننده به خاک افزوده می‌گردد، نهایت دقت بعمل آید. بنابراین موضوع آلودگی انبوه و فراگیر ناشی از جنگ کویت به لحاظ گسترش دامنه جغرافیائی آن و میزان خطرات وسیع و بعضاً جبران ناپذیر، باید بیش از یک آلودگی معمولی و موضعی مورد توجه قرار گیرد. درگام نخست برحسب ضرورت بایستی که توان خاکهای کشاورزی برای خنثی سازی آلاینده‌ها که عامل مهمی در تعدیل زیانهای زیست محیطی احتمالی ناشی از جنگ کویت محسوب می‌شود، تعیین شود.



شکل ۲۱- نقشه مقدار و پراکنش جغرافیایی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اراضی دشت مزرعه در استان خوزستان



شکل ۲۲- نقشه مقدار و پراکنش جغرافیایی رس در خاک اراضی دشت شادکام اقلید در استان فارس

نقشه های تغییر کاربری اراضی کشاورزی

توسعه شهری و صنعتی بدون برنامه در حواشی کلان شهرهای ایران نه تنها اراضی کشاورزی را می بلعد، بلکه منظره های طبیعی، اکوسیستم های رودخانه ای، محیط زیست و حیات وحش را نیز تخریب و یا به کلی از بین می برد. پدیده تغییر بی رویه کاربری اراضی در اطراف دیگر شهرها و روستاهای کشور هم تبدیل به چالشی بزرگ در راه تولید کشاورزی شده است.

به منظور کسب اطلاعات کمی در مورد ابعاد این چالش و برای تعیین وسعت اراضی مستعد کشاورزی که در حدود نیم قرن گذشته در اثر گسترش مناطق شهری و صنعتی در حواشی شش کلان شهر کشور به طور غیر قابل برگشت و برای همیشه از چرخه تولید کشاورزی خارج شده اند، مطالعه ای در مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد. بررسی جنبه های اقتصادی تبدیل اراضی کشاورزی به منظور دستیابی به اطلاعات کمی مورد نیاز برای بالا بردن سطح آگاهی های عمومی از ابعاد مسائل مربوط به تعارض میان کاربری های مهندسی و کشاورزی اراضی از دیگر اهداف این تحقیق است.

در این تحقیق ابتدا با تفسیر عکس های هوایی حدود گسترش محدوده کلان شهرهای ایران در سال ۱۳۳۴ به عنوان سال پایه به صورت نقشه تفسیری تهیه و رقومی گردید. در مرحله دوم با استفاده از تصاویر ماهواره ای سال ۱۳۸۰ برای هر یک از شش کلان شهر مورد مطالعه یک فوتومپ

تهیه و محدوده جدید توسعه هر کلان‌شهر به طور جداگانه بر روی آن ترسیم و بدین ترتیب نقشه تفسیری حدود گسترش محدوده جدید کلان‌شهرها تهیه و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی Arc/Info بصورت یک لایه رقومی ذخیره شد. برای تعیین درجه مرغوبیت اراضی کشاورزی تبدیل کاربری یافته در حواشی کلان‌شهرها با استفاده از نقشه‌های خاکشناسی موجود لایه‌های رقومی تهیه شد که حاوی نقشه پراکنش کلاس خاک اراضی تغییر کاربری یافته بود. این نقشه زمینه را برای انجام بررسی‌های اقتصادی و فرصت‌های تلف شده برای تولید کشاورزی بر روی اراضی نابود شده در محدوده کلان‌شهرهای کشور فراهم آورد.

اطلاعات بدست آمده از این تحقیق مبین آهنگ سریع تغییر کاربری اراضی در حواشی کلان‌شهرهای کشور است. بطور متوسط هر سال بیش از ۷۰۰ هکتار از اراضی موجود در حواشی شش کلان‌شهر به مناطق شهری و صنعتی تبدیل می‌شوند. در ۴۶ سال گذشته مساحت اراضی تغییر کاربری یافته در اطراف کلان‌شهرهای تهران، کرج، تبریز، اهواز، شیراز و مشهد بطور متوسط در هر سال به ترتیب برابر با ۱۵۴۰، ۵۵۰، ۱۸۰، ۵۲۵، ۷۱۰ و ۷۶۰ هکتار بوده است. در این مدت، بر خلاف افزایش نجومی تعداد ساکنین، تراکم جمعیت در کلیه کلان‌شهرهای کشور سیر نزولی داشته است. بطوریکه در دو مقطع زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۰ تراکم جمعیت در تهران از ۲۷۳ نفر در هکتار به ۹۱ نفر در هکتار، در کرج از ۱۱۶ نفر در هکتار به ۴۳ نفر در هکتار، در تبریز از ۱۴۲ نفر در هکتار به ۱۲۵ نفر در هکتار، در شیراز از ۱۹۵ نفر در هکتار به ۳۴ نفر در هکتار، در اهواز از ۲۱۸ نفر در هکتار به ۳۶ نفر در هکتار و در مشهد از ۱۸۸ نفر در هکتار به ۵۵ نفر در هکتار کاهش یافته است.

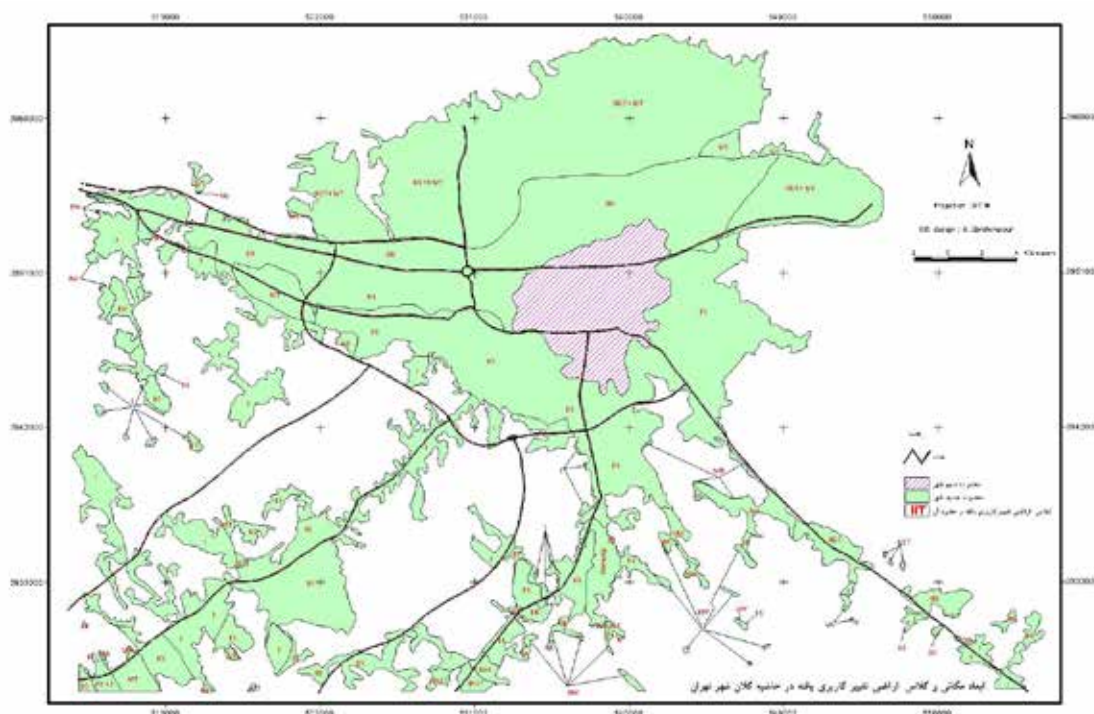
میانگین تراکم جمعیت در کلان‌شهرهای ایران از ۱۸۹ نفر در هکتار در سال ۱۳۳۴ به ۶۴ نفر در هکتار در سال ۱۳۸۰ کاهش یافته است. به عبارت دیگر، طی ۴۶ سال گذشته به علت روند افزایش تبدیل بی‌رویه اراضی موجود در حواشی کلان‌شهرها، تراکم جمعیت روندی نزولی داشته که به‌طور متوسط ۶۳ درصد کاهش نشان می‌دهد. این کاهش در مورد تمام کلان‌شهرهای کشور با نوساناتی صادق است.

به بیان دیگر، بر خلاف افزایش طغیانی جمعیت در این شهرها، سرانه زمین شهری پیوسته رشد صعودی داشته است بطوریکه از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۰ متوسط سرانه زمین در کلان‌شهرهای کشور از ۵۷ متر مربع برای هر نفر در سال ۱۳۳۴ به ۱۹۴ متر مربع برای هر نفر در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است. این بدین معنی است که بطور متوسط هر سال حدود ۳ متر مربع به سرانه زمین شهری هر شهروند ایرانی افزوده شده است. افزایش سرانه زمین شهری در کشوری مانند ایران که آبادیهای آن در وادیهای سبز پراکنده در کویر استقرار یافته‌اند به بهای از چرخه تولید خارج شدن اراضی کشاورزی حاصل شده است که معامله‌ای است بس شگفت‌انگیز و قابل تأمل. از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۸۰ جمعاً ۱۹۴۶۰۵ هکتار از اراضی حواشی شش کلان‌شهر کشور تغییر کاربری یافته و به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شده‌اند. از این مقدار ۱۳۶،۲۲۰ هکتار (۷۰ درصد) جزو اراضی مستعد کشاورزی و قابل آبیاری (اراضی کلاس I و II و III)، ۲۹،۵۰۰ هکتار (۱۵ درصد) جزو اراضی دارای پتانسیل باغ میوه (اراضی کلاس IV) و فقط ۲۸،۸۸۵ هکتار (۱۵ درصد) جزو اراضی دارای محدودیت شدید برای کشت آبی یا فاقد استعداد کشاورزی بوده‌اند. با از بین رفتن اراضی مستعد کشاورزی در حواشی شش کلان‌شهر کشور، امکان تولید بیش از نیم میلیون تن گندم در هر سال از بین رفته است. جدول ۹ و شکل ۲۳، وسعت اراضی کشاورزی تغییر کاربری یافته در اثر گسترش افقی کلان‌شهر تهران از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۰ را ارائه می‌نمایند.

جدول ۹- وسعت اراضی کشاورزی تغییر کاربری یافته در اثر گسترش افقی کلان شهر تهران از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۰
به تفکیک درجه مرغوبیت اراضی

مساحت		کلاس اراضی
درصد	هکتار	
۱۳/۱۰	۹۳۰۰	I
۳۱/۳۰	۲۲۱۷۵	II
۲۲/۳۰	۱۵۷۵۰	III
۳/۸۰	۲۶۷۵	IV
۰/۲۰	۱۷۵	V
۰/۰۲	۱۵	VI
۲۷/۹۰	۱۹۷۷۰	مخلوط (IIS+I و IIIST+IVT و IIIST+IVS)
۱/۳۸	۹۷۵	متفرقه: E, BF و پالایشگاه
۱۰۰/۰۰	۷۰۸۳۵	جمع

- BF = اراضی تخریب شده توسط کوره‌پزخانه‌های جنوب تهران
- E = اراضی شدت فرسایش یافته



شکل ۲۳- ابعاد مکانی و کلاس اراضی تغییر کاربری یافته در اثر توسعه کلان شهر تهران تا سال ۱۳۸۰

نظارت بر انجام مطالعات خاکشناسی

مؤسسه تحقیقات خاک و آب به موجب مصوبه قانونی سازمان امور اداری و استخدامی کشور (تبصره ۳ ماده ۸ لایحه قانونی استخدام کشوری مصوب ۱۳۴۵/۱۲/۲۳) تشکیل شده و بر اساس این آیین‌نامه، عهده‌دار وظیفه نظارت و کنترل فنی بر مطالعات خاکشناسی، ارزیابی اراضی و تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب، موضوع قراردادهای همسان خدمات خاکشناسی در سطح کشور می‌باشد. بنابراین مؤسسه موظف است به منظور دستیابی به استانداردهای مطالعات در فرایند کنترل و تضمین کیفیت مطالعات خاکشناسی در کشور، آئین‌نامه نظارت و کنترل فنی بر عملیات خاکشناسی را مصوب و به دستگاههای بخش خصوصی مجری مطالعات ابلاغ کند.

اساساً یکی از وظایف اساسی دولت در راستای اعمال حاکمیت بر طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی، تدوین استانداردها و ضوابط فنی به منظور اعمال نظارت و کنترل فنی بر طرحهای اجرا شده توسط مجریان مربوطه، به ویژه بخش خصوصی می‌باشد. از این رو به منظور پرهیز از اعمال سلیقه و ایجاد یکنواختی در اعمال نظارت و کنترل فنی بر مطالعات خاکشناسی، دستورالعمل نظارت و کنترل فنی بر عملیات خاکشناسی با مشارکت مؤسسه تحقیقات خاک و آب و معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور تدوین گردید. نظارت و کنترل فنی مؤسسه بر مطالعات خاکشناسی با سه هدف عمده زیر انجام می‌شود:

- رعایت استانداردها و کیفیت نقشه‌ها و گزارش‌ها
- هماهنگی سری‌های خاک و تکمیل بانک اطلاعات داده‌های خاک کشور
- جلوگیری از دوباره‌کاری مطالعات در منطقه معین

رقومی سازی نقشه های خاکشناسی و تهیه پایگاه اطلاعات منابع خاک کشور

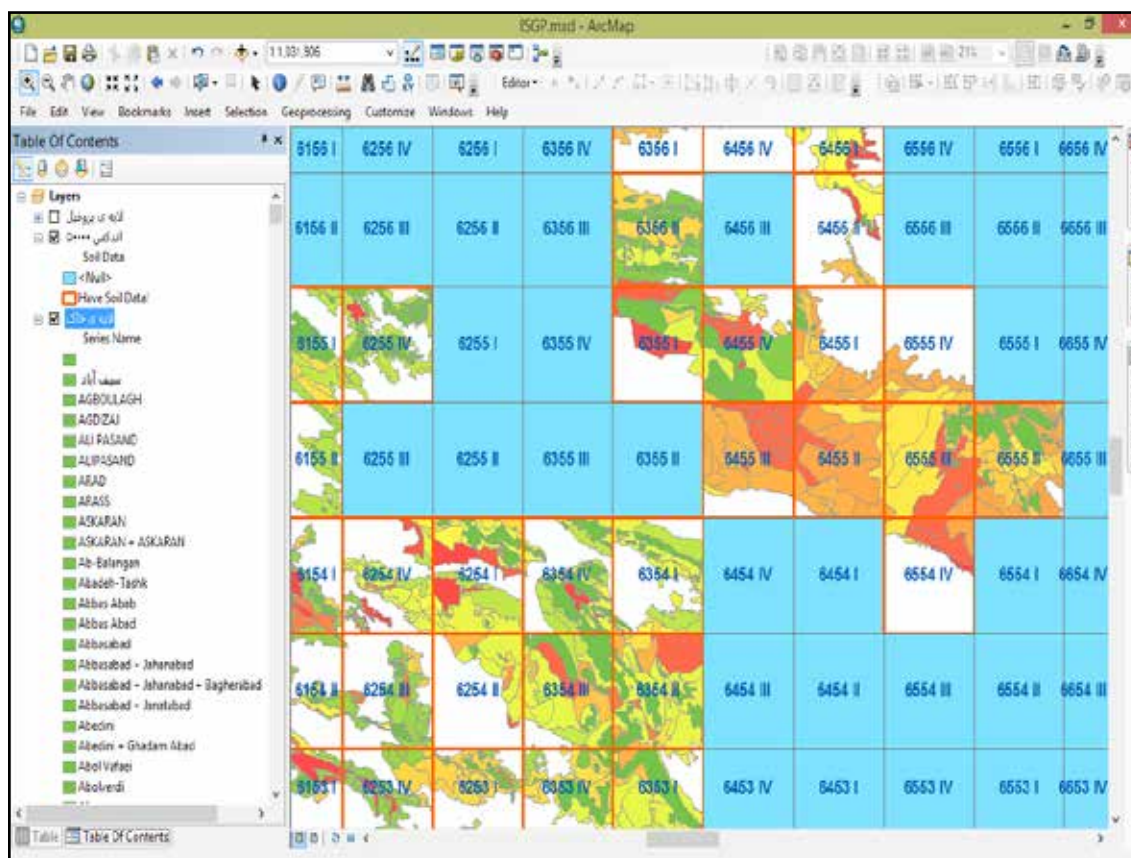
رقومی سازی اطلاعات و نقشه های خاکشناسی و طبقه بندی اراضی کشاورزی

طی بیش از نیم قرن انجام مطالعات خاکشناسی در کشور، حجم زیادی از اطلاعات خاکشناسی در مقیاس های مختلف در آرشیو مؤسسه تحقیقات خاک و آب انباشته شده است. نقشه های این مطالعات بیش از ۲۲ میلیون هکتار اراضی دشت های کشاورزی کشور را می پوشاند. اطلاعات نقشه های خاکشناسی شامل فهرست برداری، مستندسازی، طبقه بندی و تفسیر داده های خاک است که بر روی نقشه و در قالب گزارش های همراه آن ارائه شده است. در گذشته این اطلاعات به صورت مستقل و به شکل کاغذی به عنوان اطلاعات مبنائی در اکثر پروژه های عمرانی در کشور به ویژه برای تعیین قابلیت ها و محدودیت های اراضی زیر سدها مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه، به دلیل توسعه تکنولوژی الکترونیک نظیر سامانه های اطلاعات جغرافیائی (GIS) و سنجش از دور، کاربران اطلاعات خاکشناسی نیاز به این گونه اطلاعات به شکل رقومی دارند. بدین منظور، پروژه رقومی سازی منابع خاک کشور در سطوح ملی، منطقه ای و محلی با هدف ارائه اطلاعات منابع خاک به شکل رقومی در قالب یک سامانه اطلاعات جغرافیائی اجرا شد تا امکان ذخیره سازی، استخراج، تجزیه و تحلیل، تغییر شکل، نمایش و در اختیار گذاری اطلاعات منابع خاک کشور را در محیط رایانه ای فراهم آورد.

در مراحل مختلف پروژه رقومی سازی اطلاعات منابع خاک کشور در سطوح ملی، منطقه ای و محلی، کلیه اطلاعات و داده های موجود در نقشه ها و گزارش های خاکشناسی دشت های کشاورزی استان های کشور به شرحی که در ادامه ارائه شده ساماندهی شدند.

- تهیه لایه کاغذی با کیفیت لازم از اوزالید مادر نقشه های خاکشناسی (اصلی) شامل نقشه های خاک، نقشه های طبقه بندی اراضی، نقشه های شوری و قلیائیت و نقشه های قابلیت آبیاری از بدو شروع مطالعات خاکشناسی
 - ساماندهی آرشیو نقشه های موجود به تفکیک استان ها و مناطق مطالعاتی
 - کنترل کیفی نقشه های خاکشناسی برای اطمینان از عدم تغییر مقیاس و حدود مرز واحدهای خاک در فرایند تهیه کپی
 - تهیه یک نسخه از کلیه گزارش های مطالعات خاکشناسی موجود در آرشیو موسسه از بدو شروع مطالعات خاکشناسی
 - ثبت و ساماندهی اطلاعات کلی مطالعات مورد نیاز برای تهیه ابر داده ها در قالب جداول مختلف شامل نام استان، حدود جغرافیائی مطالعه، سال مطالعه، سطح دقت مطالعه، مقیاس نقشه ها، نقص اطلاعات و نظایر آنها
 - رفع کمبود منابع اطلاعاتی حاوی نقشه ها و گزارش ها از منابعی غیر از آرشیو موسسه (مخزن، آرشیو استان ها، آرشیو سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی)
 - تفکیک نقشه ها به لحاظ استان، سیستم طبقه بندی (سیستم جدید از سال ۱۳۵۷)، مقیاس، انطباق بر نقشه هایمبنا، دارا بودن مختصات جغرافیائی و سایر مراجع مکانی
 - تکمیل بانک نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ پوشش سراسری کشور
- در این پروژه در فاز اول از تعداد ۷۶۴ برگ نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با مساحت حدود ۹ میلیون هکتار موجود در آرشیو موسسه تحقیقات خاک و آب که قابل تبدیل به لایه های رقومی بودند، در محیط نرم افزار ArcGIS وارد و اقدام به ورود علائم فرمول طبقه بندی اراضی، کدهای سری های خاک، کدهای شوری و قلیائیت و علائم طبقه بندی قابلیت آبیاری در جداول توصیفی گردید (شکل های ۲۴، ۲۵ و ۲۶).
- رقومی سازی اطلاعات منابع خاک از ضروریات امروز کاربران خاکشناسی به ویژه در ظرفیت سنجی منابع خاک کشور برای تولیدات کشاورزی، جنگلی و مرتعی است. علاوه بر آن، اطلاعات رقومی منابع خاک کشور در کاربری های غیر کشاورزی از جمله مکان یابی مناطق صنعتی، شهری، خطوط ارتباطی جاده های و ریلی و نظایر آنها کاربرد بسیاری دارد.
- در کشاورزی، داده های حاصل از مطالعات خاکشناسی می تواند دامنه ای وسیع از اطلاعات را در اختیار بگذارد که از آن جمله می توان به استعداد اراضی برای آبیاری، تناسب اراضی برای محصولات مختلف، وضعیت فرسایش و حاصلخیزی خاک ها و نظایر آنها را نام برد.
- رویکرد سیستمی به جای یک جانبه نگری در برنامه های مدیریت و بهره برداری از منابع زمینی و آمایش سرزمین، لزوم تلفیق داده های چند بخشی را امری اجتناب ناپذیر نموده است. از سوی دیگر، لازمه تلفیق لایه های اطلاعاتی با منشاء های مختلف، استاندارد سازی این لایه ها به شکل رقومی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی است.
- شکل رقومی علاوه بر اینکه تجزیه و تحلیل داده ها را تسهیل می کند، به دلیل زمین مرجع کردن داده ها، امکان مکان یابی صحیح پدیده ها و عوارض زمینی را میسر می سازد که این خود زمینه را برای دستیابی به مسائل و محل بروز آنها و در نتیجه امکان رفع ویژه مکانی آنها فراهم می آورد. لذا، با در نظر گرفتن نیاز فعلی کاربران مطالعات خاکشناسی ضروری است داده های خاکشناسی در کشور به شکل رقومی تبدیل گردند.

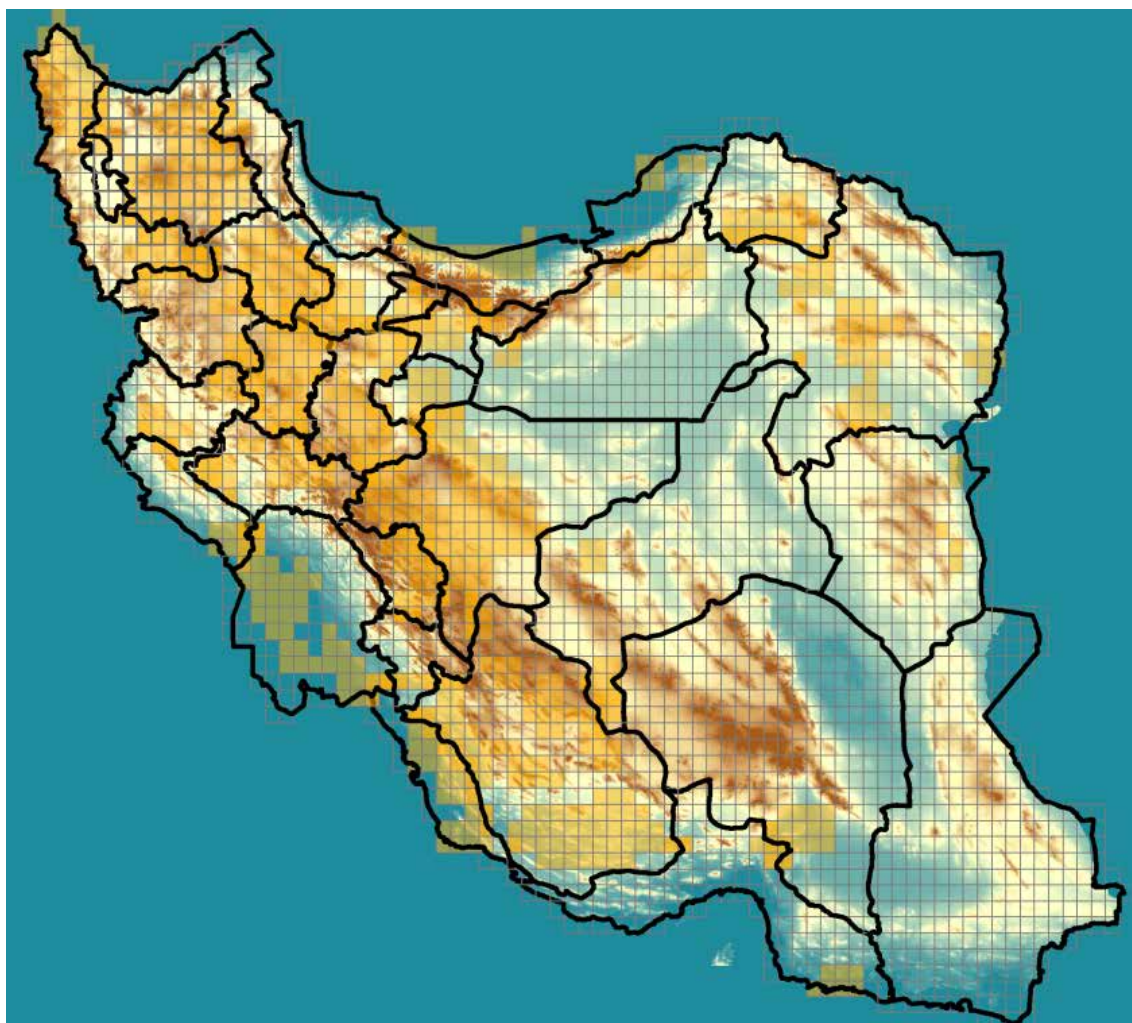
- اهم اهداف رقومی سازی نقشه های خاکشناسی به شرح زیر است:
- ۱- فراهم آوردن امکان روی هم اندازی لایه نقشه خاک و سایر لایه های رقومی مثل نقشه های کاربری اراضی، تصاویر ماهواره ای، نقشه های توپوگرافی، داده های اقتصادی اجتماعی و سایر لایه های مربوط به منابع سرزمین برای استفاده در تصمیم سازی با انجام تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی
 - ۲- ایجاد روش های آسان تر، دقیق تر و کم هزینه تر برای به روز کردن اطلاعات و داده ها و در اختیار گذاری آنها به کاربران
 - ۳- صرفه اقتصادی در کاهش نیاز به تهیه کپی لایه های کاغذی از نقشه های اورجینال
 - ۴- استفاده از امتیاز تکنولوژی الکترونیکی در ذخیره سازی حجم بسیار بالایی از داده ها و اطلاعات مربوط به خاک که این به نوبه خود می تواند در صرفه جویی نیروی انسانی و هزینه های اضافی ارگان های ذیربط کمک نماید
 - ۵- فراهم آوردن امکان دسترسی آسان به اطلاعات خاک که می تواند برای هر محدوده مطالعاتی به تفکیک استخراج گردد
 - ۶- فراهم آوردن امکان آسان دسترسی به یک بانک اطلاعاتی در سطح محلی، منطقه ای و ملی در کمک به توسعه و ایجاد تصمیمات مدیریتی در رابطه با منابع طبیعی و سرزمین
 - ۷- کمک در پروژه های حفاظت منابع خاک و اراضی، پروژه های حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، مدیریت مراتع، جنگل، توسعه شهری و مدیریت ویژه مکانی مزارع کشاورزی



شکل ۲۴- نمایی از نقشه های رقومی شده در نرم افزار ArcGIS



شکل ۲۵- اندکس نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ دشت های استان فارس که اطلاعات خاکشناسی آنها رقومی سازی شده است.



شکل ۲۶- جانمایی نقشه‌های خاکشناسی رقومی شده ۱:۵۰۰۰۰ در کشور

ایجاد پایگاه ملی و ژئوپورتال اطلاعات منابع خاک کشور

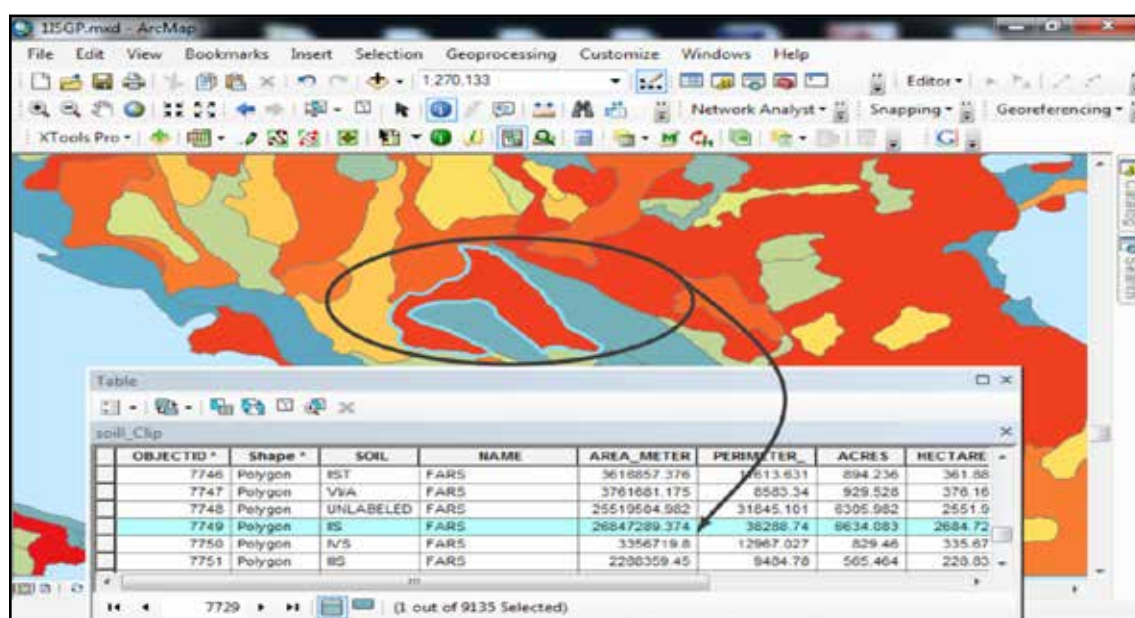
پایگاه ملی و ژئوپورتال اطلاعات منابع خاک کشور به منظور تسهیل قابل دسترس بودن اطلاعات از طریق شبکه تارنمای جهانی ایجاد می شود (شکل ۲۷). داده های مربوط به خصوصیات خاک و اطلاعات خاکشناسی شامل اطلاعات تاکسونومیکی، مورفولوژیکی، بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی جمع آوری شده در خلال سالیان متمادی انجام مطالعات خاکشناسی در کشور در مقیاس های ملی، منطقه ای و محلی و دوره های زمانی مختلف جمع آوری شده اند (شکل ۲۸)، در محیط سامانه های اطلاعات جغرافیایی به عنوان یکی از ضروری ترین نیازهای انجام پروژه های عمرانی در کشور رقومی شده اند. ارایه اطلاعات خاکشناسی به شکل رقومی امکان تلفیق این اطلاعات با سایر اطلاعات در زمینه خصوصیات بیوژئوشیمیایی (ذخایر کربن خاکها، فعالیت های بیولوژیکی خاکها)، هیدرولوژی (پتانسیل های رطوبتی خاک) و نظایر آنها و مواردی که می تواند توسط سایر ارگانهای مسئول از اکوسیستم های مختلف نظیر جنگل، مرتع، اراضی مرطوب، اراضی شهری و یا مناطق حفاظت شده جمع آوری گردد، را فراهم می آورد. سهولت امکان تلفیق اطلاعات خاکشناسی

با لایه‌های محیطی مختلف مثل توپوگرافی، مواد مادری و پوشش گیاهی و نظایر آنها، برای سنتز و کسب اطلاعات جدید از شرایط موجود منابع طبیعی در کشور و ارائه مدل های مکانیستیکی، اقتصادی و آماری و برنامه های مدیریتی جدید برای اداره منابع طبیعی بر اساس داده ها و اطلاعات واقعی از جمله دیگر مزایای این پروژه می باشد. ارائه خصوصیات پایا و پویای خاکها و ایجاد امکان انجام تجزیه و تحلیل های مناسب برای بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی خاکها در مدیریت ها و شرایط محیطی گوناگون حاکم بر سرزمین برای کاربران مختلف، اجرای این پروژه را اجتناب ناپذیر نمود. آگاهی از وضعیت و شرایط انجام مطالعات خاکشناسی در کشور به صورت روزآمد موجب شناسایی بهتر بخش های تحقیقاتی دارای خلاء اطلاعاتی و هدایت هدفمند تحقیقات در راستای پر کردن خلاء های موجود، ارائه ایده های نوین تحقیقاتی در زمینه های مختلف برای رفع نیازهای کاربران می گردد.

معمولاً داده های خاکشناسی با هزینه های گزاف جمع آوری گردیده و برای به دست آوردن آنها به زمان و نیروی انسانی زیاد و همچنین تلاش وافر برای ایجاد تکنیک های نوین در کسب داده های آزمایشگاهی مورد اعتماد و مفید نیاز است. طبیعی است که با ایجاد بانک های اطلاعاتی ضمن صیانت از هزینه های انجام گرفته برای داده های جمع آوری شده با انجام پروژه های جدید بر غنای اطلاعات موجود افزوده خواهد شد که این امر نقش قابل توجهی در افزایش غنای سایر مطالعات نیز خواهد داشت. طراحی و ایجاد یک ساختار مناسب برای ذخیره سازی داده ها و اطلاعات خاک امکان ایجاد ترکیب های جدید از اطلاعات را تسهیل نموده و با شناسایی خصوصیات خاک در مناطق مختلف امکان تعمیم نتایج از انجام تحقیقات به خاکها در شرایط مشابه نیز فراهم خواهد آورد. با ایجاد ساختار مناسب ارائه داده های خاکشناسی ضمن جلوگیری از دوباره کاری، امکان کاهش هزینه های انجام بسیاری از طرح های تحقیقاتی فراهم شده و علاوه بر آن باعث ایجاد ایده ها و زمینه های جدید تحقیقاتی می شود.



شکل ۲۷- پایگاه ملی اطلاعات منابع خاک کشور



شکل ۲۸- ثبت اطلاعات توصیفی نقشه های خاکشناسی برای ایجاد پایگاه اطلاعات منابع خاک

اهداف پایگاه ملی و ژئوپورتال اطلاعات منابع خاک کشور

- ایجاد ابزار مناسب برای ذخیره کردن، بارگذاری اطلاعات در محیط مجازی، مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌ها و اخذ اطلاعات موجود در پایگاه داده‌ها و کاربران.
- افزایش ارتباط و ارتقاء میزان مشارکت محققین، دانشمندان، دانشجویان و کارشناسان از طریق به اشتراک گذاری اطلاعات موجود
- تسهیل امکان ایجاد سنتزهای جدید از داده‌های موجود و یا ترکیب اطلاعات موجود با اطلاعات دیگر.
- کمک به رشد و توسعه علوم خاک از طریق ایجاد استانداردهای به اشتراک گذاری و ارائه داده های بیوژئوشیمیایی، شناسایی فرآیندهای پدوژنیک و اکوسیستم های مختلف خاک به صورت آماده به تلفیق با سایر داده های منابع سرزمینی.
- پاسخگویی به افزایش تقاضا برای اطلاعات خاکشناسی برای استفاده در اجرای طرح های توسعه ای کشور اعم از کشاورزی و غیر کشاورزی.

نوآوری در روش انجام مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی

روش‌های معمول مطالعات خاکشناسی که تاکنون برای تهیه نقشه‌های خاک در دشت‌های کشاورزی ایران انجام گرفته است، قادر به تفکیک واحدهای اراضی در مناطق شیب دار نمی‌باشد. از این روی و به منظور سرعت بخشیدن، ارتقاء کیفیت و سازگاری مطالعات خاکشناسی با روش های نوین بین المللی، برای اولین بار در کشور از روش مدرن ژئوپدولوژیک که در تاکسونومی هم مورد توجه قرار گرفته است (USDA, SCS, ۱۹۹۹) استفاده شد.

روش ژئوپدولوژی

شرح مفصل و نحوه اعمال روش ژئوپدولوژیک توسط زینک (۱۹۸۹) و مؤمنی (۱۹۹۹) ارائه شده است. ویژگیهای عمده روش فوق به شرح زیر می باشد.

- نقش پدولوژی که درباره منشاء، ریخت شناسی (Morphology)، پیدایش، توزیع، نقشه برداری، رده بندی، توان تولیدی و مدیریت خاکها بحث می کند، در تفکیک واحدهای نقشه و افزایش درجه خلوص آنها از طریق تجزیه و تحلیل فرآیندهای پدولوژیک بسیار زیاد است.
- موقعیت خاکها روی شیب که در خواص شیمیایی، حاصلخیزی و در نتیجه مدیریت خاکها نقش اساسی دارد، بعنوان مهمترین فاکتور تفکیک واحدهای نقشه مورد توجه قرار می گیرد.
- ترکیب معدنی (Mineralogical composition) خاکها مستقیماً در تفکیک واحد نقشه دخالت دارد.

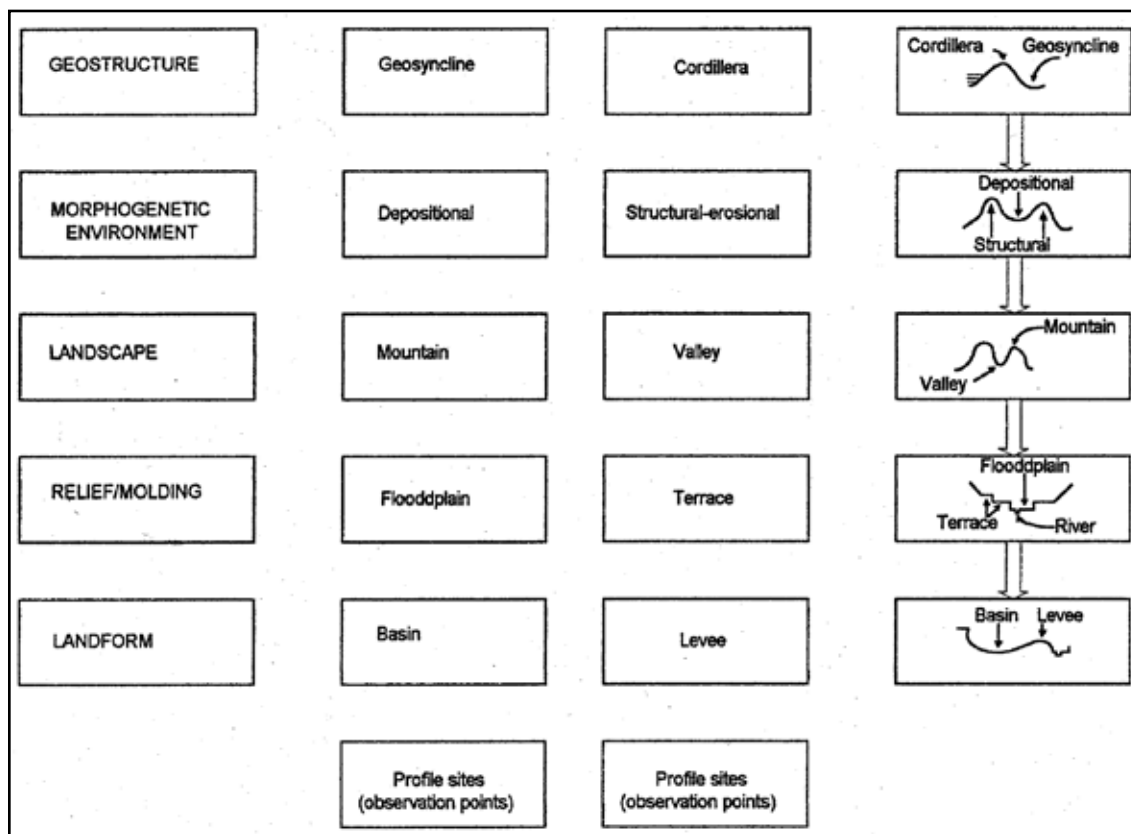
• در ادبیات علمی واژه تجزیه زمین نما (Landscape analysis) غالباً بصورت عام برای توصیف عمومی واحدهای مختلف ژئوform بدون اشاره به سطح ادراک و دقت تفکیک پدیده ها و نیز بدون توجه به مقیاسی که امکان ترسیم پدیده های مورد نظر را فراهم می آورد، بکار می رود. در روش ژئوپدولوژیک ضمن اینکه از واژگان موجود در ادبیات علمی برای بیان مفاهیم علمی و نظام مند ساختن راهنمای نقشه خاک استفاده می شود، پدیده های (عوارض) طبیعی متناسب با مقیاس و سطح ادراک آنها در یک سیستم سلسله مراتبی نظیر سلسله مراتبی که در طبقه بندی جامع خاکها و طبقه بندی جامعه گیاهی وجود دارد، منظم و استاندارد شده اند.

بعنوان مثال، همانگونه که در سامانه رده بندی جامع خاکها سری های خاک دارای حداکثر یکنواختی بوده و تغییرات جزئی در آنها بصورت فاز تفکیک می شوند، در سیستم سلسله مراتبی روش ژئوپدولوژیک واژه لندفرم دارای مفهوم منشائی بوده و اختصاصاً به آخرین سطح تقسیم بندی سیستم اطلاق می گردد که دارای حداکثر درجه همگنی است بطوریکه زیر تقسیم های آن فقط در سطح فاز (Phase) قابل تفکیک است. در ساختار سلسله مراتبی روش ژئوپدولوژیک شش سطح دقت در نظر گرفته شده است که در تهیه نقشه خاک می توان متناسب با مقیاس و سطح دقت (Level of detail) مورد نظر پدیده ها را متناسب با این شش سطح مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. جدول ۱۰، ساختار سلسله مراتب و سطوح ادراک واحدهای ژئوform را در روش ژئوپدولوژیک نشان می دهد.

جدول ۱۰- ساختار روش ژئوپدولوژیک در یک نگرش کلی

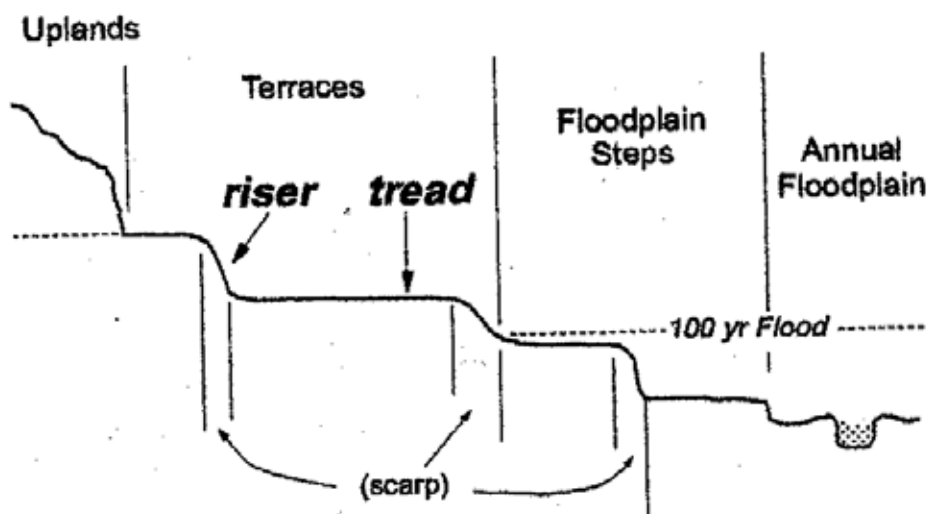
سطح	رده بندی	مفهوم منشاء
۶	Order	زمین ساختار (Geostructure)
۵	Suborder	محیط های ریخت زایش (Morphogenetic environments)
۴	Greatgroup	زمین نما (Landscape)
۳	Subgroup	پستی و بلندی / قالب (Relief / molding)
۲	Family	سنگ شناسی / منشاء (Lithology / origin)
۱	Subfamily	لندفرم (Landform)

در سطح زمین ساختاری (Geostructure)، بخش‌های قاره‌ای متشکل از زمین ساختارهای پهناور مانند کوردیلرها (Cordillera) و زمین ناودیس‌ها (Geosyncline) مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در سطح محیط‌های ریخت زایش (Morphogenetic environments)، تیپ‌های پهناور محیط‌های بیوفیزیکی که توسط جنبش‌های درون و برون زمینی ایجاد و کنترل می‌شوند مانند ژئوform‌های ساختاری، ژئوform‌های رسوبی و ژئوform‌های بادی، مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در سطح زمین‌نما (Landscape) بخش‌های وسیعی از سرزمین (Land) که در آنها تیپ‌های پستی و بلندی مشابه مرتباً تکرار می‌شوند یا اینکه از مجموعه‌ای از تیپ‌های با پستی و بلندی غیر مشابه تشکیل شده‌اند مانند کوه‌ها، پلاتوها و دره‌ها (Valley) مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در سطح پستی و بلندی / قالب (Relief/molding)، نوع برجستگی‌ها که توسط ترکیبی از پستی و بلندی و ساختار زمین‌شناسی تعیین می‌شوند مانند خرپشته‌ها (Hogback) و فرازمین‌ها (Horst) و یا قالب موادی که تحت تاثیر شرایط مورفوکلیماتیک (Morphoclimatic) و یا فرایندهای ریخت زایش ایجاد می‌شوند مانند دشت سرها (Glacis)، تراسها و دلتاها مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در سطح سنگ‌شناسی / منشاء (Lithology/origin) پتروگرافی صخره‌های سخت مانند گنیس، سنگ آهک و یا منشاء و طبیعت سازندهای سطحی (Cover formation) مانند ته‌نشست‌های پیرامون یخچالی (Periglacial)، رسوبات دریاچه‌ای و آبرفتی (در کلیه سطوح) قابل تفکیک هستند. در سطح لندفرم (Landform) تیپ‌های اصلی و واضح ژئوform که دارای ترکیبی از ویژگی‌های منحصر بفرد هندسی، دینامیکی و تاریخی هستند تفکیک می‌گردند (شکل ۲۹).

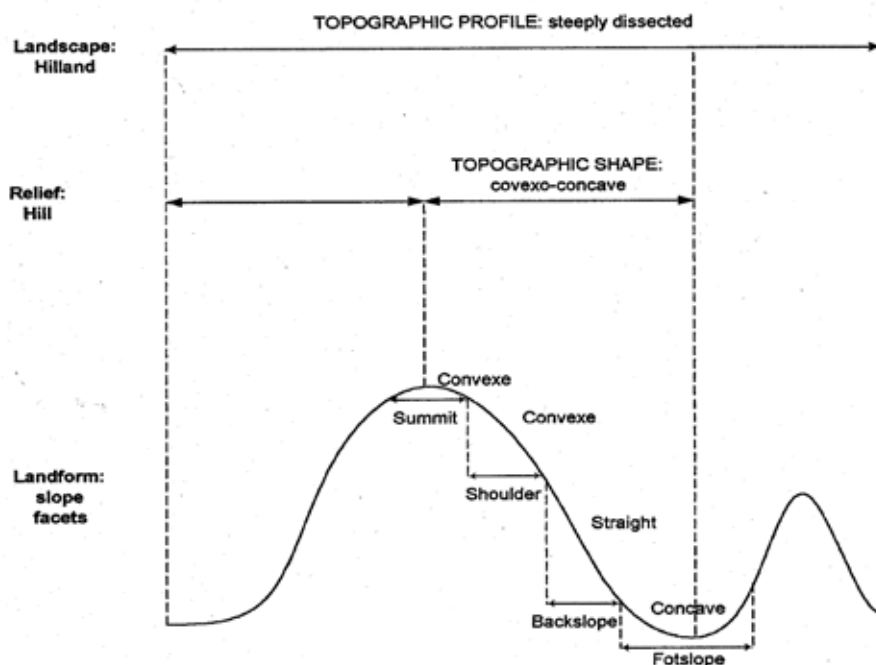


شکل ۲۹- شناسایی مرحله‌ای ژئوform‌ها

در سیستم سلسله مراتبی روش ژئوپدولوژیک واحد لندفرم به منزله یک ژئوform عنصری است که در پایین ترین سطح سیستم قرار می گیرد و دارای بالاترین درجه همگنی بوده و در مقیاس مدیریت پذیر قابل تفکیک است. مثالهایی از انواع لندفرمها در مناطق دشت رسوبی و شیب دار به ترتیب در شکل ۳۰ و ۳۱ نشان داده شده است. سایر سطوح سیستم نیز وابسته به مقیاس هستند و هر سطحی را در مقیاس معینی می توان تفکیک نمود. بنابراین، در سیستم فوق بین سطوح ادراکی پدیده ها و مقیاس نقشه رابطه مستقیمی وجود دارد که با مفاهیم سیستم رده بندی جامع خاکها (USDA, SCS, ۱۹۹۹) بخوبی هماهنگی دارد.



شکل ۳۰- مقطع عرضی از انواع لندفرمها در یک دشت رسوبی (سطوح ژئومورفیک مسطح) (شونبرگر و همکاران، ۲۰۰۲)



شکل ۳۱- مقطع عرضی از انواع لندفرم ها در سطوح ژئومورفیک شیبدار (زینک، ۱۹۸۹)

ساختار سیستم کدگذاری واحدهای نقشه در ساختار راهنمای نقشه دارای سطوح سلسله مراتبی است. بطوریکه هر کد واحد نقشه بیانگر تعداد زیر تقسیم‌های ژئوform‌های مشخص شده در منطقه مطالعاتی می باشد. مثلاً کد Pi برای نشان دادن زمین‌نمای کوهپایه (Piedmont) می باشد که در سطح اول آنالیز زمین‌نما را مشخص می‌کنند. در سطح Relief از کد ۱ Pi استفاده می‌شود که در اینجا Pi نشان دهنده Landscape و عدد ۱ نشان دهنده Relief می باشد. اگر در این سطح ۲ واحد شناسایی گردد یعنی اگر در Landscape دو نوع Relief تشخیص داده شود، واحدهای تفکیک شده را به صورت ۱ Pi و ۲ Pi روی نقشه نشان می‌دهیم. و به همین صورت برای سطوح بعدی نیز کد گذاری انجام می‌شود. برای مثال، کد ۱۱ Pi، نشان دهنده ۱، Landscape وسط نشان دهنده Relief و ۱ سمت راست نشان دهنده Lithology می باشد و یا کد ۲۱۲ Pi نشان دهنده زمین نما، ۲ نشان دهنده ۱، Relief نشان دهنده Lithology و ۲ نشان دهنده Landform می باشد (جدول ۱۱). لازم به ذکر است که با توجه به سلسله مراتبی بودن این روش، تقسیم بندی واحدها از زمین نما به لندفرم انجام می‌گیرد و کدگذاری نیز به نحوی انجام می‌گیرد که یک واحد ژئوform در هر سطحی که تفکیک شده باشد دارای یک کد منحصر به فرد باشد. باید توجه نمود که لندفرم پایین ترین سطح این سیستم است و دیگر آن را نمی‌توان به قسمتهای کوچکتر تقسیم کرد. اگر تغییرات جزئی در لندفرمهای متحدالمنشاء مشاهده گردد، این تغییرات بصورت فاز تفکیک می‌شوند و در کدگذاری واحد نقشه با افزایش یک ویرگول (،) (مانند نامگذاری فازهای واحد نقشه خاک) بعد از کد لندفرم روی نقشه یا در راهنمای نقشه نوشته می‌شوند. مثلاً اگر لندفرمی که با کد ۲۱۲ Pi روی نقشه نشان داده شده است در یک جا بدون شوری و در جای دیگر دارای شوری کم باشد، کدگذاری آن قسمت که دارای کمی شوری است با کد "Slightly saline" ۲۱۲ Pi مشخص می‌شود. در اینجا ۲۱۲ Pi به زیر تقسیم دیگری تقسیم نشده بلکه شرایط شوری آن بصورت توصیفی بعد از کد لندفرم توضیح داده شده است.

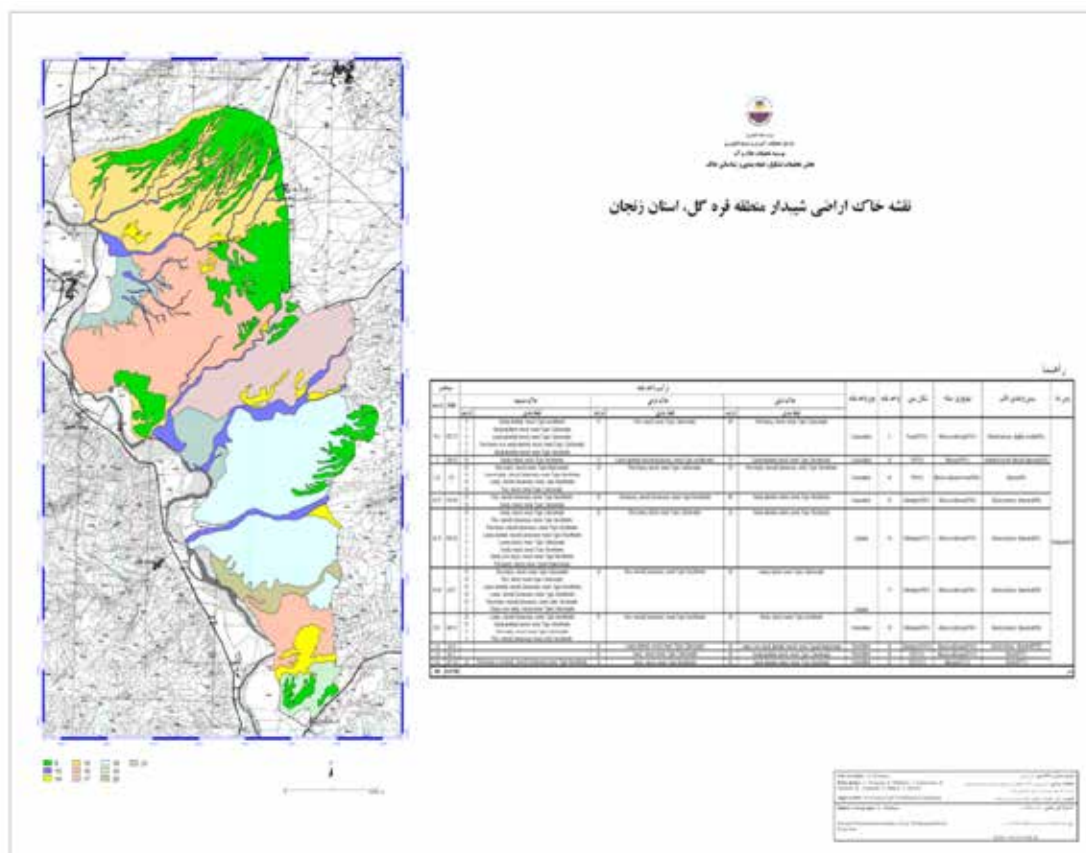
جدول ۱۱- روش کد گذاری راهنمای نقشه در روش ژئوپدولوژیک

Landscape	Relief	Lithology	Landform
Pi Piedmont	Pi 1 High glacis	Pi 11 Fluvio- Eolian	Pi 111 Tread- riser complex
	Pi 2 Middle glacis	Pi 21 Fluvio- Eolian	Pi 211 Tread- riser complex
			Pi 212 Depression, slightly saline

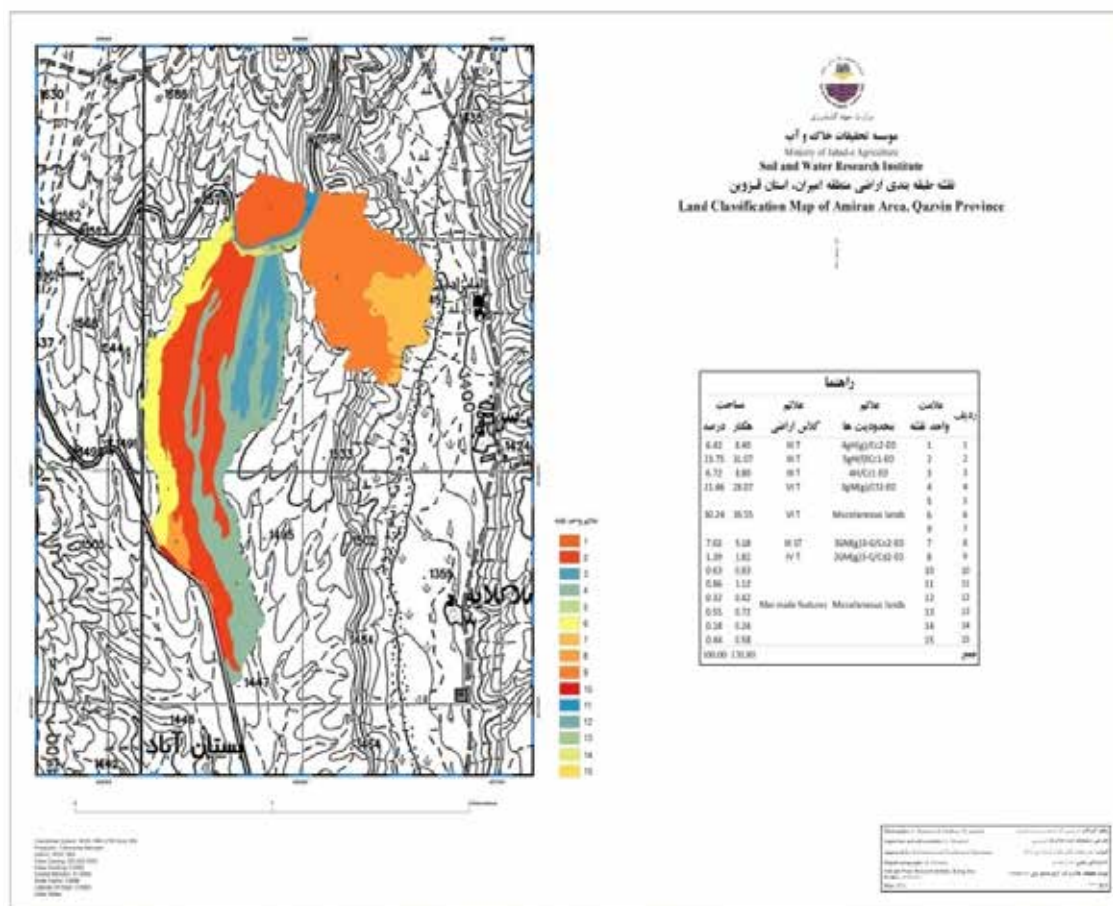
مکانیابی اراضی مستعد توسعه باغات در اراضی شیبدار استان‌های زنجان و قزوین

چنانکه در بالا گفته شد، روش معمول خاکشناسی که تاکنون برای تهیه نقشه های خاک در دشت های کشاورزی ایران انجام گرفته است، قادر به تفکیک واحدهای اراضی در مناطق شیب دار نمی باشد. نظر به رویکرد دولت و بدنبال آن باشندگان روستاها، طی دو دهه گذشته در استفاده از اراضی شیب دار کم بازده در چرخه تولید کشاورزی، از یک سو و ناکامی در فعالیت های انجام شده در این رابطه از سوی دیگر، لازم دیده شد از روشی که بتواند اطلاعات مفیدی در مورد خاکهای اراضی متشکله بر روی موقعیت های مختلف شیب و توان تولیدی آنها فراهم آورد استفاده شود. بر اساس مطالعات انجام شده، خصوصیات خاکهای تشکیل شده در موقعیت های مختلف شیب متفاوت اند. بنابراین اگر بتوان در اراضی شیبدار، خصوصیات خاک و مدیریت صحیح اراضی را بر اساس موقعیت زمین نما تعیین کرد، هم می توان از تغذیه بی رویه کاربری اراضی شیبدار که غالباً دارای کاربری جنگل، مرتع و حیات وحش می باشند جلوگیری کرد و هم از شدت تخریب بیش از پیش محیط زیست کاست.

برای این منظور، طی سالهای ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی با دقت نیمه تفصیلی تحت عنوان «مطالعات پژوهشی خاکشناسی و ارزیابی اراضی» با استفاده از روش نوین مؤسسه تحقیقات خاک و آب به منظور مکان یابی اراضی مستعد توسعه باغات در اراضی شیبدار استان های زنجان و قزوین انجام گرفت و نقشه های خاک، طبقه بندی اراضی و شوری و قلیائیت با فرمت رقومی تهیه و در اختیار مجریان طرح توسعه باغات در اراضی شیبدار استان های فوق قرار گرفت. نمونه ای از نقشه های تولید شده بر مبنای روش جدید مؤسسه تحقیقات خاک و آب در شکل های شماره ۳۲ و ۳۳ ارائه شده است.



شکل ۳۲- نقشه خاک اراضی شیبدار منطقه قره گل، استان زنجان



شکل ۳۳- پراکنش جغرافیایی کلاس و تحت کلاس‌های اراضی در منطقه امیران استان قزوین

تدوین استانداردهای ملی انجام و نظارت بر مطالعات

تدوین روش‌ها و تکنیک‌های فنی و علمی روزآمد و هماهنگ با استانداردهای ملی برای انجام مطالعات خاکشناسی یکی از مهمترین ضروریات این نوع مطالعات است. در ایران از آنجاکه شروع مطالعات خاکشناسی برای تعیین قابلیت اراضی برای آبیاری بوده است، تا چندی پیش تلاش موثری برای ارتقاء بخشیدن به این روش‌ها و طراحی و اجرای روش‌های پیشرفته علمی و تکنیکی که بتواند نیازهای همه کاربران بیشمار این نوع مطالعات را در برگیرد، صورت نگرفته بود. مطالعاتی که با روش‌های موجود انجام می‌گیرند، در ارائه داده‌ها و تفسیرهای مربوط به رفتار خاک‌ها در مقابل کاربری‌های کشاورزی بویژه در سطح مزارع زارعین با محدودیت روبرو بودند. روش‌های جدید باید بر مبنای این نیاز اصلی تدوین می‌شدند.

به منظور ارتقاء کیفیت مطالعات خاکشناسی در کشور، از اوایل سال ۱۳۸۴ به پیشنهاد موسسه تحقیقات خاک و آب، مجموعه فعالیت‌هایی برای ضابطه‌مند کردن انجام، کنترل کیفی و نظارت بر مطالعات خاکشناسی توسط دفتر نظام فنی اجرائی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور انجام گرفت.

این فعالیت ها منجر به تدوین اسناد و استانداردهای ملی انجام مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در قالب مجلدات زیر گردید (شکل شماره ۳۴):

- ۱- شرح خدمات مطالعات خاکشناسی
 - ۲- دستورالعمل انجام مطالعات خاکشناسی
 - ۳- دستورالعمل انجام تجزیه های آزمایشگاهی نمونه های خاک و آب
 - ۴- شرح خدمات و دستورالعمل نظارت فنی بر العات خاکشناسی
- ۱- تدوین شرح خدمات مطالعات خاکشناسی (نشریه شماره ۴۲۵ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور) با اهداف ایجاد هماهنگی در انجام مطالعات خاکشناسی توسط مجریان بخش دولتی و مشاوران بخش خصوصی، ساخت بانک داده های منابع خاک، همبستگی خاک های کشور با استفاده از دست آوردهای علمی و ابزار فنی جدید انجام شده است. شرح خدمات مطالعات خاکشناسی بر اساس استانداردهای بین المللی مطالعات شناسایی خاک و متناسب با امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی موجود در کشور در سطوح مختلف دقت مطالعاتی تدوین شده است.
- ۲- دستورالعمل انجام مطالعات خاکشناسی (نشریه شماره ۴۶۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور) به منظور تدوین روش ها و تکنیک های فنی و علمی روزآمد و هماهنگ با استانداردهای ملی برای انجام مطالعات خاکشناسی و به عنوان یکی از مهمترین ضروریات این نوع مطالعات تهیه شده است. بدون شک هر مطالعه خاکشناسی که با استفاده از استانداردهای این دستورالعمل انجام گردد، می تواند نتایج رضایت بخشی را بدنبال داشته باشد.
- ۳- بهره برداری بهینه از منابع خاک و آب مستلزم شناخت خصوصیات این منابع است. در مطالعات خاکشناسی و تجزیه های دقیقی است که بر روی نمونه های خاک و آب انجام می گیرد. این تجزیه ها مبنای تفسیر داده ها و پیش بینی عکس العمل خاک ها در مقابل استفاده های مختلف می باشد. برای انجام تجزیه های آزمایشگاهی علاوه بر تامین تجهیزات مدرن و مناسب، روش های آزمایشگاهی نیز باید متناسب با پیشرفت های علمی و تکنیکی، تدوین و مورد استفاده قرار گیرد. تدوین دستورالعمل انجام تجزیه های آزمایشگاهی نمونه های خاک و آب (نشریه شماره ۴۶۷ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور) زمینه های هماهنگی بین آزمایشگاههای خاک و آب مؤسسه تحقیقات خاک و آب و بخش خصوصی را فراهم آورده و نقش مهمی در استاندارد سازی و ارتقاء کیفیت داده های مستخرج از تجزیه نمونه های خاک و آب دارد.
- ۴- اساساً یکی از وظایف اساسی دولت در راستای اعمال حاکمیت بر طرح ها و پروژه های عمرانی، تدوین استانداردها و ضوابط فنی به منظور اعمال نظارت و کنترل فنی بر طرح های اجرا شده توسط مجریان مربوطه، به ویژه بخش خصوصی می باشد. از این رو به منظور پرهیز از اعمال سلیقه و ایجاد یکنواختی در اعمال نظارت و کنترل فنی بر مطالعات خاکشناسی، دستورالعمل نظارت و کنترل فنی بر عملیات خاکشناسی (نشریه شماره ۵۰۰ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور) به عنوان یک ضرورت تدوین و برای اجرا به کلیه دستگاههای ذیربط ابلاغ گردید.



شکل ۳۴- مجموعه اسناد استانداردهای انجام و نظارت بر مطالعات خاکشناسی در کشور تهیه شده توسط معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور



تدوین برنامه راهبردی

تدوین برنامه راهبردی شناسائی و طبقه‌بندی خاک و ارزیابی اراضی از ابتدای سال ۱۳۸۶ در دستور کار بخش تحقیقات تشکیل، طبقه‌بندی و شناسائی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب قرار گرفت (شکل شماره ۳۵). این برنامه بر مبنای پیشینه مطالعات خاک‌شناسی و ارزیابی اراضی در کشور و تجربیات کارشناسی انباشته در مؤسسه تحقیقات خاک و آب تدوین و در آن از یافته‌ها و دستاوردهای بدست آمده در داخل کشور طی بیش از نیم قرن گذشته و همچنین از تجربیات بین‌المللی در زمینه شناسائی خاک و طبقه‌بندی اراضی استفاده گردیده است.

برنامه راهبردی شناسائی و طبقه‌بندی خاک و ارزیابی اراضی یک برنامه جامع و فراگیر است و در آن اهداف، برنامه‌ها، خط‌مشی‌ها و مأموریت‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب در زمینه انجام مطالعات خاک‌شناسی و ارزیابی اراضی به عنوان یک دستگاه مسئول تعیین شده است. این برنامه چارچوب مشخص را برای عملیاتی کردن مطالعات خاک‌شناسی در کشور به عنوان یکی از رسالت‌های مؤسسه ترسیم می‌نماید. در تدوین این برنامه سعی بر آن بوده است تا موضوعات اصلی در قالب زیر برنامه‌ها، رویکردها و راهکارها به‌نحوی طراحی و پیشنهاد گردد که بتواند زمینه را برای جمع‌آوری اطلاعات منابع خاک به عنوان بخشی از اطلاعات مورد نیاز آمایش سرزمین مهیا نماید.



شکل ۳۵- برنامه راهبردی شناسایی و طبقه‌بندی خاک و ارزیابی اراضی



فهرست منابع

- ۱- بنایی م. ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.
- ۲- بنائی، م. ح.، ع. مؤمنی، م. بایبوردی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. خاکهای ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران، ۴۸۱ ص.
- ۳- فاموری، ج. ۱۳۴۹. خاک های ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. ۳۸۸ صفحه.
- ۴- مؤمنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش های خاک، ۳: ۲۴-۲۰۳-۲۱۵ ص.
- 5- Baldwin, M., C.E. Kellogg, and J. Thorp. 1938. Soil classification. In Soils and men: Yearbook of agriculture. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture. pp. 979-1001.
- 6- Dewan, M. L. and J. Famouri. 1964. The Soils of Iran. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. P: 319.
- 7- F.A.O. 1989. World reference base for soil resources. World soil resources report 84. FAO, Rome; Italy. P.91.
- 8- Mahler, P. J. 1970. Manual of Land Classification for Irrigation. Soil and water research institute. Tehran. Iran.
- 9- United State Department of Agriculture. Soil Conservation Service. 1975. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys (1nd edition), Soil Surv. Staff. US. Dep Agric. Hanb. 436.
- 10- United State Department of Agriculture. Soil Conservation Service. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys (2nd edition), Soil Surv. Staff. US. Dep Agric. Hanb. 436.
- 11- Moameni, A. 1999. Soil quality changes under long-term Wheat cultivation in the Marvdasht plain, South Central Iran. PhD Dissertation, Gent, Belgium. 284 p.
- 12- Zinck J. A. 1988. Physiography & Soils. ITC Lecture Notes, SOL.41. Enschede, the Netherlands: ITC.

تحقیقات موتور محرکه کشاورزی است و به روزرسانی،

اقتصادی کردن و پایداری کشاورزی در گرو تحقیقات کشاورزی است.

مهندس حجتی - وزیر جهاد کشاورزی

