



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی علوم خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی، انتشار، تغییرات و نمایش نقشه های خاک با استفاده از سیستم گوگل ارت و سیستم های اطلاعات جغرافیایی

ابوالفضل آبکار

اساتید راهنما:

دکتر هادی قربانی

دکتر علی اکبر آبکار

اساتید مشاور:

دکتر عزیز مومنی

دکتر خلیل اژدری

دیماه ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی علوم خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی، انتشار، تغییرات و نمایش نقشه های خاک با استفاده از سیستم گوگل ارت و سیستم های اطلاعات جغرافیایی

دانشجو

ابوالفضل آبکار

اساتید راهنما:

دکتر هادی قربانی

دکتر علی اکبر آبکار

اساتید مشاور:

دکتر عزیز مومنی

دکتر خلیل اژدری

دیماه ۱۳۸۹

تقدیم به

به کسی که همیشه خنده ام را بر لبانش، انگش را بر گونه بایش، سختم را بر جانش، نفسم را بر قلبش، احساسم را در چشمانش، فکرم را در دهنش، دردم را در سینه اش و عشقم را در نگاهش می دیدم ولی نتوانستم نگاهش را، عشقش را، نفسش را، بخشش را، دوش را، احساسش را، اشک و خنده اش را در جانم ببینم و دک کنم و چرا برای خودنزیست بلکه زیست برای اینکه من باشم.

مادم زیستن از آن توست و دوست داشتن نیز. و من نمی توانم بگویم چرا؛ چرا که واقعا از آن مادران است

پدرمهربانم به رنج زندگی را تحمل نمودی تا بتوانم زندگی آسوده داشته باشم و در کنار خانواده احساس آرامش کنم. آرامش گرانباترین ثروت زندگی است که از وجود

خودمی بخشیدی تا آن را برای خانواده فراهم کنی.

اما میگویم پدر و مادرم دوستان دارم



دانی که خاک را چکونه کیمیا کنند  
این خاک مرده را چکونه زنده می کنند

آن یک نفس که دم بود در دم  
این کیمیایی دهر را به نفسی زنده می کنند

پاس خدایی را که منت نهاد، هستی نشید و توفیق کسب علم و دانش داد، اکنون که به فضل خدا در این موقعیت قرار گرفته ام بر خود لازم می دانم تا از تمامی عزیزانی که در این تحقیق از راهبانی های و مساعدت های ایشان بهره برده ام قدر دانی نمایم.

بدین وسیله از اساتید راهبانی که تقدیرم جناب آقای دکتر ثادی قربانی و جناب آقای دکتر علی اکبر آجگار و اساتید مشاورم جناب آقای دکتر عزیز مومنی و جناب آقای دکتر خلیل اژدری بی نهایت سپاس گذارم. همچنین از داوران ارجمند جناب آقای دکتر ضیائی و جناب آقای دکتر امام قلی زاده که بازخوانی پژوهش حاضر را تسهیل نموده و موجبات افزایش سطح آن را فراهم آوردند، شکر می نمایم.

پنجین از تمام اساتیدی که در دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد به نحوی افتخار نگردیدم در محضرشان را داشته ام از جمله آقایان دکتر نادری، دکتر شایسونی، دکتر قلی پور، دکتر عباس دخت، دکتر عامریان و دکتر عباس پورکمال شکر را دارم. از دوستان عزیزم آقایان کلی جبینده، فدایی و فاضلی که در مراحل انجام این تحقیق کمک و همراه بنده بودند نهایت سپاسگزاری را داشته و از تمام دوستانی که در دوره کارشناسی ارشد با هم خندیده ایم و زندگی کرده ایم قدر دانی می کنم. ونمی دانم چگونه در چند جمله از برادران بزرگوارم حسن و حسین خانواده ارجمندم که علی رغم مشکلات فراوان همواره پایه پایی من آمده اند و مرایاری نمودند، شکر و قدر دانی نمایم. برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و سعادت می نمایم. در پایان از استاد بزرگوارم دکتر علی اکبر آجگار که ز تنهارا به ناله برادری دلسوز که پیش از یک راهبانی من دل سوزاند، شکر می نمایم و امیدوارم که مراد طی مراحل زندگی من از پیش یاری نماید و صمیمانه علو درجات را برای ایشان آرزو مندم.

آرزو مند آرزو بیاتان

ابوالفضل آجگار

## چکیده

نقشه خاک یکی از ابتدایی ترین و در عین حال جامع ترین ابزار برای مطالعه انواع خاک به شمار می آید، از این رو بایستی دقت لازم در در تهیه آن لحاظ گردد. ارائه یک نقشه خاک بهنگام و قابل اعتماد در قالبی که امکان تلفیق اطلاعات آن با سایر لایه های اطلاعاتی نظیر مدل های اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی در یک بستر مناسب فراهم آورد، که کمک زیادی به سهولت ارزیابی اراضی و خاک می نماید. این می تواند در پیش بینی خصوصیات خاکها، آب و دیگر عوامل طبیعی و غیر طبیعی موثر باشد. در سال های اخیر پهنه بندی رقومی خاک نقش موثری در سهولت تجزیه و تحلیل همبستگی خاک ها در محیط طبیعی داشته است. از طرفی سیستم گوگل ارت قابلیت مانیتورینگ، مدیریت، پردازش و آنالیز نقشه های خاک و دیگر نقشه ها را با جزئیات زیاد فراهم می سازد. هدف نهایی این سیستم کمک به فرآیند تصمیم سازی مکانی است که از این نظر، این فرآیند ها نیاز مبرم به داده ها و اطلاعات مکانی دارد. همچنین گوگل ارت به عنوان یک سیستم قدرتمند و روز آمدی پیوسته، برای نمایش تغییرات در خاک ها و نشر و در اختیار گذاری نقشه های خاک شناسی، تولید بهینه داده ها، استخراج اطلاعات از داده ها، صرفه جویی در زمان مورد استفاده قرار می گیرند، بنابراین موجبات تولید ثروت را فراهم می آورند.

در این تحقیق با کمک روش درخت تصمیم گیری و مدل اسکورپن ( ویرایش ۲۰۰۳) همراه با سیستم گوگل ارت و سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه رقومی خاک منطقه جنوب غربی تهران تهیه و بهنگام شد. به این منظور ۵ فاکتور خاک ساز (اقلیم، پوشش و موجودات زنده، توپوگرافی، مواد مادری و زمان) بکار گرفته شده در مدل اسکورپن همراه با داده های مکانی کمکی از قبیل سنجش از دور، مدل رقومی زمین و ... به عنوان ورودی در روش درخت تصمیم گیری استفاده شد. روش درخت تصمیم گیری روشی غیر پارامتریک مبتنی بر ترکیبی از داده ها، دانش فنی و یک استنتاج کامپیوتری می باشد که کاربرد زیادی در علوم محیطی به خاطر نظم و آرایش دادن به داده ها و اطلاعات دارد. نقشه رقومی خاک بدست آمده با استفاده از نقشه های موجود (کروپلث) اعتبار سنجی گردید و دقت نقشه بدست آمده در سطح رده ۹۲٪، زیر رده ۸۵٪ و گروه بزرگ ۳۶٪ بدست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد بهنگام نمودن نقشه های خاک شناسی به کمک درخت تصمیم گیری و با استفاده از سیستم گوگل ارت و GIS با تعداد مشاهدات کم، همراه با دقت و صحت قابل قبولی امکان پذیر می باشد. همچنین می توان آن را به آسانی با سایر لایه های اطلاعاتی تلفیق و انتشار داد.

**کلید واژه:** پهنه بندی رقومی خاک، مدل اسکورپن، درخت تصمیم گیری، سیستم گوگل ارت،

GIS

## فهرست مطالب

فصل اول:	۱
مقدمه	۱
۱-۱- اهمیت خاک	۲
۲-۱- تعریف مسئله	۳
۱-۲-۱- انواع نقشه های خاک	۴
۱-۱-۲-۱- نقشه های نقطه ای خاک	۴
۲-۱-۲-۱- نقشه های پلی گونی (کلاسی مساحتی)	۴
۳-۱-۲-۱- نقشه های پیوسته	۴
۲-۲-۱- کاربرد نقشه های رقومی خاک	۴
۱-۲-۲-۱- جایگاه نقشه های رقومی خاک در درآمد و ثروت یک کشور	۴
۲-۲-۲-۱- نقش آن در بهینه سازی و استفاده مناسب از سرزمین	۵
۳-۱- استفاده از گوگل ارت و GIS به عنوان ابزاری مناسب برای بررسی، انتشار، تغییرات و نمایش نقشه های خاک	۶
۱-۳-۱- کاربرد GIS در بررسی نقشه های خاک	۷
۴-۱- سوالهای اصلی تحقیق	۸
۵-۱- هدف تحقیق	۸
فصل دوم:	۱۰
مطالعه نقشه های رقومی خاک (مروری بر کار های انجام شده)	۱۰
۱-۲- اهمیت نقشه های خاک	۱۰
۱-۱-۲- اهمیت اطلاعات و داده های خاک	۱۱
۲-۲- مفاهیم اصلی و تعاریف	۱۲
۳-۲- تاریخچه نقشه های خاک ایران و جهان	۱۶
۱-۳-۲- تاریخچه اطلاعات و مطالعات خاک شناسی در ایران	۱۸
تاریخچه اطلاعات و مطالعات خاک شناسی در جهان	۱۶

۲۰	۴-۲- فاکتور های تشکیل خاک.....
۲۱	۲-۴-۱- اقلیم .....
۲۲	۲-۴-۲- موجودات زنده.....
۲۲	۲-۴-۳- توپوگرافی و پستی بلندی .....
۲۳	۲-۴-۴- مواد مادری .....
۲۵	۲-۴-۵- زمان .....
۲۶	۲-۵-۵- برآورد پهنه بندی خاک.....
۲۸	۲-۵-۱- تکنولوژی جدید پهنه بندی رقومی خاک .....
۲۹	۲-۵-۱-۱- ارزیابی کمی خاک .....
۳۳	۲-۵-۲- اطلاعات مربوط به منابع کمکی (داده های اضافی) خاک.....
۳۴	۲-۵-۲-۱- داده های اقلیمی .....
۳۵	۲-۵-۲-۲- تصاویر سنجش از دور .....
۳۷	۲-۵-۲-۳- مدل رقومی ارتفاع و مدل رقومی زمین .....
۳۹	۲-۶-۶- مدل های موجود برای برآورد پهنه بندی رقومی خاک .....
۳۹	۲-۶-۱- انواع مدل های نقشه های رقومی خاک.....
۴۰	۲-۶-۱-۱- مدل های استنتاجی مکانی (چند بعدی).....
۴۲	۲-۶-۱-۲- مدل های استنتاجی سویل اسکپ.....
۴۳	۲-۶-۲- سیستم های استنتاجی مکانی خاک و پهنه بندی رقومی خاک .....
۴۵	۲-۶-۳- مدل اسکورپن .....
۴۹	۲-۶-۴- نمودار درختی (سیستم های خبره) در برآورد نقشه های خاک.....
۵۲	فصل سوم: .....
۵۲	مبانی نظری (گوگل ارت).....
۵۳	۳-۱- تعریف و آشنایی با گوگل ارت .....
۵۵	۳-۲- انواع فرمت های گوگل ارت .....
۵۶	۳-۳- تاریخچه گوگل ارت .....
۵۸	۳-۴- کاربرد های گوگل ارت.....

۶۰	..... ۵-۳- فرمت های استفاده شده در گوگل ارت
۶۱	..... ۵-۳-۱ XML زبانی پایه برای اطلاعات مکانی
۶۱	..... ۵-۳-۱-۱ XML زبان مارکاپ قابل توسعه
۶۳	..... ۵-۳-۱-۲ زبان نشانه های جغرافیایی (GML)
۶۳	..... ۵-۳-۱-۳ زبان مارکاب کیحول (KML)
۶۵	..... ۳-۶- وارد کردن داده ها، تصاویر، نقشه ها و آنالیز اطلاعات
۶۶	..... ۳-۶-۱ نحوه اضافه کردن داده ها در گوگل ارت
۶۸	..... ۳-۶-۲ آنالیز داده ها و اطلاعات
۶۸	..... ۳-۶-۲-۱ تبدیل عارضه ها به یکدیگر
۷۰	..... ۳-۶-۲-۲ زمین مرجع کردن لایه های رستری و وکتوری
۷۱	..... ۳-۶-۲-۳ بررسی شیب منطقه و رسم پروفیل طولی حوضه
۷۱	..... ۳-۶-۲-۴ تعیین موقعیت، جابجایی و تعیین حریم
۷۳	..... ۳-۶-۳ بررسی و انتشار نقشه های خاک در گوگل ارت
۷۳	..... ۳-۶-۳-۱ پهنه بندی نقشه آلودگی در اروپا
۷۴	..... ۳-۶-۳-۲ نمایش و ارزیابی فرسایش خاک
۷۵	..... ۳-۶-۳-۳ پراکنش غلظت کلروفیل در سطح دریا ها
۷۶	..... فصل چهارم:
۷۶	..... مشخصات منطقه مطالعاتی
۷۷	..... ۴-۱- وضعیت جغرافیایی
۷۸	..... ۴-۲- اقلیم منطقه
۷۹	..... ۴-۳- وضعیت زمین شناسی منطقه
۸۰	..... ۴-۴- ژئومورفولوژی
۸۱	..... ۴-۵- مشخصات خاک منطقه
۸۲	..... ۴-۶- پوشش گیاهی
۸۳	..... فصل پنجم:
۸۳	..... مواد و روش ها

۸۴	۱-۵- اطلاعات و داده های موجود
۸۴	۱-۱-۵- تصاویر ماهواره ای
۸۴	۲-۱-۵- نقشه ها
۸۵	۳-۱-۵- داده ها
۸۵	۴-۱-۵- نرم افزار
۸۷	۲-۵- روش تحقیق
۸۷	۱-۲-۵- جمع آوری داده ها
۸۷	۲-۲-۵- بررسی داده ها
۹۲	۳-۲-۵- آماده کردن نقشه ها لازم برای پیش بینی ویژگی های خاک منطقه
۹۵	۴-۲-۵- نقشه ژئوپدولوژی به کمک درخت تصمیم گیری
۹۶	فصل ششم:
۹۶	نتایج و بحث
۹۷	۱-۶- نقشه لندفرم سطحی خاک منطقه
۹۷	۲-۶- نقشه DEM منطقه
۹۸	۳-۶- نقشه تهیه شده از گوگل ارت
۱۰۰	۴-۶- اطلاعات و لایه های مورد نیاز برای پیش بینی نقشه رقومی خاک
۱۰۱	۱-۴-۶- تهیه نمودن نقشه اقلیم خاک
۱۰۱	۲-۴-۶- تهیه کردن نقشه مواد مادری منطقه
۱۰۴	۳-۴-۶- تهیه کردن نقشه زمان
۱۰۶	۴-۴-۶- تهیه نقشه توپوگرافی منطقه
۱۰۷	۵-۴-۶- تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه
۱۰۹	۵-۶- پیش بینی نقشه خاک
۱۱۰	۱-۵-۶- پهنه بندی خاک در اراضی کم شیب و مسطح
۱۱۰	۱-۱-۵-۶- سیمای اراضی منطقه مورد مطالعه
	۲-۱-۵-۶- دسته بندی خاک های منطقه باتوجه به پروفیل های موجود در
۱۱۱	منطقه

۱۱۲	..... ۲-۵-۶- پهنه بندی رقومی خاک منطقه
۱۱۳	..... ۱-۲-۵-۶- رده بندی خاک منطقه
۱۲۴	..... ۲-۲-۵-۶- رده های اصلی خاک محدوده مورد مطالعه
۱۲۵۵	..... ۳-۲-۵-۶- ارزیابی نتایج بدست آمده. ۰ و اعتبار سنجی نقشه رقومی خاک
۱۲۸۸	..... ۴-۲-۵-۶- بحث و بررسی
۱۳۱۱	..... فصل هفتم:
۱۳۱	..... نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۳۲	..... ۱-۷- نتیجه گیری
۱۳۴	..... ۲-۷- پیشنهادات
۱۳۵۵	..... ۸- منابع
۱۳۹۹	..... ۹- پیوست
۱۳۹	..... ۱-۹- پیوست ۱- دستور KML مربوط به لایه خطی
	..... ۲-۹- پیوست ۲- تغییر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بدست آمده از تصاویر MODIS در
۱۴۰	..... سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸

## فهرست جدولها

- جدول ۱-۲- ارتباط بین توسعه پروفیل خاک با زمان ..... ۲۶
- جدول ۲-۲- خروجی از DEM و DTA ..... ۳۸
- جدول ۳-۱- فرمت ورود داده ها به گوگل ارت ..... ۶۷
- جدول ۲-۳- حریم مجاز برای مرغداری ها ..... ۷۲
- جدول ۱-۶- مواد مادری منطقه مورد مطالعه ..... ۱۰۳
- جدول ۲-۶- بررسی توسعه پرفیلی خاک با توجه به مواد مادری ..... ۱۰۵
- جدول ۳-۶- کلاس بندی شیب منطقه ..... ۱۰۷
- جدول ۶-۶- کلاس های خاک منطقه با روش درخت تصمیم گیری ..... ۱۱۸
- جدول ۶-۶- کلاس های خاک منطقه با روش درخت تصمیم گیری ..... ۱۱۹
- جدول ۶-۶- کلاس های خاک منطقه با روش درخت تصمیم گیری ..... ۱۲۰
- جدول ۷-۶- کلاس های خاک منطقه با توجه به رده بندی آمریکایی ..... ۱۲۲
- جدول ۸-۶- ارزیابی و اعتبار سنجی نقشه رقومی خاک ..... ۱۲۶



## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲-۱- مراحل تهیه نقشه رقومی خاک برای تصمیم گیری و مدیریت مناسب ..... ۱۵
- شکل ۲-۲-۲- ترکیب مشاهدات پروفیلی و داده های کمکی RS و DTA ..... ۳۴
- شکل ۲-۲-۳- انواع مختلف مدل های نقشه های رقومی خاک ..... ۴۱
- شکل ۲-۲-۴- سیستم استنتاجی مکانی (چند بعدی) خاک و تهیه نقشه رقومی خاک ..... ۴۵
- شکل ۱-۳-۱- مراحل انتشار و نمایش داده ها ژئورفرنس در سیستم گوگل ارت ..... ۶۱
- شکل ۲-۳-۲- نمایی از نرم افزار GOOGLE EARTH ..... ۶۶
- شکل ۳-۳-۳- فرمت KML لایه پلی گونی ..... ۶۹
- شکل ۳-۳-۴- زمین مرجع نمودن توسط گوگل ارت ..... ۷۰
- شکل ۳-۳-۵- رسم پروفیل طولی در گوگل ارت ..... ۷۱
- شکل ۳-۳-۶- تعیین حریم مرغداری ها در گوگل ارت ..... ۷۳
- شکل ۳-۳-۷- پراکندگی آلودگی عناصر سنگین در اروپا (HG, ZN) ..... ۷۴
- شکل ۳-۳-۸- نمایش فرسایش بادی در اطراف دریاچه هیرمند ..... ۷۴
- شکل ۳-۳-۹- نمایش فرسایش خاک در قاره استرالیا ..... ۷۵
- شکل ۳-۳-۱۰- پراکنش غلظت کلروفیل دو در سطح آب ها ..... ۷۵
- شکل ۴-۱-۱- نمای کلی از منطقه در گوگل ارت ..... ۷۷
- شکل ۴-۲-۲- پوشش گیاهی منطقه در گوگل ارت ..... ۸۲
- شکل ۵-۱-۱- فلو چارت کلی روش تحقیق ..... ۸۶
- شکل ۵-۲-۲- تولید نقشه پوشش منطقه ..... ۹۲
- شکل ۵-۳-۳- تهیه نقشه شیب ..... ۹۳
- شکل ۵-۴-۴- نمودار برای تهیه نقشه مواد مادری ..... ۹۴
- شکل ۵-۵-۵- پارامترها لازم برای تهیه نقشه زمان ..... ۹۵
- شکل ۶-۱-۱- لندفرم استخراج شده از شاتل SRTM ..... ۹۸
- شکل ۶-۲-۲- نقشه DEM منطقه ..... ۹۹
- شکل ۶-۳-۳- بررسی تغییرات سطحی خاک منطقه با استفاده از گوگل ارت ..... ۱۰۰
- شکل ۶-۴-۴- نقشه مواد مادری ..... ۱۰۳

- شکل ۵-۶- نقشه زمان (توسعه پروفیلی خاک) ..... ۱۰۶
- شکل ۶-۶- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه ..... ۱۰۸
- شکل ۷-۶- مراحل تهیه نقشه رقومی خاک ..... ۱۰۹
- شکل ۸-۶- طبقه بندی خاک های منطقه مورد مطالعه با کمک درخت تصمیم گیری ..... ۱۲۱
- شکل ۹-۶- نقشه که به روش درخت تصمیم گیری تهیه شده است تا سطح گروه بزرگ ..... ۱۲۷
- شکل ۱۱-۶- نمایش نقشه رقومی خاک منطقه به همراه شهر های و دیگر عارضه های موجود در سیستم  
گوگل ارت ..... ۱۲۸

---

# فصل اول:

## مقدمه

---

## ۱-۱- اهمیت خاک

" شرم آور است که قادر نیستیم بر روی اینکه خاک چیست توافق کنیم. در این مورد خاک شناسان تنها نیستند. زیست شناسان در تعریف حیات و فیلسوفان در تعریف فلسفه نیز چنین می باشند." " هانزینی "

سرزمین ایران با مساحتی بیش از ۱,۶۴۸,۰۰۰ کیلومترمربع، شانزدهمین کشور پهناور جهان است. ایران در شرق نیمکره شمالی بین ۲۵ تا ۴۵ درجه شمالی عرض جغرافیایی و ۴۴ تا ۶۴ درجه شرقی طول جغرافیایی قرار دارد. اختلاف ارتفاع فلات ایران که از خلیج فارس تا دریای خزر کشیده شده است، حدود ۵۶۵۲ متر (از ۲۴- تا ۵۶۲۸ متر) و اختلاف درجه حرارت ۸۰ درجه (از ۳۰- تا ۵۰+ درجه) می باشد. در میان کشورهای جنوب غرب آسیا، ایران دارای متنوع ترین شرایط رویشی و تعداد گونه های گیاهی می باشد. میزان بارش سالیانه در ایران از ۲۵ میلی متر در قسمت فلات مرکزی تا ۲۰۰۰ میلی متر در حاشیه دریای خزر متفاوت است (متوسط بارش ۲۵۰ میلی متر در سال می باشد)، تبخیر و تعرق سالیانه در ایران از ۷۰۰ میلی متر در مناطق حاشیه خزر تا ۴۰۰۰ میلی متر در قسمت فلات مرکزی و قسمت جنوبی ایران متغییر است، که ۱۶ برابر بیش از متوسط بارندگی است ([www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir)).

با توجه به اقلیم های گوناگونی که در ایران یافت می شود، بایستی انتظار داشت که خاک های گوناگونی نیز طی هزاران سال گذشته ایجاد و مورد بهره برداری قرار گرفته باشند. این موضوع می تواند نشان دهنده جایگاه ویژه خاک برای توسعه و پیشرفت کشور ایران در طی سالیان گذشته و آینده باشد.

## ۱-۲- تعریف مسئله

استفاده از منابع خاکها بایستی تحت مدیریتی صورت گیرد که ضامن حفظ پتانسیل آنها برای نسل های آینده باشد. در مدیریت پایدار منابع خاک، خاکشناسی (تهیه نقشه های خاک و اطلاعات همراه) بعنوان مطالعات پایه، مورد استفاده قرار می گیرد. خاکشناسی یا فهرست برداری منابع خاک، شامل نقشه خاک، تشریح خاکها در واحدهای نقشه خاک و پیش بینی رفتار انواع خاکها برای استفاده ها و مدیریتهای مختلف می باشد.

نقشه خاک یکی از ابتدایی ترین و در عین حال جامعترین ابزار برای مطالعه خاک ها به شمار می رود که بایستی آن را به طور دقیق و با کاربری های مورد نیاز ترسیم نمود. ارائه و تلفیق یک نقشه خاک بهنگام قابل اعتماد از خصوصیات آن با سایر لایه های اطلاعاتی و خروجی مدل های اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی در یک بستر عملیاتی می تواند کمک شایانی به ارزیابی درست و دقیق از وضعیت خاکها و سرزمین، پیش بینی خصوصیات خاکها، اثرات متقابل خاک، آب و دیگر عوامل طبیعی و غیر طبیعی بنماید.

نقشه خاک به عنوان نقشه پایه برای تهیه نقشه های دیگر از جمله نقشه های طبقه بندی اراضی برای آبیاری، قابلیت آبیاری، تناسب اراضی و آمایش سرزمین استفاده می شود. بدین منظور واحد های نقشه با توجه به اطلاعاتی که در گزارش نقشه خاک موجود است جهت استفاده اساسی (کشاورزی آبی، دیم، مرتع و جنگل) مورد ارزیابی قرار گرفته و نقشه های قابلیت و استعداد اراضی تعیین می گردد (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

### ۱-۲-۱- انواع نقشه های خاک

نقشه های خاک متنوع و کاربری های متفاوتی دارند که شامل موارد زیر می باشد:

#### ۱-۱-۲-۱- نقشه های نقطه ای خاک

نقشه های نقطه ای خاک نقشه های هستند که نقاط نمونه برداری شده همراه با طبقه بندی خاک یا خصوصیت آن بر روی نقشه نشان داده می شوند. مزیت این نقشه ها ارائه مستقیم خاک یا خصوصیتی است که نمونه برداری شده است، اما تمام مساحت منطقه مورد نظر را نمی پوشاند و تغییرات مکانی خاک در گستره مکانی - فضایی را در نظر نمی گیرد.

#### ۲-۱-۲-۱- نقشه های پلی گونی (کلاسی مساحتی)

در این نقشه ها خطوط مرزی به پلی گون هایی تقسیم می شود و به هر پلی گون نام یک کلاس داده می شود. نقشه های خاک معمولاً از نوع نقشه های پلی گونی می باشند.

#### ۳-۱-۲-۱- نقشه های پیوسته

این نقشه ها برای پراکنش خصوصیات خاک استفاده می شوند و به دو نوع که نوع اول توزیع پیوسته از خصوصیت را نشان می دهد و نوع دوم، مشاهده مستقیم یک خصوصیت یا خاک در کل منطقه تهیه می شوند و در هر نقطه یک اندازه گیری واقعی وجود دارد (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

#### ۲-۲-۱- کاربرد نقشه های رقومی خاک

نقشه های خاک کاربردها و استفاده های گوناگونی دارند که باعث پیشرفت و بهینه سازی منابع یک کشور می شوند. این کاربرد ها به شرح ذیل می باشند:

#### ۱-۲-۲-۱- جایگاه نقشه های رقومی خاک در درآمد و ثروت یک کشور

تلاش اندکی در زمینه ارتباط نقشه های خاک و ظرفیت داده های خاک برای ثروتمندی یک ملت انجام شده است. در حال حاضر در کشور داده ها و نقشه های خاک موجود قدیمی می باشند. این نقشه ها اغلب به روشهای سنتی که هزینه بر و زمان بر بوده تولید و البته بطور چند منظوره

مورد بهره برداری قرار می گیرند (استفاده در مطالعات مختلف بعنوان نقشه پایه). بهرحال، ارزیابی بهره اقتصادی از نقشه های خاک مشکل است ولی آنچه مسلم است اینکه ارزش افزوده از استفاده از اطلاعات و نقشه های خاک بسیار می باشد. مثلاً، در کشور های اروپایی و بعضی از کشور ها درآمد کشور مربوط به سرانه تولید ناخالص ملتها (GDP) و شماری از علوم مربوط به زمین از جمله خاک می باشد. GDP در هر واحد سطح در کشورهای که علوم خاک پیشرفته دارند بیشتر است، بعلاوه این علوم باعث افزایش بیشتر GDP می شوند (Alfred & Hartemink, 2008).

ثروت و درآمد کشور ها از اقتصاد کلان مشتق می شود و نیز تحت تاثیر منابع غنی طبیعی و ثروت اقلیم و کانی ها هستند. در جوامع پیشرفته، خاک فاکتوری شناخته شده در تولید ثروت و درآمد یک ملت می باشد. همچنین، به لحاظ پیوستگی سرزمین و تمدنهای بشری پیشنهاد می شود یک پایگاه مکانی جامع و جهانی خاک تهیه تا در تولید ثروت جوامع بشری نقش موثر تری داشته باشد (Sachse et al., 2005). لذا، همچنانکه در بالا اشاره شد تهیه یک بستر مناسب جهت بررسی، انتشار، نمایش تغییرات و خصوصیات نقشه های خاک و تلفیق آن با سایر نقشه ها و داده ها بسیار ضروری می نماید.

#### ۱-۲-۲- نقش آن در بهینه سازی و استفاده مناسب از سرزمین

نقشه های خاک در مطالعات مختلف از جمله کشاورزی و منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آب و ... کاربرد زیادی دارد و بهره وری بیشتر از این منابع حیاتی نیازمند مدیریت و برنامه ریزی بهینه برای استفاده از سرزمین می باشد. این نقشه ها برآورد خوبی از ظرفیت تولید انواع محصولات زراعی را از سراسر جهان به ما ارائه می دهد. نقشه دیجیتال خاک (DSM) می تواند مشخصات ویژه ای از سیستمهای اطلاعات خاک به وسیله استنتاج مدلهای عددی ایجاد کند و گونه های ویژه خاک و خصوصیات خاک را از مشاهدات زمینی و دانش و از ارتباط تنوع زیست محیطی معلوم کند (Lagacherie and Mc Bratney, 2007).

اما، دو چالش کلیدی که در آینده در مورد پهنه بندی رقومی خاک وجود دارد عبارتند از:

- ۱- افزایش گستره مکانی، تفکیک پذیری و دقت نقشه های رقومی خاک
- ۲- کنترل کیفیت، دقت وصحت از داده ها و اطلاعات خاک تهیه شده.

۳-۱- استفاده از گوگل ارت و GIS به عنوان ابزارهای مناسب برای تهیه، نمایش و بررسی،

### تغییرات نقشه های خاک

سیستم گوگل ارت وابسته به شرکت گوگل، یک نمایش سه بعدی از زمین است که در ژوئیه سال ۲۰۰۵ میلادی در اختیار همگان قرار گرفت و از آن پس جذابیت و استفاده عمومی را به همراه داشت. دلیل این مقبولیت و استفاده همگانی به توانایی نمایش مناسب، منصفانه و واقع گرایانه از زمین به صورت سه بعدی و ذخیره اطلاعات با استفاده از مدل های مناسب رقومی و نمایش تصاویر ماهواره ای ذکر شده است. در حال حاضر بیش از یکصد میلیون کاربر سالانه از گوگل ارت استفاده می کنند و گوگل ارت رشد بسیاری در سالهای اخیر داشته است و اطلاعات زیادی را به صورت رایگان در اختیار کاربران خود گذارده و می گذارد (Chen et al., 2008).

گوگل ارت یک پایگاه مکانی مناسب برای دانشمندان فراهم می کند تا آن ها از این طریق مثلا، داده های زمین شناسی جمع آوری شده را با دیگر داده ها مقایسه و به بررسی و تلفیق این داده ها با یکدیگر و سایر اطلاعات بپردازند. با استفاده از گوگل ارت می توان نقشه های خاک تهیه شده را به آسانی در زمینه های مختلف تعمیم، توسعه و انتشار داد. بیشتر نقشه های خاک در دسترس، اطلاعات متنوعی از خاک دارند که با جزئیات متفاوت از طریق گوگل ارت قابل دسترس می باشند. با استفاده از داده های گوگل ارت می توان نقشه های خاک را به هنگام کرد. همچنین، با استفاده از تصاویر با توان تفکیک مکانی بسیار بالا (تصاویر با توان تفکیک مکانی کمتر از یک متر) می توان نقشه های خاک را تفسیر و به روز نمود (Hartemink, et. al, 2008).



دلیل اصلی برای گرایش به گوگل ارت این است که نرم افزار گوگل ارت و ابزارهای آن به طور آزاد قابل دسترس اند و دیگر این که مفاهیم و استفاده از ابزار آن برای کاربران، خیلی ساده و بدون برنامه های پیچیده می باشد که کاربران به راحتی می توانند در زمان کوتاهی با مطالعه و بررسی گوگل ارت آن را یاد بگیرند. از دیگر توسعه های سیستم گوگل، گسترش «سیستم تصویری با دوربین» گوگل تحت نام Google Street می باشد. که مورد استقبال عمومی و بسیار زیاد مردم کشورهای غربی از این اقدام گوگل گردیده است. مثلا، یکی از کاربردهای آن این است که مشاورین املاک می توانند، منازل فروشی و اطراف آن را ابتدا در دفتر خود و بر روی صفحه مانیتور بطور مجازی به خریداران نشان دهند و بعد از آن برای دیدن داخل منزل، به محل عزیمت کنند.

### ۱-۳-۱- کاربرد GIS در بررسی نقشه های خاک

سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> سیستمی است که به کمک سخت افزار و نرم افزار امکان دریافت، ذخیره سازی، بازیابی، مدیریت و تجزیه و تحلیل داده های مکانی را فراهم می آورد. بدین وسیله علاوه بر دسترسی صحیح و سریع به داده های مورد نیاز در یک حجم وسیع، امکان ارائه و به تصویر کشیدن اطلاعات مکانی و توصیفی در قالب نقشه، جدول و نمودار، ویرایش و بهنگام نمودن داده ها و نیز امکان استفاده از داده های موجود در جهت اهداف مختلف و براساس نیازهای گوناگون کاربران فراهم می گردد. همچنین زمینه ای برای شناساندن و معرفی قابلیت ها و پتانسیل های متعدد و در عین حال، تشخیص خلأهای مطالعاتی مناطق مختلف جغرافیایی ایجاد خواهد شد، می باشد (Andrew et al., 2009).

<sup>۱</sup> Geographic Information System (GIS)

هدف نهایی این سیستم کمک به فرآیند تصمیم گیری مکانی است که نیاز به داده ها و اطلاعات مکانی می باشد. از جمله داده های ورودی آن می توان به داده های آزمایشگاهی، مشاهدات صحرایی، داده ها و اطلاعات ماهواره ای، نقشه های مختلف و اطلاعات توصیفی اشاره کرد. نقشه های خاک تهیه شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی یکی از لایه های مهم موجود در این سیستم برای ترکیب با سایر اطلاعات از جمله برنامه های آمایش سرزمین و مدل سازی کمی محیطی مورد استفاده قرار می گیرد.

در بخش قبل ضرورت ایجاد یک بستر جهت نمایش، بررسی تغییرات و آنالیز داده های مکانی اشاره گردید. همچنین، با توجه به توسعه گوگل ارت توسط شرکت گوگل در دو دهه گذشته که در بالا به آن اشاره گردید، در این تحقیق امکان بررسی، انتشار، تغییرات و نمایش خصوصیات نقشه های خاک با استفاده از گوگل ارت و سیستم های مشابه مکانی مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد.

#### ۱-۴- سوالات اصلی تحقیق

۱- آیا گوگل ارت ابزاری مناسب برای تعیین پراکنش جغرافیایی و نمایش واحد های

خاک در سطح مزرعه، دهستان، شهرستان، استان، منطقه، کشور و جهان می باشد؟

۲- آیا گوگل ارت ابزاری مناسب برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی واحد های خاک

می باشد؟

۳- در صورت مثبت بودن سوال فوق، آیا آنالیز تغییرات در خصوصیات خاک یک

منطقه خاص می تواند در محیط گوگل ارت انجام شود؟

#### ۱-۵- هدف تحقیق

۱- ارائه نقشه مناسب و رقومی خاک با استفاده از سیستم گوگل ارت و سیستم اطلاعات

جغرافیایی با کارایی بالا؛

۲- بروز کردن نقشه های خاک با سیستم گوگل ارت و دیگر روش ها؛

۳- انتشار، نمایش و تلفیق نقشه های خاک به کمک سیستم گوگل ارت.

## ۲- فصل دوم:

# مطالعه نقشه های رقومی خاک (مروری بر کار های انجام شده)

---

### ۱-۲- اهمیت نقشه های خاک

"اجرای سیاست های حفاظتی خاک نیاز به اطلاعات بروز و قابل اعتماد خاک دارد"

"اطلاعات و داده های خاک قدیمی اند و به طور کامل قابل دسترس نیستند"

(Dobos et al., 2006).

مدلهای اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی بسیاری (ارزیابی ریسک، آمایش سرزمین و تست گزینه های مختلف و ...) نیاز به یک سری پارامتر های خاک به عنوان ورودی جهت تخمین و پیش بینی تغییرات وضعیت زندگی آینده ما دارند. بهر حال، وجود داده ها و اطلاعات خاک در جهان و ایران با محدودیت هایی همراه است. اطلاعات خاک (Dobos et al., 2006).

(الف) یا در مقیاس ها و فرمت های مورد نظر موجود نمی باشند،

(ب) توضیح مناسبی برای تفسیر قابل اعتماد ندارند،

(ج) کیفیت داده ها و اطلاعات سؤال برانگیز است.

بنابراین تولید نقشه های بهنگام و قابل اعتماد خاک در بسیاری از کاربردها دارای اهمیت زیادی می باشد.

## ۲-۱-۱- اهمیت اطلاعات و داده های خاک

اطلاعات مکانی خاک که به وسیله پهنه بندی رقومی خاک تولید می شود، باید اهمیت بالایی داشته باشد که بتواند سرمایه گذار و کاربر را وادار به استفاده از این اطلاعات نماید. همچنین باید از این طریق منابع اصلی، استانداردها و مدلها تعریف و شناسایی گردند. بعلاوه پهنه بندی رقومی خاک پیشرفته باید در تمام روش های مرسوم و قدیمی مشخص و قابل استفاده باشند (Hartemink et al., 2007).

تحقیقات دهه اخیر در یک گستره و مقیاس مشخص نشان می دهد که نوسانات و تغییرپذیری خاک در کشاورزی و فرآیند های زیست محیطی قابل توجه و دارای اهمیت است. قبل از قرن ۲۰ بیشتر نقشه های خاک در جهان توسط ادارات کشاورزی کشورها توسعه یافتند. اما روند رشد جمعیت و به تبع آن توسعه کشاورزی (افزایش سطح زیر کشت، استفاده بیش از حد از آب های زیر زمینی و استفاده نامناسب و زیاد از خاک و...) تا دهه ۱۹۷۰ ادامه یافت تا در این زمان با توجه

به نتایج تحقیقات دانشمندان با مشکلات و مسائل زیست محیطی مواجه شدند. با توجه به تغییرات رشد جمعیت و رشد کشاورزی در دهه های اخیر که باعث از بین رفتن منابع آب و خاک بسیاری از جوامع بشری شده است، ضرورت تهیه یک پایگاه اطلاعات مکانی بهنگام و قابل اعتماد "خاک" در حال حاضر بیشتر از قبل است.

کشاورزی یک گرداننده اصلی در توسعه اقتصادی-اجتماعی در بیشتر کشور های در حال توسعه و شامل ۶۰-۳۰ درصد از GDP (تولید ناخالص) این کشورها است. ناش در سال ۲۰۰۵ گزارش نموده که ۶۳ درصد از جمعیت جهان (که ۷۳٪ از این جمعیت فقیر، تقریباً ۹۰۰ میلیون نفر) در مناطق روستایی، کار و زندگی می کنند (Nash et al., 2005).

اطلاعات خاک می تواند به ما در توسعه و زندگی بهتر به دو شکل کمک کند (Cook et al., 2007):

۱- توانا ساختن و آگاه نمودن کشاورزان به تهدیدات مطرح شده به وسیله تغییرات اقلیم و خطرات کمیابی و کمبود آب و فشارهای وارد شده به تخریب اراضی

۲- شناسایی یک راه خروج از فقر و تهی دستی و بوجود آوردن یک فرصت تازه از طریق داخل شدن در بازار های جهانی (تبدیل اطلاعات و داده های خاک به ثروت)

## ۲-۲- مفاهیم اصلی و تعاریف

به منظور معرفی مفاهیم پهنه بندی رقومی خاک، ابتدا به نظر رسید که یک مروری (شکل ۲-۲-

۱) بر منابع و تعاریف مرتبط با تکنیک های پهنه بندی رقومی خاک، داده های ورودی و خروجی و ارتباط بین پهنه بندی رقومی خاک و توابع و فرصت های خاک مهم باشد.

نقشه رقومی خاک<sup>(1)</sup> (DSM): نمایش یک پایگاه داده مکانی خاک، که توزیع مکانی انواع خاک و ویژگی های خاک را نشان می دهد، نقشه رقومی خاک همچنین می تواند نقشه های موجود خاک رقومی شده باشند؛

پهنه بندی رقومی خاک<sup>(2)</sup> (DSM): تولید نقشه رقومی انواع خاک و ویژگی های خاک به کمک کامپیوتر است. که اغلب با استفاده از مدل های ریاضی و آماری که اطلاعات بدست آمده از مشاهدات خاک را با اطلاعات محیطی جمع آوری شده و با داده های سنجش از دور ترکیب می کنیم، تهیه می شود؛

مشاهدات خاک<sup>(3)</sup> (SO): اندازه گیری و مشاهدات داده های قابل دسترس از ارزیابی مستقیم خاک<sup>4</sup>؛

برآورد مکانی ویژگی ها و کلاس های خاک<sup>(5)</sup> (SPSP/C): یکی کردن ویژگی ها یا کلاس های خاکی که اکنون در هر وضعیت یا نواحی مورد نظر قابل دسترس هستند، می باشد. این خروجی ها از سیستم استنتاجی مکانی خاک گرفته شده است؛

یژگی های ثانویه خاک<sup>(6)</sup> (SSP): این ویژگی ها از ویژگی های اولیه خاک استخراج شده اند و مورد استفاده مدل های استنتاجی متغییرها (توابع انتقالی-خاک<sup>7</sup> و مدل های محیطی) می باشند؛

استنتاج مکانی خاک<sup>(8)</sup> (SSI): تولید یا مجموعه تولیدات انجام شده در یک مدل سیمای اراضی-

خاک<sup>9</sup>، همراه با مدل اسکورپن استفاده شده برای استخراج ویژگی ها یا کلاس های خاک و دیگر اطلاعات کمکی می باشد؛

<sup>1</sup> Digital Soil Map

<sup>2</sup> Digital Soil Mapping

<sup>3</sup> Soil observations

<sup>4</sup> Original soil survey

<sup>5</sup> Spatially predicted soil properties / classes

<sup>6</sup> Secondary soil properties

<sup>7</sup> Pedo-transfer rules

<sup>8</sup> Soil spatial inference

<sup>9</sup> Soil-landscape model

سیستم استنتاجی سویل اسکپ (SIS<sup>1</sup>): از ویژگی های ثانویه خاک همراه با مدل های استنتاجی متغیرها (قوانین انتقالی-خاک و مدل های محیطی) مشتق شده است؛

توابع خاک (SF<sup>2</sup>): متغیرهای اکولوژیکی و قوانین اقتصادی-علمی خاکها، این مقررات در COM179(2002) تعیین شده است. مهمترین توابع خاک شامل: (الف) قابلیت تولید وزن توده خاک، (ب) تثبیت کربن آلی، (ج) پشتیبانی برای مواد خام، (د) تنوع زیستی<sup>3</sup> و (ح) میراث طبیعی؛

تهدیدات خاک (ST<sup>4</sup>): فرآیندهای تخریب خاک، معمولاً از فعالیت های بشر ناشی می شود. این قوانین در COM179(2002) تعیین شده است. مهمترین تهدیدات خاک شامل: (الف) کاهش مواد آلی خاک، (ب) فرسایش، (ج) شوری/سدیمی شدن و (د) زمین لغزه؛

نقشه های کارکردی (عملکردی) (FM<sup>5</sup>): نمایش پایگاه داده های خاک که قابل استفاده و رایج در انواع کاربردهای ثانویه دیگر می باشد، به علت توصیف پیچیدگی نقشه ها بداین دلیل که چگونه استخراج شده، دقت و صحت این نقشه ها چه قدر است، همچنین روش و چگونگی تفسیرشان از قشه های کاربردی می توان بهره جست (Dobos et al., 2006).

<sup>1</sup> Soilscape inference system

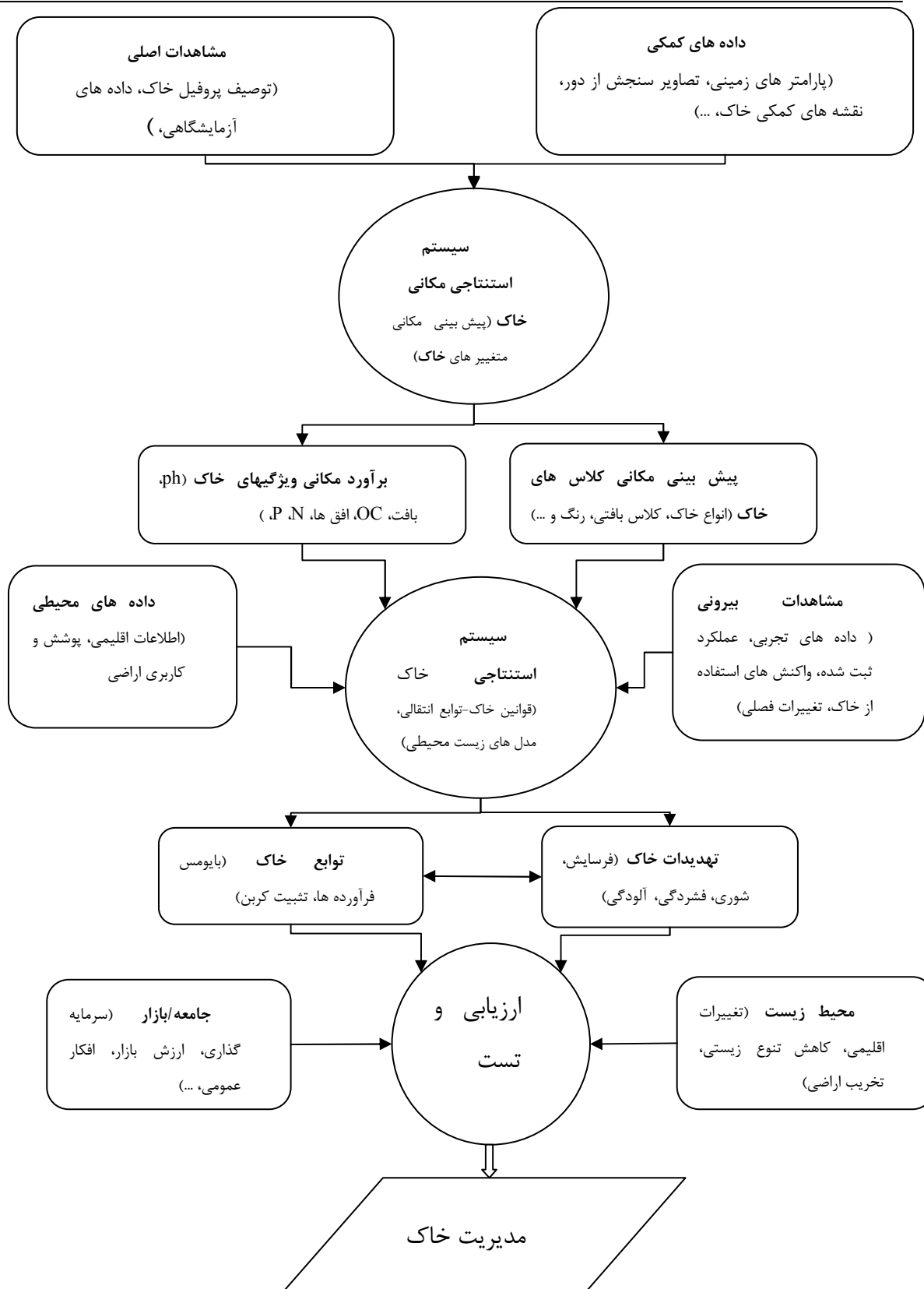
<sup>2</sup> Soil functions

<sup>3</sup> Biodiversity

<sup>4</sup> Soil threats

<sup>5</sup> Functional maps





شکل ۱-۲- مراحل تهیه نقشه رقومی خاک برای تصمیم گیری و مدیریت مناسب

## ۳-۲- تاریخچه نقشه های خاک ایران و جهان

در این بخش در ارتباط با تاریخچه مطالعات خاک شناسی در ایران و جهان و نحوه تهیه نقشه های مرسوم خاک ارائه می شود.

## ۳-۲-۱- تاریخچه اطلاعات و مطالعات خاک شناسی در جهان

خاک به عنوان بستر از زمان های قبل از میلاد مورد توجه قرار گرفته است. از قرن نوزدهم به بعد به تدریج خاکشناسی جنبه ی آکادمی گرفته است. از سال ۱۸۴۰ یک دانشمند در کتابی تحت عنوان کاربرد شیمی در خاک ارتباط تغذیه و خاکشناسی را مورد بررسی قرار داد. داکوچائف یکی از دانشمندان روسیه، که زمین شناس خبره بوده است، از طرف دولت اراضی کشاورزی را برای اخذ مالیات دسته بندی و طبقه بندی می کند. و اراضی را به نه دسته تقسیم نمود؛ تا بتوان مطابق با تولید و توان اراضی مالیات را اخذ نمود. در سال های بعد این دانشمند به عنوان پدر علم خاکشناسی نام گرفت. بعد از آن گلینکا، که او نیز یک زمین شناس بود، روی چگونگی تشکیل خاک و فرایندهای مربوطه بحث و تحقیق نمود و نتیجه گرفت که خاک متأثر از عوامل مادری است. در کنار این ها در امریکا هیلگارد در اوایل دهه ۱۹۰۰ به عنوان زمین شناس در بخش خاکشناسی در ایالت کالیفرنیا فعالیت نمود و تشکیل خاک را با شرایط اقلیمی مطرح نمود. هاربت و همکاران در سال های ۱۹۳۰ خاکهای امریکا را مورد شناسایی قرار دادند و نقشه خاک شناسی آمریکا را تهیه نمودند. بعدها در سال ۱۹۴۱-۱۹۴۰ ینی در اولین نشریه خود پنج عامل تشکیل خاک ( آب و هوا، اقلیم، پوشش گیاهی، مواد مادری و زمان ) را چاپ نمود. آقای اسمیت، که مسئولیت سرپرستی بخش خاکشناسی امریکا را بر عهده داشت، در سال ۱۹۶۰ قبل از دهه ی ۱۹۷۰ با همکاری افراد دیگر روش جدید آمریکایی را پایه گذاری کرد و بسط و توسعه داد. تاریخچه ی رده بندی خاک در جهان که در ابتدا از آمریکا شروع شد به حدود ۵۰ سال قبل بر

می گردد ([snr.unl.edu/csd-esic/HistorySoilSurvey/hapter5.pdf](http://snr.unl.edu/csd-esic/HistorySoilSurvey/hapter5.pdf)).

در سال های اخیر تحول زیادی در رده بندی خاک رخ داده و در اثر این تغییر و تحول نقشه رقومی خاک دنیا با دقت و کیفیت بالا در حال تهیه می باشد. باید توجه داشت که نقشه جهانی خاک بر اساس ارزیابی خاک و تکنولوژی های موجود تهیه می شود. اطلاعات جدید و به روز خاک در بیشتر کشورها یک ثروت قابل دسترس می باشد. نقشه جهانی خاک حاوی اطلاعات مستقیم و ترکیبی از نگاشت واحد از نقطه نظر نوع خاک است که شامل، بافت خاک سطحی از قالب نوع خاک (سه کلاس: درشت، متوسط و ریز)، واحد کلاس شیب (سه کلاس:  $0.8\%$ ،  $30-8\%$  و  $<0.3\%$ ) و فاز نهایی خاک های موجود (شور، سدیک، آهکی و ...) می باشد.

هارتمینگ و همکاران (۲۰۰۱) تحقیق در زمینه مینرولوژی خاک، مورفولوژی خاک و درباره ژنز خاک را کاهش داده اند و کاربرد پدومتری از ۱۹۶۷ تا سال ۲۰۰۱ مورد توجه قرار داده اند. که در نهایت در سال ۲۰۰۳ توسط برتنی و همکاران پهنه بندی رقومی خاک با مدل اسکورپین ارائه شد.

در بیشتر کشورهای توسعه یافته ارزیابی خاک به طور کامل انجام شده است بدین معنی که اطلاعات در مقیاس های  $1/50000$  و  $1/25000$  حتی بهتر از این ها نیز موجود می باشد. تفاوت چشمگیری در توسعه اقتصادی است و همچنین چالشی برای تولیدات کشاورزی که نیاز بیشتری به ارزیابی سیستماتیک دارند، وجود دارد. ابتکار برای بهبود اطلاعات جدید به وسیله روش های کمی فراهم شده و همچنین یک رقابت شدید برای بدست آوردن بازار فروش اطلاعات تحت موقعیت های متفاوت به اثبات رسیده است. در وسترن استرالیا در دهه ۱۹۹۰، که به طور چشمگیری با خطرات و تهدیدات تخریب اراضی مواجه بوده است، کشاورزی مبنی بر اقتصاد (تولید ثروت) شکل گرفت و در سال ۲۰۰۶ برتنی و همکاران کل نقشه رقومی خاک اسراليا را تهیه نمودند. هدف روش های کمی اندازه گیری خاک (پدومتری) تهیه نقشه هایی با مقیاس

۱/۵۰۰۰۰ یا ۱/۲۵۰۰۰۰ یا ۱/۱۰۰۰۰۰ حتی ۱/۲۰۰۰ در اراضی کشاورزی که ارزش بالایی دارند، می باشد (snr.unl.edu/csd-esic/HistorySoilSurvey/chapter5.pdf).

## ۲-۳-۲- تاریخچه اطلاعات و مطالعات خاک شناسی در ایران

خوشبختانه با نقشه جدید خاک های ایران، که با همت متخصصین موسسه تحقیقات آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید. می توان به راحتی از وضعیت و پراکنش خاک های کشور مطلع شد. در زیر شمه ای از وضعیت کنونی خاک های کشور را با توجه به نقشه خاک های ایران مرور می کنیم.

نخستین مطالعات خاک شناسی در ایران در سال ۱۳۳۲ با طبقه بندی اراضی دشت خوزستان آغاز شد. و تهیه نخستین نقشه خاک های ایران نیز در آغاز دهه سی با همکاری کارشناسان سازمان خوار و بار جهانی به سرپرستی دوران در ایران شروع گردید. و نظر به اینکه در آن زمان رایج ترین نوع رده بندی خاک رده بندی ژنتیکی بود، لذا اولین نقشه سیستماتیک خاک و استعداد اراضی کشور به کمک کارشناسان فوق با مقیاس ۱:۲,۵۰۰,۰۰۰ تهیه و به صورت رنگی چاپ و ضمیمه نسخه انگلیسی کتاب خاک های ایران در سال ۱۹۶۴ میلادی منتشر شد. اینک پس از پنجاه سال، با جمع آوری هزاران نمونه خاک از سراسر کشور و مطالعه هزاران نیمرخ خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب اقدام به تهیه نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ منابع و استعداد خاک های ایران نمود. با توجه به اهمیت بنیادین شناخت منابع و استعداد خاک های کشور در بعد کمی و کیفی این نقشه از بارز ترین نتایج برنامه های تحقیقاتی موسسه آب و خاک در دهه هفتاد است. نقشه منابع و استعداد خاک های ایران، با استفاده از تفسیر بصری تصاویر ماهواره لندست<sup>۱</sup>، نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰,۰۰۰، نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰،

<sup>۱</sup> Landsat

نقشه رژیم های حرارتی و رطوبتی خاک های ایران و مطالعات خاک شناسی منطقه ای با مقیاس ۱:۵۰۰,۰۰۰ به صورت رقومی تهیه شده است. نسخه کاغذی این نقشه به صورت رنگی در شش برگ در ابعاد ۷۵×۱۰۰ سانتی متر چاپ و منتشر شده است.

ترکیب واحدهای نقشه فوق شامل یک زیر گروه غالب، یک زیر گروه همراه و یک زیر گروه الحاقی می باشد. برای هر واحد نقشه بافت سطحی و شیب عمومی خاک غالب نیز مشخص شده است و استعداد هر واحد خاک برای کاربری های اصلی نظیر جنگل، مرتع و اراضی کشاورزی در قالب واحد های لندفرم تعیین گردیده است. ساختار راهنمای نقشه منابع و استعداد خاک های ایران بر مبنای ساتر<sup>۱</sup> سامان دهی شده و در آن مشخصات کلیه واحدهای نقشه به طور مفصل تشریح شده است. تشریح جزییات نقشه و راهنمای آن در این مقاله نمی گنجد.

در نگاه اول به نقشه خاک، می توان دریافت که حدود نیمی از مساحت کشور را اراضی متفرقه (MLT<sup>۲</sup>) تشکیل می دهد، و تعریف علمی خاک شامل این اراضی نمی شود. بدین معنی که قادر به رویاندن گیاهان طبیعی نبوده و قادر به نگهداری گیاهان زراعی نیز نمی باشند. اراضی متفرقه ای که در نقشه خاک های ایران به آنها اشاره شده و درصد پراکندگی آنها در جدول زیر ارائه گردیده است. و از طرف دیگر با عنایت به شرایط اقلیمی کشور که حدود ۷۰ درصد آن را اقلیم خشک و نیمه خشک تشکیل می دهد و سیستم توپوگرافی که نشان دهنده وضعیت پستی و بلندی شدید است روی هم رفته اکثریت سطح کشور را (بیش از ۵۰ درصد) انتی سول، اریدی سول و اینسپتی سول که خاک های جوان و یا خاک های مخصوص مناطق خشک می باشند، تشکیل می دهد. خاک های الفی سول و مالی سول منحصراً روی یال شمالی رشته کوه های البرز

<sup>۱</sup> Soter

<sup>۲</sup> Miscellaneous Land Type

و نیز دشت های ساحلی دریای خزر که دارای اقلیم مرطوب و نیمه مرطوب است، تشکیل شده و مساحت آنها از ۳ درصد مساحت کل کشور تجاوز نمی کند ([www.khak.areo.ir](http://www.khak.areo.ir)).

## ۲-۴- فاکتورهای تشکیل خاک

تشکیل خاک یک پدیده طبیعی پیچیده است. خاک ها درمیان یک سنگ کره، اتمسفر و زمین کره وجود دارند و توابع حیاتی (ضروری) درون سیکل هیدرولوژی (هیدروسفر) را تعیین می کنند (Schaetzl and Anderson, 2005). خصوصیات خاک از یک مکان به مکان دیگر متغیر است، اما این تغییرات به صورت تصادفی نیست. ساختار خاک طبیعی نتیجه اقلیم، محیط زیست موجودات زنده و ارگانیزم ها، مواد مادری، توپوگرافی و زمان که برای فرایند های تشکیل خاک عملی ضروری است، می باشد (Soil Survey Division Staff, 1993). تفاوت در خاک ممکن است به علت تفاوت در مواد مادری، موقعیت توپوگرافی، درجه شیب، توزیع مجدد رطوبت، پوشش گیاهی، سن مرتبط با وضعیت زمین و ... باشد (Birkeland, 1999).

پیش بینی تغییرات مکانی خاک ها مبنی بر همبستگی محیطی می باشد که مفاهیم فاکتور های تشکیل خاک جزء لاینفک است. برای پهنه بندی رقومی خاک نیاز به مفاهیم اولیه از جمله نحوه ی تشکیل خاک و عوامل موثر بر آن می باشد. در علم رده بندی خاک این عوامل از ابتدایی ترین و مهمترین عوامل بررسی و طبقه بندی خاک ها است. جنی (۱۹۴۰-۹۴۱) پنج عامل خاک ساز را که سرعت تشکیل خاک را به طور مستقیم کنترل می کنند، تعیین نمود که شامل اقلیم (cl)، موجودات زنده (o)، توپوگرافی (r)، مواد مادری (p) و زمان (t) است. همچنین این عوامل می توانند وابسته به متغیرهای موجود در مکان تشکیل، باشند. ارزش واقعی این پنج عامل در رفتار کمی عوامل، وابسته به این متغیرها است (Birkeland, 1999). اقلیم و موجودات زنده عوامل فعال و پویا هستند در حالی که توپوگرافی، مواد مادری و زمان عواملی غیر فعال در فرایند

تشکیل خاک می باشند. آن ها به محض کنش<sup>۱</sup> به وسیله عوامل فعال و فرایند های پدوژنیک وارد عمل می شوند (schaetzl and Anderson, 2005)؛ ریکالاینگ جنی (۱۹۴۱، نامزد مدل فیزیکی<sup>۲</sup> برای توسعه خاک) رابطه مشهوری ارائه نمود:

$$S = f (cl, o, r, p, t)$$

روش جنی در برآورد (تخمین) پارامتر های قابل اطمینان خاک مانند پارامتر های شیمیایی، فیزیکی و خصوصیات بیولوژیکی تمرکز دارد و در قبال پارامتر های پیوسته خاک، که ویژگی های یک خاک را در یک موقعیت می دهد و وابسته به وضعیت جغرافیایی و همچنین ویژگی های خاک های اطراف آن منطقه است، قابل رسیدگی نیست. شناسایی اثرات متقابل بین عوامل خاک ساز، پتانسیل مهمی است که امکان جزئیات روند تشکیل خاک را برای ما فراهم می کند. وبستر و همکاران (۱۹۷۹) یک همبستگی استاندارد بین مجموعه خصوصیات خاک و فاکتورهای محیطی یافتند، همچنین یک اثر متقابلی بین توپوگرافی و مواد مادری، ویژه موقعیت شیب که به زمان نیز بستگی دارد، پیشنهاد نمودند.

ویژگی های این ۵ فاکتور عبارتند از:

#### ۲-۴-۱- اقلیم

یک پارامتر مهم برای توسعه پروفیل خاک است. چنانچه فاکتور های پویا و فعال خاک سازی (اقلیم) در تشکیل خاک مشابه باشند، ما خاک های مشابهی در آن اقلیم خواهیم داشت، هرچند که مواد مادری آن خاک ها متفاوت باشند، همچنین عکس قضیه نیز صدق می کند، زمانی که مواد مادری تفاوت جزئی داشته باشند اما اقلیم متفاوت باشد ما دو نوع خاک داریم، که این نشان دهنده اهمیت این فاکتور در فرآیند تشکیل خاک است (Van Reeuwijk, 1997).

<sup>1</sup> Acted upon

<sup>2</sup> Mechanistisch Model

اقلیم یک ویژگی خاک است که این مشخصه خاک را مدیریت می کند. دو رژیم رطوبتی و دمایی خاک نقشه بسزایی در تعیین این فاکتور دارند و پتانسیلی برای رشد گیاهان مختلف هستند (Soil Survey Staff, 1999).

#### ۲-۴-۲- موجودات زنده

تاثیر فاکتور زیستی در فرآیند های پدوژنیک خاک ها به سختی قابل ارزیابی و بررسی است. اقلیم و پارامتر زیستی به هم خیلی وابسته اند و اثر متقابلی بر خاک سازی دارند، این پارامتر شامل جامعه گیاهی و جانوری (قارچ، میکرو اوگانیزم ها، حیوانات و انسان) می باشد (Zink, 1986/87). نقش این پارامتر تاثیر به سزایی در تشکیل خاک و چرخه کربن و نیتروژن در اکوسیستم دارند (Ugolini and Edmonds, 1983). نقش مستقیمی که این عامل روی تشکیل خاک می گذارد به ذخیره اورگانیک کربن در خاک بر می گردد.

#### ۳-۴-۲- توپوگرافی و پستی بلندی

این پارامتر نقشه اساسی در سیمای اراضی دارد. توپوگرافی یک فاکتور خاک ساز که مربوط به موقعیت زمین است و مرتبط با شکل و خطوط تراز و لند فرم منطقه است. موقعیت شیب در تشکیل خاک و نوع آن اهمیت شایانی دارد و این که خاک در پای شیب، پنجه شیب یا قله یا در واقع کدام موقعیت شیب تشکیل شوند، تفاوت زیادی دارد. از طرف دیگر وجود تحدب و تعقر در منطقه است که این دو با توجه به شیب و خطوط تراز تعریف می شوند و اثر معنی داری در تشکیل خاک دارند. روسایت (۱۹۶۰) و اسچاتزل و اندرسون (۲۰۰۵) پنج موقعیت شیب را که به



ترتیب شامل قله<sup>۱</sup>، شانه<sup>۲</sup>، گرده<sup>۳</sup>، پاشنه (پای شیب)<sup>۴</sup> و پنجه شیب<sup>۵</sup> معرفی نمودند. در پای شیب بیشتر رسوبات که از شیب های بالایی که می تواند در سطح تجمع یابند و ته نشین شوند (Ekdahal, 1996). خاک های اسیدی با افزایش شیب یک کاهشی در pH را نشان می دهد چرا که با افزایش درجه شیب مواد آهکی در این مناطق کمتر نگه داشته می شوند. تمام خاک ها یک وارونگی مرتبط بین گرادیان شیب و میزان کربن و نیتروژن موجود در خاک را نشان می دهند. برای خاک های آهکی با افزایش درجه شیب کاهش درصد سیلت و رس همراه است (Gerrard, 1981).

#### ۲-۴-۴- مواد مادری

مواد مادری شامل مواد آلی و مواد معدنی می باشد که مواد معدنی از انواع سنگ ها که از سنگ بستر مشتق شده اند یا سنگ های که در اثر فرآیند های کوهزایی و آتشفشانی به وجود می آیند، بدست می آید (Soil Surrvey Division staff., 1993).

مواد مادری یک فاکتور موثر در توسعه خاک و اثر غیر مستقیم در فاکتور زمان دارد (Schaeftzl and nderson., 2005). خاک ها به وسیله فرآیند های پدوژنیک از همان ابتدایی که مواد خاکی وجود ندارند، مشتق می شوند و می توانند از مواد زیر بدست آیند (Zinck., 1986/87):

۱- سنگ ها که سه منبع اصلی و طبیعی دارد (آذرین، رسوبی و دگرگونی)؛

۲- رسوبات فرسایشی نرم که جدا می شوند، انتقال می یابند، تجزیه و ته نشین

می شوند (توسط عواملی مانند باد، آب، یخ، حرکات توده ای و زمین رفتی)؛

<sup>1</sup> Summit

<sup>2</sup> Shoulder

<sup>3</sup> Backslope

<sup>4</sup> Footslope

<sup>5</sup> Toeslope

۳- باقی مانده گیاهان که در یک جا تجمع یافته اند که سرعت تجزیه اورگنیک

کربن خیلی پایین است (دما پایین و آب راکد).

مواد مادری با بافت ریز در نتیجه نفوذ پذیری ضعیف عموماً خاک های کم عمق و سطحی را می دهند درحالی که درشت بافت ها خاک های نفوذ پذیر و نسبتاً عمیق را به وجود می آورند. سنگ آندزیت و بازالت جزء فراوانترین سنگ های آتشفشانی که دارای کانی های رنگین زیادی است. مانند تراکیتها، فنوکرسیت کوارتز وجود ندارد ولی فنوکرسیت پلاژیوکلاز و کانی های رنگین زیاد است. در خمیره نوع سنگ فلدسپار آلکالن وجود ندارد و خمیره عمدتاً از پلاژیوکلاز و پیروکسن می باشد.

فرم های باقی مانده از رسوبات کلاستیک (رسوبات جدا شونده) با بافتی شبیه ذرات کلاستیک درون سنگ ها است. ماسه سنگ ها جزء سنگه های رسوبی اسیدی و عمیق اند که بیش از ۶۰ درصد ماسه دارند. شیل در اثر فرآیند های هوازدگی از سنگ های رسوبی به وجود می آید. در بیشتر قسمت های هوا دیده شیل و ماسه سنگ به وسیله فرآیند های فیزیکی که نسبت به فرآیند های شیمیایی چیره شده اند، به وجود می آیند (Schaeltzl and Anderson., 2005). شیل بیشتر شامل کانی های رسی و میکا و دیگر کانی ها است، همچنین این سنگ دارای لایه بندی مشخص و خوب است. اگر سازند شیلی به طور افقی قرار بگیرد به صورت یک مانع، مانع نفوذ آب به لایه های پایین می شود، اگر به صورت شیب دار قرار گیرد مقداری آب از بین لایه ها ان به داخل لایه های پایینی نفوذ می کند (Olliver and Colin., 1996). در رسوبات سنگ آهکی اغلب رس ها غنی از سیلت هستند و هوازدگی شیمیایی بر هوازدگی فیزیکی چیره می شوند.

توف های سبز ائوسن که به سازند کرج شهرت دارند، در مناطق گسترده ای از ایران از جمله در منطقه شمال تفرش به چشم می خورند. این توف ها که حاصل فعالیت های آتشفشانی انفجاری در زمان ائوسن می باشند، بطور کلی دچار فرایند دگرگونی تدفینی گردیده اند. گسترش توف

های ریولیتی و ریوداسیتی مشابه سازند کرج که تحت تاثیر درجات مختلف دگرگونی قرار گرفته اند، از نقاط مختلف دنیا گزارش گردیده است. محصولات آلتراسیون این توف ها محدوده وسیعی از تنوع کانی شناسی از جمله کلریت ها، زئولیت ها، کانی های رسی و کربنات ها را دربر می گیرد. مواد مادری خاک ها تشکیل شده از مواد انتقال یافته بیشتر غیر همسانند و بیشتر به منشا تشکیل این خاک ها بر می گردند اما خاک های درجا که در اثر هوازدگی در همان محل تشکیل می شوند خاک های همسان یا مشابه هستند (White., 1997).

## ۲-۴-۵- زمان

زمان یک پارامتری وابسته به دیگر فاکتور های خاک ساز می باشد. سن یک خاک معمولا با طول زمانی که سطح زمین و فرایندهای موجود در آن نسبتا ثابت است، مطرح می شود و از آن به بعد توسعه خاک و فاکتور های خاک ساز فعالیتشان آغاز می گردد. معمولا خاک ها نیاز به یک دوره طولانی دارند که ویژگی های مناسب فیزیکی شیمیایی پیدا کنند که با توجه به دیگر پارامتر ها بین ۱۰۰ سال تا ۱۰۰۰ سال این زمان را پیش بینی می کنند. خاک یک عارضه با توسعه ویژگی های تشخیصی و همراه با تغییر در سرعت متغیرها است (Yaalon, 1983).

در سیستم رده بندی خاک توسعه خاک برای رده های مختلف تنظیم شده است و شناسایی ویژگی های خاک و توسعه پروفیل خاک مرتبط با مقیاس زمان را نشان می دهند (جدول ۲-۲) (Soil Survey Staff, 1999/2003).

جدول ۲-۱- ارتباط بین توسعه پروفیل خاک با زمان

زمان	توسعه پروفیل	رده بندی خاک	
		رده	نام
جوان	توسعه کم	انتهی سول	ent-
قدیم	توسعه نسبتاً زیاد	اریدی سول	id-

## ۲-۵- برآورد پهنه بندی رقومی خاک

عبارت است از سیستم های اطلاعات مکانی خاک تولید شده توسط مدل های عددی که تغییرات مکانی و زمانی ویژگی های خاک، استنتاج شده از مشاهدات خاک و دانش های مرتبط با پارامتر های زیست محیطی را نشان می دهند (Lagacherie and McBratney, 2007). نقشه های خاک علاوه بر بررسی خاک های یک منطقه به عنوان داده های ورودی برای مدل های هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و ... نیز استفاده می شوند (Burrough and McDonnell, 1998).

سه هدف اصلی برای پهنه بندی رقومی خاک عبارتند از:

۱- بهره وری بیشتر بین پارامتر های زیست محیطی و ویژگی های خاک برای جمع آوری

موثرتر داده های خاک؛

۲- تولید و آماده کردن داده ها و اطلاعات برای بهتر نشان دادن پیوستگی سیمای خاکها؛

۳- ترکیب دانش های پیشرفته در طراحی مدل.

برآورد پهنه بندی خاک (<sup>1</sup>PSM) می تواند توسط مدل های عددی و آماری گسترش یابد و بین پارامتر های زیست محیطی و ویژگی های خاک ارتباط برقرار کند، همچنین به عنوان یک پایگاه داده جغرافیایی برای تهیه و تولید نقشه استفاده می شود (Scull et al., 2003). به طور تئوری، جمع آوری انواع داده ها در یک منطقه کوچک نقشه برداری شده ممکن و برای تولید و تهیه نقشه خاک یک منطقه بزرگتر به عنوان پایگاه داده می تواند، قابل استفاده باشند (Bui et al., 1999).

بیشتر تلاش ها برای توسعه و به کار بردن روش های پهنه بندی رقومی خاک به صورت مرحله ای مشخص و به صورت پله پله انجام شده است. این مراحل به صورت تصمیماتی برای پیش بینی (ویژگی های خاک یا کلاس های خاک) موثر، انتخاب مناسب پارامتر های ورودی و توسعه معادله های برآورد کننده های این پارامتر ها گرفته شده است (Hartemink et al, 2008). همچنین این روش ها در دهه ۱۹۹۰ مخالفت کننده ها نیز داشت که از جمله به هادسون (۱۹۹۲) که با ارزیابی خاک که یک استراتژی علمی پایه پیوند خورده با مفاهیم فاکتور های خاکساز مرتبط با محیط خاک منطقه است و هیوایت (۱۹۹۳) نیز بیان نموده که ما نیاز به ارزیابی و نقشه برداری خاک داریم اما نیازی به مدل های کمی برای پیش بینی و ارزیابی خاک نداریم، می توان اشاره نمود. در نقشه رقومی، پوشش خاک اولاً، به وسیله ارتباط دقیق بین ویژگی های خاک (یا کلاس های خاک) و عوامل خاکساز و ثانیاً، به وسیله پیش بینی مکانی مرتبط با عوارض زمین می باشد، ارزیابی و بررسی می شود (McBratney et al., 2003).

ابزار های جدید برای پهنه بندی خاک شامل موارد ذیل می باشند (Scull et al., 2003):

---

<sup>1</sup> Predictive soil mapping

۱- سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و پهنه بندی خاک: سیستمهای اطلاعات جغرافیایی دارای خصوصیات برتری برای متغیر های چند بعدی است از این طریق که اجازه ورود اطلاعات برای آنالیز، ذخیره و تنوع پردازش داده ها را دارا می باشد.

۲- مدل رقومی زمین<sup>۱</sup>: تجزیه و تحلیل کمی عوارض زمین از طریق مشخص نمودن مکان تشکیل خاک مهم می باشند. گسترش خاک و خصوصیات وابسته به پروفیل، اغلب وابسته به مقدار آبی است که در سرتاسر عارضه های زمین حرکت می کند، که این توسط پستی و بلندی های منطقه کنترل می شود، می باشد.

۳- سنجش از دور<sup>۲</sup>: داده های سنجش از دور ابزار مهمی برای برآورد پهنه بندی خاک هستند چرا که آن ها یک پیوستگی مکانی و یک اندازه گیری کمی از سطح باز تابش شده که مربوط به ویژگی های خاک منطقه می باشد، تهیه می کنند.

۴- منطق فازی<sup>۳</sup>: مجموعه تئوری های فازی یک الگوی مفهومی و تناوبی برای تحقیقات پهنه بندی خاک است و معمولا این گونه تحقیقات خاک ویژه هستند، زیرا خاک دارای پیچیدگی های طبیعی و پیوسته زیادی می باشد.

## ۲-۵-۱- تکنولوژی جدید پهنه بندی رقومی خاک

به طور کلی پهنه بندی خاک نیازمند: (۱) یک مدل از پیش تعریف شده برای تشکیل خاک، (۲) داده های ویژگی های خاک و دیگر متغیرهای زیست محیطی که اثر مهم و معنی داری در تشکیل خاک و توزیع مکانی ویژگی های خاک دارند، می باشد. تهیه نقشه های قدیمی و مرسوم خاک و ترسیم نقشه های رقومی خاک تفاوت زیادی ندارند. هردو روش نیاز به داده های

<sup>1</sup> Digital terrain modelling

<sup>2</sup> Remote sensing

<sup>3</sup> Fuzzy logic

ورودی از خاک و جمع آوری خصوصیات زیست محیطی که خاک تحت آن شرایط مکانی تشکیل شده است، دارند. تفاوت اصلی در نحوه تهیه نقشه از اطلاعات خاک و داده های ورودی می باشد. روش های قدیمی تکیه بر تجربه و همچنین تعیین همبستگی کیفی بین فرمول ها و مدل ذهنی و اطلاعات بدست آمده از پروفیل های خاک دارند. این روش ها روی برداشت زمینی تمرکز دارند. تصمیمات اساسا در محل برداشت گرفته می شوند، جایی که تمام فاکتور های محیطی وجود دارند و می توان مستقیما مشاهده شوند، همچنین اطلاعات خاک را از آن استنباط کرد.

روش پهنه بندی رقومی خاک مشابه روش های دیگر پهنه بندی خاک است. این روش ها برای داده های خاک هایی که به سختی (قابل دسترس نیستند) بدست می آیند، روش پایه ای می باشد. مانند روش قدیمی، نیاز به اطلاعات و داده های پروفیل، همچنین مدل های آزمایشی و فهمیدن درست منابع خاک منطقه دارد. تفاوت اصلی توانایی وانعطاف این شیوه، همچنین برطرف نمودن محدودیت هایی در چگونگی همبستگی محیط (سیمای اراضی و ویژگی های خاک) و تعیین عامل های خاک ساز می باشد.

پیش بینی و ارزیابی موفقیت آمیز متغیر های خاک نیاز به کیفیت خوب، قدرت تفکیک کافی و مناسب داده های ورودی دارد. اندازه گیری برخی ویژگی های خاک مشکل و پیچیده است، اما می توان آن ها را با صحت قابل قبولی از دیگر پارامتر های خاک در همان موقعیت جغرافیایی تخمین زد.

## ۲-۵-۱-۱- ارزیابی کمی خاک

ارزیابی مرسوم یا قدیمی خاک یک پروسه فشرده کاری است، که نیاز بالایی به مهارت و حتی هنرمندی خاص دارد و همراه با دقت پایین است. سؤالی که وجود دارد این است که چه اندازه مفاهیم و روش های پیشرفته می تواند باعث تشدید و قابل اعتماد ساختن این پروسه ها شود. ارزیابی مرسوم خاک برای تهیه نقشه کلاس-نواحی از انواع خاک، وجود نقشه بردار آشنا به مدل

های مفهومی از متغییر های خاک الزامی است و نیازمند مشاهدات زمینی زیاد می باشد. ارزیابی مدرن خاک باید با استفاده از نقشه های رقومی و تفسیر ویژگی های خاک انجام شود.

ارزیابی کمی خاک<sup>۱</sup> از دهه ۱۹۷۰ در پی کمبودها و محدودیت هایی که نقشه های مرسوم خاک داشته، همراه با فراهم کردن اطلاعات کمی درباره ویژگی های خاک آغاز شده است و توانسته یک تفکر علمی " نرمال" با شرایط موجود به وجود آورد. مشکل اصلی نقشه های مرسوم خاک ارسال اطلاعات و خارج نمودن اطلاعات و داده های مهم از این نقشه ها می باشد. این مشکل مربوط می شود به پروسه کلاس بندی (Webster, 1968) و نمایش مکانی و شیوه های که نقشه بردار به طور متداول استفاده می کند. زمانی که ارزیابی روش های متداول خاک استفاده شد، نقشه های خاک تهیه شده یک فرصت تازه و مهم برای دیگر کاربران که از این نقشه ها استفاده می کنند، ایجاد شده است (Hudson, 1992). تولید نقشه های راهنما و کلاس بندی خاک مفید هستند، اما نمی توانند باعث پیشرفت بیشتر شوند. پهنه بندی رقومی خاک یک راهکار برای خروج از این تنگنا را به صورت روشن پیشنهاد می دهد، آن بیان کمی تغییرات ویژگی های خاک است. ۳۰ سال قبل تهیه نقشه به سمت وضعیت درست هدف گیری شده بود. پهنه بندی رقومی خاک (DSM<sup>۲</sup>) برای تولید اطلاعات مکانی خاک به کمک مشاهدات آزمایشگاهی و زمینی مرتبط با سیستم های استنتاجی مکانی و غیر مکانی خاک تعیین شده اند (McBratney et al., 2003; Lagacherie et al., 2006).

پهنه بندی رقومی خاک معمولا به شیوه های زیر انجام می شوند:

(۱) توابع انتقالی<sup>۳</sup>

(۲) روش های زمین آماری

<sup>1</sup> Quantitative soil mapping

<sup>2</sup> Digital Soil Mapping

<sup>3</sup> Pedotransfer function



### ۳) روش های مربوط به عوامل خاک ساز<sup>۱</sup> (اسکورپن)

توابع انتقالی عبارت است از درک پهنه بندی توصیفی خاک با استفاده از یک تابع ریاضی که یک ویژگی خاک به وسیله دیگر ویژگی های خاک که اندازه گیری آسانتری دارد، پیش بینی و اندازه گیری می شود (Lamp and Kneib, 1981; Bouma and Van Lanen, 1986). تفسیر اطلاعات از داده های نقشه برداری شده خاک هنوز نیاز به کارشناس خبره دارد. یک گستره وسیعی از توابع انتقالی برای بیشتر تفاسیر موضوعی توسعه یافته اند و بیشتر برای ارتباط خاک و محیط مرتبط با آن قابل ملاحظه هستند. برتنی و همکاران توابع انتقالی شامل سیستم های استنتاجی خاک که یک تابع مناسب مبنی بر نیاز کاربر است را پیشنهاد نموده اند که شامل پارامتر، مقیاس، دقت وصحت کافی است. توابع انتقالی خاک عبارت از توابع آماری که رابطه بین دو متغیر را در قالب متغیر توصیف کننده<sup>۲</sup> و توصیف شونده<sup>۳</sup> نشان می دهد. اگر بخواهیم از همبستگی به عنوان یک ابزار تخمین برآورد در خاک شناسی استفاده کنیم از توابع آماری استفاده می نماییم. به طور مثال بسیاری از کمیت ها و شاخص های هیدرولوژیکی و یا رطوبتی خاک که اندازه گیری آن سخت و پرهزینه است (نفوذ پذیری، رطوبت در حد زراعی و نقطه پژمردگی) می توان بر اساس همبستگی آن ها با برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (درصد رس، مقدار ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی) که همان خصوصیات توصیف کننده هستند، تخمین زد (محمدی، ۱۳۸۵).

زمین آمار به طور گسترده در علوم خاک به عنوان یک ابزار کلیدی برای ایجاد داده محقق شده است. مطالعات بیشمار نشان داده اند که تغییر پذیری خاک ها می تواند از نتایج تصادفی برداشت های زمینی مدل شوند و برای مطالعات در مقیاس برداشت شده استفاده شوند. روش های

<sup>1</sup> State-factor (clorpt) approaches

<sup>2</sup> Explanatory variable

<sup>3</sup> Respose Variable

زمین آماری در تحقیقات پهنه بندی رقومی خاک برای درون یابی مکانی ویژگی های خاک در مکان هایی که اندازه گیری صورت نگرفته از داده های جمع آوری شده از برداشت زمینی استفاده می شوند. روش زمین آمار به وسیله کیریچ در سال ۱۹۵۱ و مترون در سال ۱۹۶۲ معرفی شد، نمونه ها و آنالیز داده ها برای درون یابی پهنه بندی ویژگی های خاک استفاده شد (Webster and Oliver, 2001). روش های زمین آماری برای مطالعه کامل منطقه با داده های نقطه ای که از برداشت زمینی داریم، در تهیه نقشه رقومی خاک استفاده شوند.

کریجینگ معمولی برای اولین بار توسط براگس و وبستر (۱۹۸۰) معرفی شد و برای درون یابی کردن خیلی از ویژگی های خاک شامل آلودگی، کمبود عناصر کم مصرف، شوری و حاصلخیزی استفاده شده است (Heuvelink and Webster, 2001). وبستر و الیور در سال ۱۹۹۲ پیشنهاد کردند که بیش از ۱۰۰ نمونه برای استفاده از زمین آمار نیاز است. چرا که تغییرات مکانی زیاد در خاک بعضی نواحی وجود دارد که برای کاهش دادن خطا نیاز به این تعداد نمونه می باشد. کو کریجینگ یک مرحله پیشرفته تر از همبستگی (همبستگی دو جانبه) بین متغیر مورد نظر و دیگر متغیرها (تخمین چند متغیره) که به آسانی اندازه گیری شده اند، است (Odeh et al., 1995). رگرسیون-کریجینگ شامل درون یابی مکانی از باقی مانده های یک مدل غیر مکانی به وسیله کریجینگ و اضافه کردن نتایج بدست آمده از مدل رگرسیون می باشد (Goovaerts, 1997; Castrignano et al., 2000).

روش اسکورپن یا کلرپ (McBratney et al, 2003) در ادامه کار های داکوچنف (۱۸۸۳) و جنی (۱۹۴۱) استفاده از رگراسیون ایجاد شد. کلاس بندی یا طبقه بندی (Behrens and Scholten, 2006) یا تئوری فازی (Zhu, 2000)، برای پیش بینی ویژگی های خاک یا کلاس های خاک استفاده شده است. دیگر شیوه های امید بخش برای پیش بینی پهنه بندی خاک سیستم های خبره و درخت تصمیم گیری، رگرسیون است. سیستم های خبره روابط بین محیط و ویژگی

های خاک را انتشار می دهند (Cook et al., 1996). طبق این شیوه هاندرسون و همکاران (۲۰۰۱) نتایج قابل قبولی در طی تحقیقات خود بدست آوردند، که قادرند بیشتر از ۵۰ درصد از واریانس چندین ویژگی خاک مانند pH، ظرفیت رس و ظرفیت شن را شرح دهند. سیزیلاسکی و همکاران (۱۹۹۹) روش موفقیت آمیزی را برای برآورد توزیع مکانی pH، EC و کربن آلی خاک (C) در یک مقیاس ۱:۵۰۰۰ در سه منطقه به مساحت ۴-۱ کیلومتر مربع در کشور آلمان انجام دادند. اصلی ترین روش ها برای پهنه بندی رقومی خاک زمین آمار، مدل اسکورپن و درخت تصمیم گیری است.

## ۲-۵-۲- اطلاعات مربوط به منابع کمکی (داده های اضافی) خاک

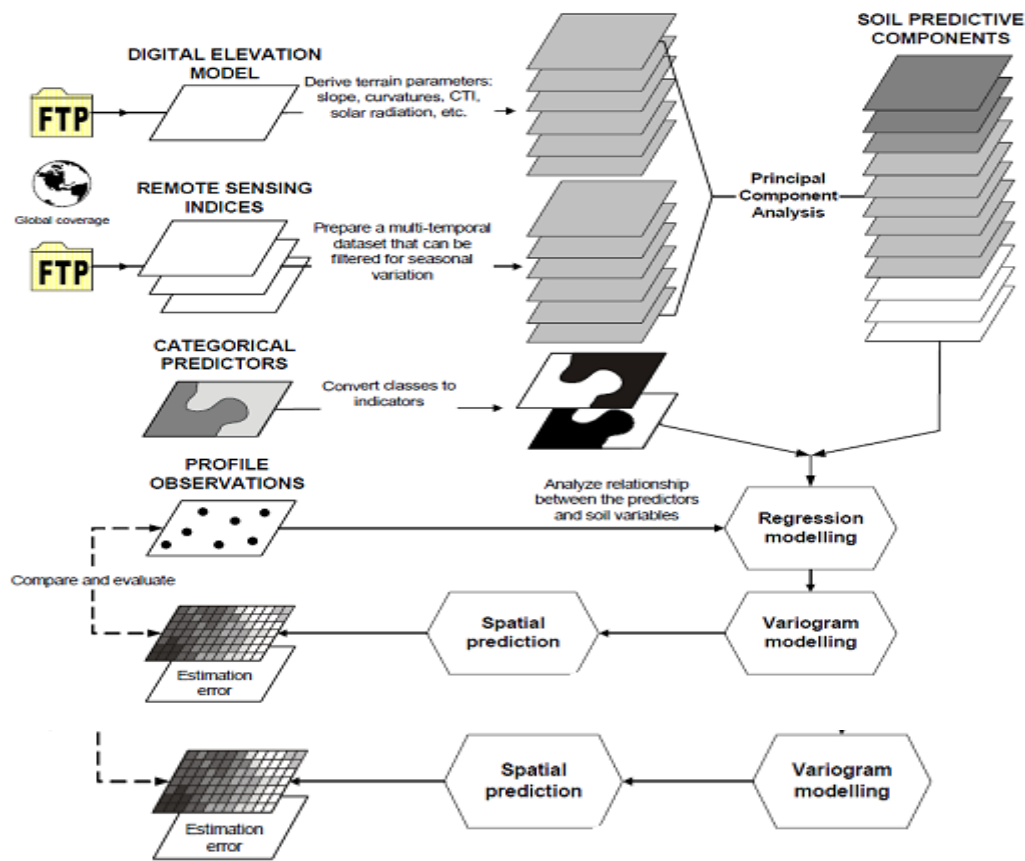
پنج گروه اصلی اطلاعات برای ورودی این شیوه ها وجود دارد که شامل: اقلیم، موجودات زنده، توپوگرافی، مواد مادری و زمان است. سه نوع داده کمکی برای برآورد و پیش بینی خاک و پارامتر های خاکساز وجود دارد که شامل (شکل ۲-۲):

- اطلاعات اقلیمی و هوا شناسی

- تصاویر سنجنش از دور

- اطلاعات توپوگرافی

همچنین نقشه های شماتیکی برای به نقش درآوردن ویژگی های خاک استفاده می شوند.



شکل ۲-۲- ترکیب مشاهدات پروفیلی و داده های کمکی DTA و RS

این داده های کمکی در آینده کاربرد بیشتری خواهند داشت.

## ۲-۵-۱- داده های اقلیمی

داده های اقلیمی اغلب به روز و با یک قدرت تفکیک بالا، از ۲ کیلومتر برای نقشه های خاک با مقیاس های ملی تا ۵۰ کیلومتر برای داده- MARS (پایگاه اطلاعات) آماده می شوند (Genovese, 2001). معمولی ترین متغیرهای آب و هوایی که به طور منظم مشاهده و استفاده می شوند شامل: دمای حداقل و حداکثر، دمای میانگین محاسبه شده، میانگین دما، بارش، پتانسیل تبخیر و تعرق، بالانس آب مربوط به آب و هوا، عمق برف و مشابه این پارامتر ها می باشند. داده های MARS اطلاعاتی درباره تقویم فنولوژیک سالانه به منظور داشتن یک ارتباط نسبی اقلیمی با مقیاس های پوشش گیاهی فراهم شوند. با توجه به ویژگی های خاک داده های

اقلیمی می تواند توابع خاک و تهدیداتی مانند کاهش ذرات خاک، فرسایش خاک و حاصلخیزی خاک را توضیح دهد.

## ۲-۵-۲-۲- تصاویر سنجش از دور

با وجود این حقیقت که سطح خاک معمولاً با پوشش گیاهی پوشیده شده است و قابلیت دید سطح خاک کم می شود اما بعضی ویژگی های خاک ممکن است به طور مستقیم به وسیله سنجش از دور تشخیص داده شود. بیشتر تلاش ها برای برآورد ویژگی هایی از خاک که یک سطح روشن یا تیره دارند؛ مانند رطوبت خاک، شوری سطح خاک و پوشش گیاهی متمرکز بوده است.

با توجه به مطالعات قبلی مشخص شده که اصلی ترین ویژگی های خاک با تصاویر ماهواره ای همبستگی بالایی دارند (McBratney et al., 2003). این ویژگی ها عبارتند از: ظرفیت دی اکسید آهن، ظرفیت ماده آلی خاک، ظرفیت شوری، تفاوت در مواد مادری، ظرفیت رطوبت خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مانند pH، کربنات کلسیم، ازت معدنی، کربن کل، فسفر قابل دسترس و کل، ظرفیت رس، سیلت و شن. بعضی خصوصیات مستقیماً مرتبط با رنگی سطحی بدین گونه که نسبتاً به آسانی از نقشه، زمانی که خاک لخت است و از طیف مرئی استفاده شده و با رنگ مشخص می شود. دی اکسید آهن و ظرفیت ماده آلی و ظرفیت رطوبت خاک و بافت خاک مثال های خوبی برای روش مستقیم هستند. دیگر پارامتر های خاک به طور غیر مستقیم محاسبه می شوند. بیشتر شبیه سازی های طیفی آزمایشگاهی با شناسایی تغییرات بازتاب طیفی خاک به علت ویژگی های فیزیکی مطمئن و تغییرات شیمیایی خاک انجام شده اند. این مطالعات نتایج معنی داری بین تصاویر سنجش از دور و ویژگی های خاک و آزمودن اهمیت اولیه ویژگی های ذکر شده در تعیین کردن پاسخ طیفی خاک داشته است. اگرچه مورد انتظار است که سنجش از دور یک تحول در پهنه بندی رقومی خاک به وجود آورده است، اما هنوز این انتظار دور از دسترس

است. بعضی از موارد ویژه مانند استفاده از تصاویر رادار برای تهیه نقشه ظرفیت رطوبت خاک وجود دارد که این پارامتر را نمی توان به طور کامل با استفاده از تصاویر مرئی و قسمت هایی از طیف مادون قرمز، استفاده نمود. این به علت پیچیدگی در روشن نمودن ساختار معلول از عوارض، تداخل ابری و اتمسفری یا بازتابش از پوشش گیاهی می باشد. اکثریت سنسورهای به کار برده شده با قدرت تفکیک مکانی بالاتر، TM لندست با ۳۰ متر، اسپات با ۲۰ متر قدرت تفکیک و IRS LISS با قدرت تفکیک ۲۳ متر هستند. تمام باندهای نام برده شده دارای منابع اطلاعاتی معنی دار هستند، در حالی که دیگر عملکردهای برجسته از طیف های سبز، قرمز و به ویژه باندهای مادون قرمز گرمایی نیز گزارش شده است. باند گرمایی سنجنده TM لندست یک ترکیب معنی داری از تفکیک پذیری گروه های خاک نشان داده که قادر به شناسایی خصوصیات رس، ماده آلی و ظرفیت دی اکسید آهن خاک می باشد. سنجش از دور فعال مانند رادار با موفقیت برای اندازه گیری ساختار سطحی و همچنین اندازه گیری مستقیم ویژگی هایی مانند زبری سطح و ظرفیت رطوبت خاک استفاده شده است (Dobos et al., 2006).

با کمک باند های طیفی ماهواره لندست می توان پوشش گیاهی را با استفاده از شاخص نرمالایز شده پوشش گیاهی (NDVI<sup>1</sup>) بدست آورد که این را از ترکیب دو باند ۳ و ۴ محاسبه می شود.

$$NDVI = (B4 - B3) / (B4 + B3)$$

دامنه شاخص پوشش گیاهی بین -۱ تا ۱ است هر چه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد شدت پوشش نیز بیشتر است. همچنین برای تشخیص مواد مادری مناطق گرم و خشک که اراضی مرتعی هستند می توان از ترکیب باند های ۲، ۳، ۵ و ۷ استفاده نمود و میزان گچ و رسوبات آهکی منطقه را در چند سانتی متر بالایی (ضخامت کم) بدست آورد (Boettinger et al, 2008).

<sup>1</sup>Normalaiz Deferent Visualization Iindex

شفرد و والش (۴۵) در ICRAF در طی تحقیقات خود توانستند در همبستگی زیادی مرتبط بین ویژگی های خاک (ظرفیت بافری، CEC، فسفر ماده آلی، ظرفیت شن و رس) و اثر فرا طیفی تحت شرایط آزمایشگاهی مشاهده کنند؛ این کار در شرایط زمینی، همراه با هوا برد و حسگر های ماهواره با قدرت تفکیک طیفی پایین انجام شد.

### ۲-۵-۳- مدل رقومی ارتفاع و مدل رقومی زمین

پستی و بلندی ها و توپوگرافی را می توان با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM<sup>۱</sup>) مشخص کرد. از مدل رقومی ارتفاع می توان برای اندازه گیری کمی فرآیند های تشکیل خاک، همچنین پارامتر های زمینی مشتق شده، استفاده نمود. مدل رقومی ارتفاع می تواند از متغیر های الگوریتمی که مقادیر کمی مورفولوژی، هیدرولوژی، اکولوژی و دیگر جنبه های یک عارضه است، مشتق شود. پارامتر های زمینی بعنوان ورودی مدل رقومی ارتفاع استفاده می شوند. استخراج پارامتر های زمینی می تواند، پهنه بندی و مدل کردن خاک ها، پوشش گیاهی، نحوه استفاده از اراضی، ژئومورفولوژی، عارضه های زمین شناسی و ... را بهبود ببخشد. عارضه های اولیه مستقیماً از عارضه زمینی که توصیف گر هستند استخراج می شوند، مانند شیب، خمیدگی یا جهت شیب، در حالی که عارضه های ثانویه خصوصیات پیچیده بیشتری را از لندفرم، که مرتبط با فرآیند های زمینی مانند شاخص قدرت جریان (SPI<sup>۲</sup>) یا شاخص توپوگرافی ترکیبی (CTI<sup>۳</sup>) هستند را توصیف می کنند. این عارضه ها می تواند در تخمین پتانسیل فرسایش خاک یا رسوب گذاری و همچنین برای بازبینی عوارض<sup>۴</sup> از متغیر های اقلیمی، مانند دما، تابش خورشیدی، تابش سطحی با طول موج بلند، تابش بازتاب شده، که مهمترین فاکتورها در تعادل انرژی از سطح و

<sup>۱</sup> Digital elevation models

<sup>۲</sup> Stream power index

<sup>۳</sup> Compound topographic index

<sup>۴</sup> Terrain-adjusted

سپس در تشکیل خاک می باشند، استفاده می شوند. استفاده از پارامتر های رقومی زمینی برای پیش بینی ویژگی های خاک مطمئناً تنها راه شناسایی سیمای خاک نیست، اما مطمئناً یکی از قوی ترین راه ها می باشد.

یکی از مهمترین محدودیت فاکتورهای مورد استفاده در DEM، دقت و صحت و قدرت تفکیک مکانی این مدل است. برتنی و همکاران (۲۰۰۳) یک راه مرتبط با قدرت تفکیک و متناظر با مقیاس کارتوگرافی (وابسته به نقشه کشی) و به اندازه منطقه مورد مطالعه پیشنهاد نمودند. توسعه و گسترش تخمین ویژگی های یک منطقه با یک مقیاس برای دیگر مقیاس ها ممکن نیست. برای آنکه ممکن است محدودیت استفاده داشته باشد. برای متغیرهای زمینی توسعه یافته برای مقیاس های بزرگتر در مطالعه مقیاس های کوچک وجود داشته باشد. مهمترین پارامترهای که از مدل رقومی ارتفاع و مدل رقومی زمین می توان بدست آورد که در جدول ۲-۲ آورده شده است. بیشتر مقالات مطالعه شده قدرت تفکیک بالا DEM را برای بررسی مطالعه نواحی کوچک مهم می دانند تا ارتباط دقیق تری بین پارامتر های اقلیمی و زمین شناسی منطقه پیدا کنند و برای حداقل کردن خطای پیش بینی مدل استفاده نمایند.

یک روش امید بخش برای پیش بینی ویژگی های خاک با استفاده از مدل رقومی ارتفاع است. در واقع یک نتیجه منطقی از ارتباط قوی بین خصوصیات خاک ها و سیمای اراضی در زمینه کلاس بندی عوارض به صورت خود کار از مدل رقومی ارتفاع و مدل رقومی زمین<sup>۱</sup> بدست می دهد (Dobos et al., 2006).

جدول ۲-۲- خروجی از DEM و DTA

<sup>۱</sup> Digital terrain model



ارتفاع مطلق	۱
ارتفاع نسبی	۲
درصد شیب و جهت شیب	۳
تعقر و تحدب شیب	۴
طول شیب	۵
فاصله از آبراه اصلی	۶
شکل لندفرم	۷
شاخص رطوبت	۸
شاخص شدت جریان	۹
شاخص جریان تجمعی	۱۰
شاخص ظرفیت انتقال رسوب	۱۱

## ۲-۶- مدل‌های موجود برای برآورد پهنه بندی رقومی خاک

مدل های رقومی خاک مجموعه از استنتاجات و تخمین ویژگی های ثانویه خاک ها از مجموعه داده های خاک و متغیر های مکانی کمکی توصیف کننده مختلف از فاکتور های خاکساز سرتاسر ناحیه نقشه برداری شده، می باشند.

### ۲-۶-۱- انواع مدل های نقشه های رقومی خاک

شکل (۲-۳) انواع مدل های نقشه های رقومی خاک را نشان می دهد که برای پهنه بندی رقومی خاک استفاده می شوند. دو مدل اصلی (۱) مدل های استنتاجی مکانی<sup>۱</sup> یا مدل های اسکورپن که تولید نقشه های کلاس خاک و نقشه های ویژگی های خاک از مشاهدات خاک ها و

<sup>۱</sup> Spatial inference models

متغیرهای مکانی کمکی استفاده می کند و (۲) مدل های استنتاجی سویل اسکپ<sup>۱</sup> یا مدل های نسبی که ویژگی های جدید از خروجی های تولیدات قبلی را بررسی می کند.

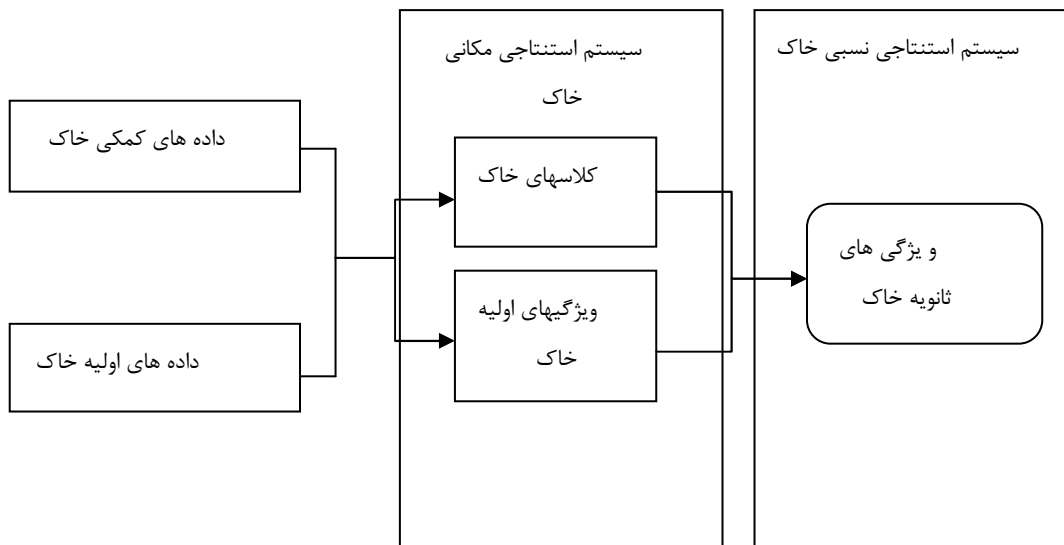
### ۲-۶-۱-۱- مدل های استنتاجی مکانی (چند بعدی)

جزئیات انواع مدل ها (توابع اسکورپن) اخیراً توسط برتنی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. آن ها یک معادله عمومی برای این مدلها پیشنهاد نمود اند که معادله عبارت است:

$$S = f(Q) + e$$

که S جایگاه کلاس خاک یا نسبت (ویژگی) خاک، Q متغیر پیش بینی کننده اسکورپن شامل پایگاه داده های کمکی و e خطای پیش بینی است. دیدگاه عمومی برای ایجاد این تابع با گرفتن m مشاهده از S ویژگی خاک در برداشت زمینی از موقعیت معین (x, y) می باشد و ارتباط آن ها با بعضی توابع یا مجموعه متغیر های پیش بینی کننده معنی دار خاک شناسی Q که یک مجموعه متغیر ها یا داده های لایه ای به تعداد M در موقعیت (X, Y) از داده های پایه کمکی با (X, Y)  $\square$  (x, y) می باشد. یک مدل فیت شده در نقطه های مشاهده شده m، می تواند نقاط M یا سلول های لایه های رستری یک نقشه رقومی را پیش بینی کند. کارایی روش های مورد اعتماد در حقیقت به طور امید وار کننده  $m \ll M$  را نشان می دهد، چرا که اندازه گیری S مشکل تر و پرهزینه تر از Q می باشد.

<sup>1</sup> soilscape inference models



شکل ۲-۳- انواع مختلف مدل های نقشه های رقومی خاک

سه راه اصلی برای ساختن این مدل که می توانند متمایز شوند (Dobos et al., 2006):

- ۱- روش داده کاوی - شامل مجموعه داده های ناشناخته مرتبط بین متغیر های پیش بینی کننده Q و متغیر پیش بینی شده S می باشد. فرضیه های ساخته شده به وسیله این روش ها تماماً نیازمند دانش جامع برآورد خاک، شامل داده ها و مقادیر کافی از آموزش داده ها (بهینه کردن داده ها) می توان جمع آوری و استخراج نمود. بیشترین مدل های داده کاوی استفاده شده در علوم خاک رگرسیون چند گانه<sup>۱</sup> (Odeh et al., 1993; Moore et al., 1994)، کلاس بندی درختی<sup>۲</sup> (Bell et al., 1992) و شبکه عصبی<sup>۳</sup> (McBratney et al., 1994) هستند. چرا که این مدل ها کاملاً عمومی هستند، قدرت اجرایی بالا در نرم افزارهای آماری دارند و قابلیت ترکیب کردن با GIS را دارا می باشند.

<sup>1</sup> Multiple regression

<sup>2</sup> Classification trees

<sup>3</sup> Neural network

۲- روش زمین آماری - پیشنهاد اولیه برای درون یابی ویژگیهای خاک از مجموعه مشاهدات خاک جمع آوری شده از نواحی با مساحت کم می باشد و سپس مدل های زمین آماری در نواحی وسیع قابل توسعه هستند، که تغییرات مکانی قابل نمایش داشته باشند. استفاده از این روش بیشتر در موقعیت های پیچیده، استفاده از سیستم های خبره مانند رگراسیون- کریجنگ (Odeh et al., 1994) یا کریجنگ با دریفت بیرونی ( Bourennanne et al., 2000) استفاده از لایه های پیش بینی کننده تغییرات  $Q$  است. امتیاز تئوری این مدل نسبت به روش داده کاوی به دقت پیش بینی ویژگی های خاک و همبستگی بالا که با  $Q$  دارند، همچنین همبستگی بیشتر مکانی بین مشاهدات خاک وجود دارد، بر می گردد.

۳- روش ارزیابی و نقشه برداری خاک- شامل ساختن رابطه  $S = f(Q) + e$  از دانش نقشه بردار همراه با تجربه کافی در منطقه است. چندین روش برای جمع آوری دانش های تجربی وجود دارند: شرح مدل های انتقالی داخل یک سری مجموعه قوانین " فرض وضعیت  $Q$  آنگاه تخمین و برآورد  $S$ " (McKenzie et al., 1999, Cole et al., 2004)، شبکه گمانی بیاسین (Skidmore, 1991)، سیستم های استنتاجی فازی (Zhu et al., 1996)، احتمالات مشروط مشتق شده از وجود نقشه های خاک (Lagacherie et al., 1995).

## ۲-۶-۱-۲- مدل های استنتاجی سویل اسکپ<sup>۱</sup>

این مدل با توابع انتقالی خاک<sup>۲</sup> معرفی می شوند، همچنین این مدل، مدلی رایجتر برای استفاده در پهنه بندی رقومی خاک است. هدف از توابع انتقالی خاک (Bouma, 1989) تخمین ویژگی هایی از خاک که به سختی قابل اندازه گیری است، که کاربر نیازمند داده های خاک از

<sup>1</sup> Soilscape inference models

<sup>2</sup> Pedotransfer functions

ویژگی های اولیه خاک می باشد. واتسن و همکاران (۱۹۹۷) دو نوع توابع انتقالی خاک (PTF)، شناسایی نمودند.

۱- تابع پایه برای اطلاعات قابل دسترس، به عنوان، PTFs کلاس

۲- تابع پیوسته

PTFs کلاس ویژگی های پایه ای مطمئن از خاک را (مانند: بافت، افق و ...) در کلاس پیش بینی می کنند. PTFs پیوسته ویژگی های مطمئن خاک را با یک تابع پیوسته پیش بینی می کند.

۲-۶-۲- سیستم های استنتاجی مکانی خاک و پهنه بندی رقومی خاک

با توجه به شکل ۲-۴ راهکارهای لازم برای تخمین ویژگی های ثانویه خاک از مشاهدات اولیه خاک و داده های کمکی ارائه شده است. انتخاب بهترین مدل DSM که می خواهد اجرا شود، به نظر خیلی غیر واقعی می رسد، هرچند که مطالعه نواحی و پیکر بندی داده ها از سرتاسر آن منطقه گرفته شود. یک سیستم استنتاجی مکانی خاک را می توان با دو روش زیر ترکیب و بهینه نمود:

(الف) سیستم های استنتاجی مکانی<sup>۱</sup> که شامل دو جزء اصلی است:

۱- پایگاه داده های زمین مرجع همراه با اطلاعات متنوع خاک: توصیف پروفیل خاک و آنالیز های آزمایشگاهی (مکان های زمین مرجع با مزیت بهتر)، نقشه های رقومی خاک، داشتن لایه های کمکی اولیه از ویژگی های خاک، مانند ظرفیت رس، pH و ... و داشتن لایه های کمکی از ویژگی های ثانویه خاک، مانند پارامتر های نفوذ پذیری، ظرفیت زراعی، نیاز آهکی.

<sup>۱</sup> Spatial Soil information System

۱- پایگاه داده های کمکی برای برآورد متغیر های مشترک که در نواحی مورد توجه قابل دسترس هستند: برتنی و همکاران (۲۰۰۳) جزئیاتی از این متغیرها فراهم نمودند "هفت فاکتور اسکورپن" و منابعشان (عبارت اند از: s, c, o, r, p, a, n) که در بخش بعدی توضیح داده می شوند.

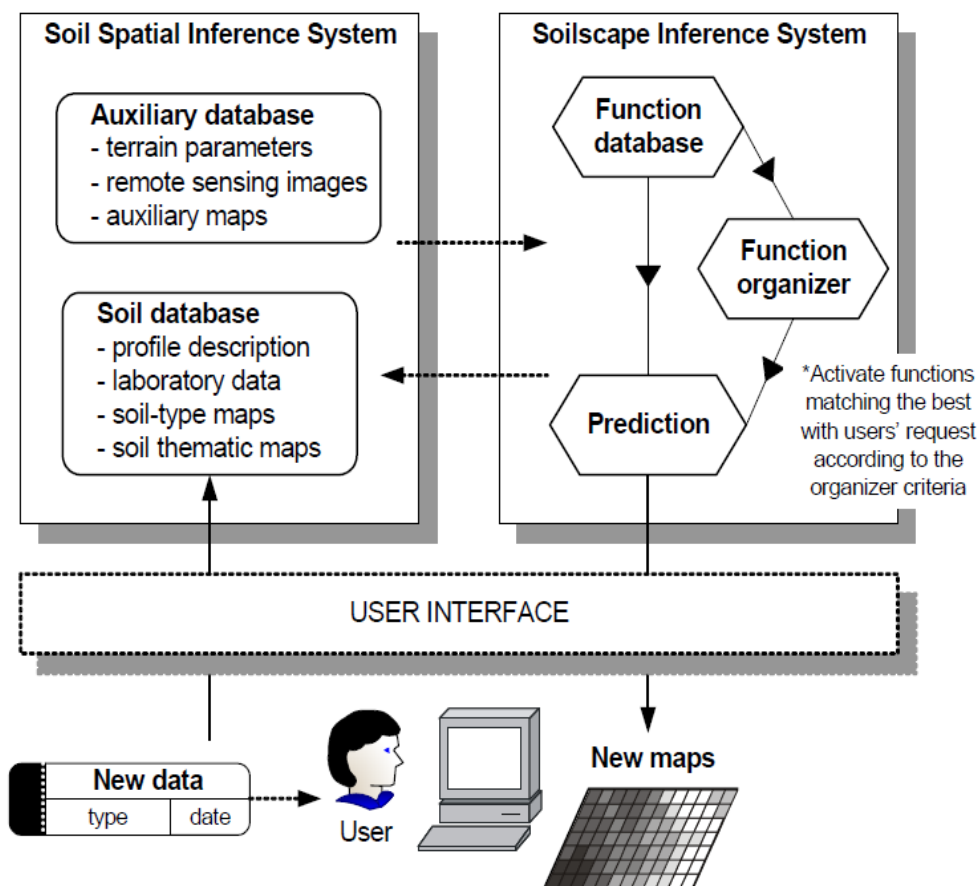
#### (ب) نقشه برداری رقومی خاک<sup>۱</sup>

نقشه برداری رقومی خاک شامل دادن مقادیر کمی یا عددی به داده های خاک که در سه جزء قابل تخمین است (شکل ۲-۴) که عبارتند از :

- یک پایگاه داده عملکردی که شامل یک مجموعه مکانی و عملکرد مکانی برای پیش بینی انواع ویژگی های خاک ها می باشد.
- یک تابع سازمان دهنده که جمع آوری، مرتب کردن و گروه عملکردی راجع به معیار های ویژه است.
- یک پیش بینی کننده که شامل یک متور استنتاجی و موفقیت آمیز و فعال برای پیش بینی توابع خاک بر طبق یک درخواست و به کاربردن معیار های ویژه برای هر تابع می باشد.

---

<sup>۱</sup> Digital Soil Mapper



شکل ۲-۴- سیستم استنتاجی مکانی (چند بعدی) خاک و تهیه نقشه رقومی خاک

### ۲-۶-۳- مدل اسکورپن

اسکورپن یک مدل مفهومی از استنتاج های مکانی خاک است. یک شیوه برآورد مکانی معمولی برای به کار بردن مدل اسکورپن می تواند استفاده شود، همچنین مشابه روش رگرسیون-کریجینگ است، که در این روش برای توضیح روند داده ها به عنوان سیستمی تخمینی برای پارامتر های خاکی که ناشناخته اند (شناسایی سخت) استفاده می کنیم. در این مدل ها فرض می شود یک ارتباط استوکستیکی<sup>۱</sup> (فرایند های تصادفی) بین متغیر های پیش بینی کننده و هدف

<sup>۱</sup> Stochastic

مشخص برای متغییر های خاک وجود دارد، اگرچه این می تواند برای بهبود مدل های دیترمنستیک<sup>۱</sup> (قطعی) رده بندی خاک استفاده شود (Hngel et al., 2006).

شماری از مطالعات پذیرفته شده برای تاکسونومی مدل های پهنه بندی رقومی خاک (TDSMM<sup>۲</sup>) مدل مفهومی و اساسی اسکورپن برای تخمین ویژگی ها و کلاس های خاک است. برتنی و همکاران (۲۰۰۳) یک چهار چوب برای نقشه های رقومی خاک برای مکان هایی که دارای داده ها و اطلاعات محدود می باشند، پیشنهاد کردند. این چهار چوب اسکورپن- اس اس پی اف (تابع پیش بینی کننده مکانی خاک) (SCORPAN-SSPF<sup>۳</sup>) نامیده می شود. این مدل برای توصیف داده های کمی تجربی مرتبط بین ویژگی های خاک و برآورد عوامل پایه چند بعدی با این دید که برای توابع پیش بینی کننده چند بعدی خاک می باشد، استفاده می شود. این مدل شامل هفت فاکتور اصلی برای برآورد مکانی خاک می باشد که عبارتند از:

۱- S : خاک، خصوصیات دیگر خاک در یک نقطه

۲- c : اقلیم، ویژگی های اقلیم محیط زیست در یک نقطه

۳- O : موجودات زنده، پوشش گیاهی یا اثرات جانداران و انسان ها

۴- R : توپوگرافی، ویژگی های پستی و بلندی ها

۵- P : مواد مادری، لیتولوژی

۶- a : سن، عامل زمان

۷- n : موقعیت مکانی

که می توانند به این صورت نوشته شوند :

$$Sc = f(s, c, o, r, p, a, n) \quad \text{or} \quad Sa = f(s, c, o, r, p, a, n)$$

<sup>1</sup> Deterministic models

<sup>2</sup> Taxonomy Digital Soil Map and Modeling

<sup>3</sup> Soil spatial prediction function



که  $S_c$  تخمینی از کلاس های خاک و  $S_a$  تخمینی از ویژگی های خاک،  $s$  نیز اطلاعات خاک یک نقشه قبلی، یا سنجش از دور یا کارشناس خبره است.

روش اسکورپن-اس اس پی اف به طور ضروری شامل این مراحل می باشد (که توسط فرشاد و همکاران در سال ۲۰۰۵ نتیجه گرفته شده است)

۱- تعیین ویژگی های خاک ( $s$ ) مورد نظر و تفکیک دقیق و اندازه بلوک ها : این تصمیمی است در یک یا مجموعه ای از ویژگی های خاک مورد نظر، همچنین کلاس های خاک.

۲- لایه بندی داده های مورد نظر که با  $Q$  نشان می دهند : وابستگی یک تعدادی از پیش بینی کننده های گرفته شده برای نشان دادن هر یک از عوامل تشکیل خاک.

۳- تجزیه مکانی داده های لایه ای: این می تواند در روش زمین آمار، همچنین کار با وریوگرام به کار گرفته شود.

۴- نمونه برداری داده های ضروری ( $Q$ ) تا مکان نمونه برداری بدست آید: چندین روش پیشنهاد شده است، یکی برای نواحی نمونه برداری و برون یابی بدست آمده از دانش نقشه بردار تا بتوان بقیه نواحی را دقیق تر تشخیص داد.

۵- برداشت های زمینی توسط GPS و آنالیز های آزمایشگاهی برای بدست آوردن کلاس های خاک و ویژگیهای داده ها: وابستگی در نتایج تجزیه شده از نقاط وریوگرام که نمونه ها باید شناخته شوند و می توانند داخل GPS تغذیه شوند.

۶- ارتباط کمی فیت کردن: مدل می تواند زمانی که ما با هر دو سمت معادله اسکورپن آماده هستیم، برازش داده شود (ویژگی های خاک در سمت چپ و خصوصیات محیط در سمت راست معادله).

۷- پیش بینی نقشه رقومی: یک مدل برازش داده شده در نقشه های رستری می تواند با انتخاب ویژگی های مناسب ساخته شود.

۸- برداشت های زمینی و آنالیزهای آزمایشگاهی برای تقویت و تست کیفیت: مشاهده و اندازه گیری نمونه های خاک یک ضرورت است. این، دقت و صحت نقشه بدست آمده را بالاتر می برد و برای تمام عوامل محیطی که دارای عدم قطعیت هستند، این کار بایستی انجام شود.

۹- اگر لازم باشد، آسانتر کردن راهنمای نقشه یا کاهش قدرت تفکیک به وسیله برگشت به مرحله یک یا بهبود نقشه به وسیله برگشت به مرحله پنجم.

فاکتور S اغلب به وسیله داده های تاکسونومی خاک که از سازمان های نقشه برداری خاک مشتق می شود، مشخص می شود. نقشه های فیزیکی و شیمیایی مکان های ویژه خاک مورد استفاده برای هدایت الکتریکی ظاهری یا مخروط نفوذ است. عامل R و O را می توان از تصاویر سنجش از دور و با قدرت تفکیک بالا مدل رقومی ارتفاع استخراج کرد. عامل P دامنه خود همبستگی<sup>۱</sup> مکانی طولانی را نشان می دهد و اغلب در نقشه های با مقیاس بزرگ قابل دسترس تر هستند. تأثیر فاکتور R در مدل های پیش بینی خاک مرتبط با یک طرح کلی و در مرور مطالعات می تواند محرض باشد.

مدل های پیش بینی خاک با روش های کمی و ترکیب متفاوت فاکتور های اسکورپن اجرا می شود، شاید کمبود داده های محیطی که بعضی اوقات محصور می شوند، بیشتر نمایان شود. برتنی و همکاران (۲۰۰۳) سه پتانسیل (کاربرد) از روش اسکورپن نتیجه گرفتند که به شرح زیر می باشد:

۱- پهنه بندی رقومی خاک جایگزین، برای نقشه های خاک مرسوم اند که هزینه بر و زمان بر است.

<sup>1</sup> Auto regration

۲- استفاده از روش برون یابی برای تهیه نقشه های خاک در مناطقی که اصلاً نقشه از آن ها

نداریم.

۳- ساختار دینامیکی و پویا در نقشه های خاک.

که اجرای موارد اول و دوم در ابتدا خیلی مهمتر از مرحله سوم می باشند.

۲-۶-۴- نمودار درختی (سیستم های خبره) در برآورد نقشه های خاک

سیستم های خبره ترکیبی از داده ها (اطلاعات در متغیر های محیطی مکانی، مانند توپوگرافی، اقلیم و ...) و دانش پایه (قوانین و واقعیت های مرتبط با متغیر های خاک که نقشه بردار خاک تهیه می شوند) و یک استنتاج کامپیوتری می باشد (که داده های آمیخته شده و دانش پایه در استنتاج منطقی برای نتیجه گیری قابل اطمینان) (Skidmore et al., 1996). هدف از درخت تصمیم گیری یک مجموعه قوانین توسعه یافته برای پیش بینی نقشه از یک سری داده های مرتب شده می باشد (Michaelsen et al., 1994).

کلاس بندی درختی غیر پارامتریک است (Friedman 1991; Mitchie et al., 1994). در مورد داده های از دست رفته و برای تعداد زیادی از عارضه های نامربوط حساس نیست (Schafer, 2001; Hastie et al., 1997) و کاربرد زیادی در علوم محیطی به خاطر نظم و ترتیب دادن در تنوع و گستردگی داده ها دارد مانند اکولوژی (Geng et al., 2004; Munoz and Felicísimo, 2004)، سنجش از دور (Hansen et al., 1996; Friedl and Brodley, 1997; Debeir et al., 2001) و در زمینه علوم خاک (Gómez-Chova et al., 2003; He et al., 2003) و در زمینه علوم خاک (Lagacherie and Holmes, 1997; Zhang et al., 1999; Bui et al., 1999; Giasson et al., 2000; Moran and Bui, 2002; Bui and Moran, 2003; Zhou et al., 2004; Behrens and Scholten, 2006a,b; Geissen et al., 2007).

روش سیستم خبره برای پیش بینی نقشه های خاک، دانش نقشه بردار را در استخراج به وسیله توسعه سیستم های پایه قادر می سازد که از مدل مفهومی نقشه برداری برای متغیر های خاک پیروی کند. این روش برای پروژه های نقشه برداری خیلی مفید است، چرا که برداشت های اولیه زمینی برای مشخص کردن ارتباط عارضه های خاک با یکدیگر و با محیط اطرافشان، مفید خواهند بود. سیستم های خبره به طور مستقیم و با جاسازی مناسب داخل نقشه های قدیمی خاک برای مراحل که نقشه بردار مدل مفهومی را به یک نقشه کروپلت<sup>1</sup> (نقشه های سنتی و کلاسیک خاک که در آن واحد های خاک به صورت پلی گون نمایش داده می شوند) تبدیل می کند، توسعه می دهند. این دانش داخل سیستم خبره می تواند آمیخته شود که برای برآورد خاک استفاده شود (Scull et al., 2003).

دانش پایه شامل واقعیت و قوانین است. واقعیت ها ویژگیهای ثبت شده در دانش را توصیف می کنند، در حالی که قوانین برای واقعیت های جدید که از واقعیت های قبلی به وجود آمده استفاده می شود. به عبارت دیگر یک واقعیت ممکن است در درون یک نوع دانش غیر فعال و ماندگار باقی بماند، در حالی که قوانین دانشی فعالند که به وسیله سیستمهای خبره تولید می شود. هر قانون شامل یک LABEL، موقعیت ((CONDITION) و عمل (ACTION)، به صورت شکل زیر می باشد: (Skidmore et al., 1996)

LABEL:     if     CONDITION  
              Then    ACTION

LABEL یک واحد قانون معین است. اگر موقعیت (CONDITION) راضی کننده باشد، سپس عمل (ACTION) انجام می شود.

<sup>1</sup> Chropleth Soil Map

هدف از درخت تصمیم گیری یک مجموعه قوانین توسعه یافته برای پیش بینی نقشه از یک

سری داده های مرتب شده، می باشد (Michaelsen et al., 1994).

مور و همکاران (۱۹۹۱) نتایج زیر را از آنالیز درخت تصمیم گیری گرفته اند:

- ۱- آسانتر نمودن تفسیر متغیر های پیوسته و اسمی
- ۲- یکنواخت کردن و هماهنگی بیان دوباره متغیر های پیش بینی کننده
- ۳- توزیع بیشتر و راضی کننده با داده های مفقود شده و برون هسته ای
- ۴- وفق پیدا کردن بیشتر در گرفتن داده های غیر اضافی و رفتار غیر خطی
- ۵- نساختن هیچ فرضی درباره توزیع داده ها و
- ۶- به آسانی قابل به روز شدن داده های جمع آوری شده است.

---

## ۳- فصل سوم:

# مبانی نظری (گوگل ارت)

---



## ۳-۱- تعریف و آشنایی با گوگل ارت

گوگل ارت یک دنیای مجازی (سه بعدی همراه با زمان) برای برآوردن نیاز های کاربران مختلف از قبیل؛ انتشار نقشه، پردازش اطلاعات، آنالیز مکانی، ویرایش همزمان داده ها در یک ساختار یکپارچه و تلفیقی (از تصاویر ماهواره ای، عکس، نقشه، گزارش، فیلم و ...) جمع آوری شده است. گوگل ارت همراه با آژانس علمی آمریکا NOAA کار می کند و خیلی از جزئیات تصاویر را بعد از ۵ روز از یک حادثه مهم را به صورت آنلاین بر روی این سیستم می گذارد. هریک از این تصاویر به صورت موزائیک است و وقتی این موزائیک ها کنار یک دیگر قرار می گیرند دنیایی به صورت موزائیکی را به وجود می آورند. کاربری و استفاده از گوگل ارت نسبت به دیگر سیستم های مشابه (مانند ArcGIS) آسان تر است و نیازی به کاربر خبره ندارد (Chen et al., 2008).

گوگل ارت یک سیستم قوی در محیط وب است که تغییر چشمگیری در نمایش دقیق و انتشار مناظر و اطلاعات مکانی ایجاد کرده است. این سیستم یک مجموعه قوی از تصاویر ماهواره های منابع زمینی و نقشه ای را در یک ساختار یکپارچه و تلفیقی در کنار هم قرار داده است. همچنین برای مانیتورینگ، مدیریت و آنالیز داده ها استفاده می شود. اطلاعات و داده ها این سیستم در وب به دو صورت منتشر می شود: ۱- offline - ۲- online, (Brown 2006, Google earth 2007, Gibson and Erle 2007, Wikipedia 2007).

کاربران ممکن است در نمایش نقشه ها، تصاویر و عوارض سه بعدی و بر روی سطح زمین براحتی پرواز و بر روی آن ها تمرکز کنند. بعلاوه آنها ممکن است داده های واطلاعات مورد نیازشان را جمع آوری و با دیگر کاربران به اشتراک بگذارند (Emmanuel Stefanakis, Kostas Patroumpas, 2008).

گوگل ارت برای نمایش سه بعدی عوارض زمین از اطلاعات ارتفاعی که توسط یکی از شاتل های ناسا (SRTM<sup>1</sup>) که ماموریت آن برداشت مدل ارتفاعی رقومی (DEM<sup>2</sup>) است استفاده کرده است.

در گوگل ارت امکان اضافه کردن اطلاعات شخصی، سایت ها، وب لاگها و بولتن انجمن ها با استفاده از زبان برنامه نویسی KML<sup>3</sup> امکان پذیر است. گوگل ارت توانایی نمایش سه بعدی ساختمان ها و سازه ها (مانند پل) با جزئیاتی که توسط کاربرانی که با نرم افزار SketchUp طراحی کرده اند را نیز دارد. کاربران گوگل ارت می توانند مدل های زیادی از سازه های معروف و مختلف را از مخزن گوگل ارت<sup>4</sup> دانلود و استفاده کنند. در نسخه های قدیمی تر گوگل ارت مدل سه بعدی برخی از شهرها نمایش داده شده بود که بافت<sup>5</sup> استفاده شده در نمایش ساختمان ها از کیفیت نامناسبی برخوردار بود. مدل سه بعدی از شهرها کمک شایانی به مدیران و دولتمردان در تصمیم گیری و برنامه ریزی کرده است. به تازگی، گوگل ارت قابلیت را اضافه کرده است که به کاربران اجازه می دهد که بر سرعت ترافیک در محدوده ۲۰۰ یاردی (تقریباً ۱۸۳ متری) به طور لحظه ای دسترسی داشته باشند<sup>6</sup>.

از شناخت خصوصیات و ویژگی های گوگل ارت می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- لایه ها اطلاعاتی و اشتراک لایه ها
- توپوگرافی و پرواز مجازی
- ابزار اندازه گیری و آنالیز داده ها

<sup>1</sup> Shuttle Radar Topography Mission

<sup>2</sup> - Digital Elevation Model

<sup>3</sup> - Keyhole Markup Language

<sup>4</sup> - Google's 3D Warehouse

<sup>۲</sup> - بافت (textures): به تصاویری از ساختمان ها گفته می شود که برای درک صحیح تر از ساختمان با دوربین عکاسی گرفته می شود و روی مدل سه بعدی قرار می گیرد.

<sup>۴</sup> - البته برخی از این خدمات بدلیل فقدان اطلاعات و همکاری سازمان ها و دولتمردان فعلاً در ایالات متحده امریکا قابل ارائه است.



- همپوشانی لایه ها
- اتمسفر و پوشش ابرها
- سیارات
- دمای آب دریاها و اقیانوسها
- اندکس تصاویر ماهواره ای
- اطلاع رسانی و فرهنگ سازی
- نمای مجازی از خیابان ها و مناظر
- ارتباط و لینک با سایر سایت های اینترنتی از قبیل ویکی پدیا، ...
- ...

### ۲-۳- انواع فرمت های گوگل ارت

گوگل ارت در پنج سطح در اختیار کاربران می تواند قرار گیرد شامل موارد زیر می باشد:

- گوگل ارت مجانی (Free) که نسخه رایگان با امکانات محدود می باشد،
- گوگل ارت پلاس<sup>۱</sup> نسخه ای با امکانات اضافه که سالی ۲۰ دلار آمریکا حق عضویت دارد (در دسامبر ۲۰۰۸ متوقف شد)،
- گوگل ارت پیشرفته<sup>۲</sup> که نسخه حرفه ای با هدف بهره برداری تجاری در نظر گرفته شده است و حق عضویت سالانه آن معادل ۴۹۵ دلار آمریکاست،
- گوگل ارت اینترپرایس<sup>۳</sup> که نسخه سازمانی این سیستم است که با هدف اقتصادی با توجه به نیاز شرکت ها و ارگانها طراحی و ارائه می شود. این نسخه قابلیت جستجوهای مکانی را دارد و با سیستم GIS در تعامل می باشد،

---

<sup>۱</sup> - Google Earth Plus

<sup>۲</sup> - Google Earth Pro

<sup>۳</sup> - Google Earth Enterprise

- و در نهایت نسخه موبایل گوگل ارت که روی تلفن همراه نصب می شود و خیلی از امکانات نسخه اصلی را دارا می باشد.

### ۳-۳- تاریخچه گوگل ارت

این سیستم ابتدا توسط شرکت Keyhole, Inc تحت نام EarthViewer توسعه یافته است. در سال ۲۰۰۴ توسط شرکت گوگل خریداری و به Google Earth تغییر نام یافت. ارائه اولین نسخه گوگل ارت در ماه ژوئن سال ۲۰۰۵ برای بهره برداری عموم مردم باعث ایجاد پوشش رسانه ای وسیع و استفاده از این فن آوری برای استفاده عمومی، ده برابر در بین سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ افزایش یافت. لذا این حرکت سوق بی نظیر افکار و منافع عمومی را به سمت فن آوری های مکانی / فضایی و کاربردهای آن به همراه داشت (Stefabakis et al., 2008).

- این محصول در سال ۲۰۰۵ به نام گوگل ارت بازبینی شد.
- در ۱۲ ژوئن سال ۲۰۰۶ میلادی نسخه ۲.۴ یا وزن بالاتر را منتشر کرد.
- در تاریخ ۲۸ می ۲۰۰۸ نسخه مرورگر پلاگین<sup>۱</sup> آن معرفی کرد.
- در ۲۷ اکتبر ۲۰۰۸ نسخه جستجو گر همراه<sup>۲</sup> را برای سیستم عامل تلفن همراه<sup>۳</sup> به طور رایگان برای بهره برداران ارائه گردید.

علاوه بر این بر اساس نیاز مشتریان، Keyhole به روز شد، گوگل نیز تصاویری از پایگاه داده زمین در سیستم شبکه Google Maps و گوگل ارت اضافه نمود.

<sup>۱</sup> - browser plugin

<sup>۲</sup> - mobile viewers

<sup>۳</sup> - iPhone OS

ارائه اولین نسخه گوگل ارت در ماه ژوئن سال ۲۰۰۵ برای بهره برداری عموم مردم باعث ایجاد پوشش رسانه ای وسیع و استفاده از این فن آوری برای استفاده عمومی، ده برابر در بین سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ افزایش یافت. لذا این حرکت سوق بی نظیر افکار و منافع عمومی را به سمت فن آوری های مکانی / فضایی و کاربردهای آن به همراه داشت. گوگل ارت برای بهره برداری کاربران خود از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی متفاوت استفاده کرده است. مناطق زیادی (به جز برخی از جزایر) با تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر تلفیقی رنگی پوشش داده شده اند. برای برخی شهرها مانند: ملبورن، ویکتوریا، استرالیا، نوادا، و کمبریج، و غیره از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ سانتیمتر استفاده کرده است.

عارضه های زمین در گوگل ارت یکی از لایه های موثر است. لایه ها از قسمت های بیرونی و درونی تشکیل یافته اند و شامل اطلاعات هستند مانند تصاویری از زمین لرزه ها، پارک ها عمومی و... لایه های دیگر اطلاعاتی در زمینه جرایم و جمعیت ... نیز وجود دارد. لایه ها و نقطه ها در گوگل ارت اشتراکات زیادی دارند، لایه ها در گوگل ارت به عنوان یک سرور به کار می روند و آن ها شامل اطلاعات هستند که با یک دیگر ترکیب می شوند و اطلاعات پایه ای گوگل ارت را می سازند (مانند مرز های بین ملی، آمار جنایی و قانون گذاری های منطقه ای). با برنامه اسکچاپ که در واقع یک نوع برنامه طراحی است می توان لایه ها را وارد این برنامه نمود و اطلاعات و داده های مورد نیاز را به آن اضافه نمود و برنامه ها و مدل های سه بعدی را بسازیم و به گوگل ارت اضافه کنیم.

نزدیک به ۶۰۰۰۰۰ هزار نفر در انجمن گوگل ارت عضو ثابت هستند و هر روزه هزاران نفر به آن ها اضافه می شوند، با اشتراک گذاشتن اطلاعات برای دیگران و کمک به یک دیگر در زمینه های زیادی باعث پیشرفت و گسترش چشمگیری در گوگل ارت شده است. شمار واقعی استفاده کنندگان از گوگل ارت بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰۰ واحد (آدرسهای اینترنتی کامپیوتر) هستند.

نقشه های گوگل به عنوان یک نقشه وب (مانند MapQuest یا Yahoo!Maps) نگهداری می

شوند و استفاده های گوناگونی از این نقشه ها می توان داشت.

### ۳-۴- کاربرد های گوگل ارت

کاربرد های پایه گوگل ارت به صورت زیر خلاصه می شود.

۱- کاربران ممکن است یک مکان یا وضعیتی را جستجو کنند: (a) توسط جستجو در آدرس

ها (که این در آمریکا، کانادا و اروپای غربی قابل دسترس است)، (b) توسط وارد کردن

مختصات جغرافیایی و متریک، و (c) به استفاده از موس. پس کاربران می توانند روی یک

موقعیت بالا و پایین، چپ و راست، بزرگنمایی و چرخش و دید افقی داشته باشند.

۲- کاربر می تواند اطلاعات نقشه ها را از لایه های مختلف استخراج و از آن ها استفاده نمایند

(داده های GIS) مانند جاده ها، حاشیه ها، مکان های تفریحی، ساختمان ها و خانه ها و

...، یا ترسیم جاده ها و اندازه گیری فواصل آن ها.

۳- کاربران همچنین ممکن است (استفاده صحیح و دوستانه از منو ابزارها داشته باشند)

نقاطی که به آن ها علاقه منداند و نقاط دیگر که داده های رستری و وکتوری دارند که

شامل مدل ها/عارضه های سه بعدی به صورت یک دستور العمل یا اتوماتیکی جمع آوری

می شوند را در دسترس داشته باشند.

۴- سرانجام کاربران موضوعات و مباحث خود را به صورت یک پوشه با فرمت html نوشته

شده است ضمیمه می کنند. در پایان کاربر می تواند پوشه ها را ذخیره، پیرینت و به ایمیل

هایشان ارسال کنند و نیز می توانند برای دیگر کاربران قابل دسترسر نمایند.

۵- از دیگر کاربردهای گوگل ارت در مطالعات خاکشناسی و آمایش سرزمین می توان نام برد

که در زیر اشاره گذرا به آن ها می شود:

آمایش سرزمین<sup>۱</sup> یک بخش مهمی در پیشرفت جوامع بشری<sup>۲</sup> و توسعه اقتصادی این جوامع (USDA, 2008) بخصوص در ارتباط با بخش روستایی و شهری می باشد و این بخش تاثیر زیادی در توسعه و گسترش محیط و اجتماع دارد، این توسعه می تواند یک نقشه حیاتی در جوامع بشری ایفا کند در صورتی که ارزیابی اراضی و اطلاعات و آمایش سرزمین در گوگل ارت به صورت آزاد و آسان در اختیار کاربران و جوامع قرار گیرد. (Merry et al., 2008).

اطلاعات در باره بافت خاک، نفوذپذیری، ظرفیت نگه داری آب، پتانسیل خشکی-تری، خطرات سیل، وضعیت زه کشی خاک، عارضه های که عمق پروفیل را محدود می کنند و شاخص های پلاستیسیته خاک همچنین داده ها و اطلاعات خاک برای گسترش و بهبود تفاسیر آمایش سرزمین برای واحد های نقشه خاکشناسی یا قسمتی از سیمای اراضی<sup>۳</sup> استفاده می شوند که این اطلاعات را می توان در گوگل ارت نمایش داد و تغییرات و پراکنش آن ها را بررسی نمود.

به طور ویژه خاک ها برای اهداف عمومی و رایج طبقه بندی می شوند مانند ساختن خانه، توسعه شهرها در خاک های با بافت مناسب و جهت مناسب، وجود تفرجگاه و ... که توسط جداول و نقشه ها کاغذی به سختی در سیمای اراضی قابل نمایش می باشند ( Soil Survey Staff, 1993).

در گذشته ارزیابی خاک یک منطقه به وسیله یک چاپ کاغذی انتشار می یافت. که خیلی هزینه بر و همچنین قابلیت دسترسی آن خیلی سخت و پایین بود. اما در حال حاضر با استفاده از گوگل ارت و سایت های اینترنتی این مشکلات رفع شده اند و همچنین دارای این امتیازات است که می توان لایه های مختلف نقشه را با یکدیگر ترکیب و تلفیق نموده و به صورت لایه های موزئیک شده روی هم قرار داد که این در تفسیر آمایش سرزمین کمک شایانی به ما می کند

<sup>1</sup> Land use planing

<sup>2</sup> Extension's mission in community

<sup>3</sup> landscape

همچنین هزینه نگهداری و بروز کردن داده ها و اطلاعات خیلی کاهش یافته و به راحتی انجام می شود.

با استفاده از سرویس نقشه های اینترنتی (<sup>1</sup>IMS) و با کمک سیستم های اطلاعات جغرافیایی روش های مناسب برای انتشار و گسترش داده ها و اطلاعات خاکشناسی می باشند (Hornbuckle and Christen, 2006; Schmierer, Lynn-Patterson, Langille, & O'Geen, 2007) همچنین مطالعات در استرالیا نشان داد که نقشه های خاک شناسی اسکن شده و داده های مربوط به مشخصات پروفیل ها، تصاویر و ویژگی های فیزیکی به طور موثر و کارا در گوگل ارت انتشار یافت (Hornbuckle and Christen, 2006).

### ۳-۵- فرمت های استفاده شده در گوگل ارت

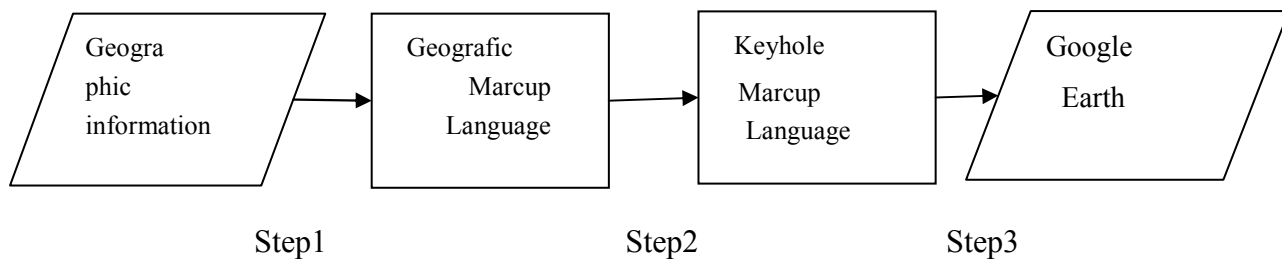
تمام داده های ورودی به وسیله کاربران به صورت XML ذخیره می شوند که این در سال ۲۰۰۷، KML نامیده شد. پوشه های KML ممکن است به صورت فشرده (KMZ) برای دیگر کاربر ها و استفاده های دیگر به کار گرفته شوند.

سه مرحله برای نمایش و انتشار داده های ژئورفرنس در سیستم گوگل ارت به ترتیب زیر می باشند (شکل ۳-۱): در مرحله اول اطلاعات مکانی به وسیله <sup>۲</sup>GML مدلسازی شده است، یعنی فرمت تعریف شده یا زبان شناسایی برای داده های ورودی به گوگل ارت از فرمت GML استفاده می شود (GML یک فرمت رایج در گوگل ارت است). در مرحله دوم، فرمت GML به

<sup>1</sup> Internet mapping servers

<sup>2</sup> Geographic Markup Language (GML)

فرمت<sup>۱</sup> KML تبدیل می شوند و در مرحله سوم فرمت KML در وب منتشر شده و در گوگل ارت نمایش داده می شوند. (Emmanuel et al., 2008).



شکل ۳-۱- مراحل انتشار و نمایش داده ها ژئورفرنس در سیستم گوگل ارت

### ۳-۵-۱- XML زبانی پایه برای اطلاعات مکانی

هدف از این بخش معرفی مناسب XML برای اطلاعات و داده های جغرافیایی است و تمرکز روی دو زبان GML و KML می باشد.

### ۳-۵-۱-۱- XML زبان مارکاپ قابل توسعه

XML یک فرمت قابل قبول و پذیرفته شده برای توصیف و تغییر داده ها است که توسط کنسرسیوم وب جهانی توسعه یافته و نگه داری می شود (W3C 2007).

XML برای انتقال و مرتب کردن داده ها طراحی شده است. و شامل موارد زیر می باشد:

- ایستگاهی است برای توسعه مجموعه کد ها، ساختن متن های ویژه، مدارک و پوشه ها در اینترنت مورد استفاده است.

- یک زبان کد برای اینترنت است مانند (HTML)

<sup>۱</sup> Keyhole Markup Language (KML)

- برای انتقال و جابجایی داده ها طراحی شده است نه برای نشان دادن داده ها

- یک پوشه از پیش تعریف شده نیست و کاربران این پوشه را برای منظور خاصی که مد نظر دارند تعریف می کنند.

- به صورت خود توصیفی طراحی شده است.

XML جایگزین برای HTML نیست بلکه تکمیل کننده آن است. ما XML را در هر جا می توانیم به آسانی توسعه و استاندارد کنیم. XML بستر تغییر و تحولات ساده است و داده ها را در فرمت متنی ذخیره می کند و با آسانی قابلیت گسترش و به روزرسانی با مرورگرهای جدید را دارد که این باعث صرفه جویی در هزینه ها و زمان می شود. در دنیای واقعی، سیستم های کامپیوتری و پایگاه های داده شامل اطلاعات در فرمت های ناسازگار می باشند، با XML، داده ها به راحتی می توانند در میان سیستمهای ناسازگار انتقال یابند. بسیاری از زبانهای جدید اینترنت با XML ساخته شده است. که در زیر چند مثال آورده شده است :

- XHTML آخرین نسخه متنی
- WSDL برای توصیف خدمات وب در دسترس
- WAP و WML به عنوان زبان نشانه گذاری برای دستگاه های دستی
- RSS زبان برای خواندن خبر آر اس اس
- RDF و OLW برای توصیف منابع و هستی شناسی
- SMIL برای توصیف چند رسانه ای برای وب سایت

اسناد در XML از ساختار درختی طبیعت می کنند که از "ریشه" شروع بعد ساقه و شاخه و در آخر به "برگ" منتهی می شود.



### ۳-۵-۱-۲- زبان نشانه های جغرافیایی (GML)

GML در سال ۱۹۹۹، GML2 در سال ۲۰۰۰ و GML3 از سال ۲۰۰۳ در دسترس قرار گرفت و به وسیله کنسرسیوم زمین شناسی منتشر شد. GML یک پارامتر با ارزشی از XML است که تغییرات اطلاعات جغرافیایی را نشان می دهد (Geography Markup language) و می تواند یک روشی برای بررسی داده های جمع آوری شده ارائه دهد و با استفاده از یک متن ویرایشگر خواننده و ویرایش می شود و به آسانی قابل انتقال و انتشار به صورت استاندارد می باشد. یک از ویژگی های عارضه معمولا نام عارضه است، که یک مقدار توصیفی مشخص دارد. شکل عارضه ترکیبی از بلوک های هندسه پایه ای است (برای مثال، نقطه ای، خطی، منحنی، به صورت پلی گونی).

دلایل اصلی استفاده این کمیته از GML شامل موارد ذیل می باشد:

۱- GML یک متن ساده برای رمز گشایی است،

۲- یک مدل پایه برای توسعه نقشه های جغرافیایی

۳- فرمتی پایه برای XML است.

GML از سه طرح پایه که به صورت دستی طبقه بندی می شوند، تشکیل شده است:

۱- طرح هندسی (geometry.xsd) که شامل تعریفی از هندسه است،

۲- طرح عارضه (feature.xsd) که تهیه ای انواع عوارض را در بر می گیرد

۳- طرح Xlink که یک ویژگی برای Xlink و عاملیت ارتباط را فراهم می کند.

### ۳-۵-۱-۳- زبان مارکاب کیحول (KML)

زبان دیگر XML که در سالهای اخیر توسعه زیادی یافته زبان KML است. دلیل اصلی شهرت جهانی KML این است که به عنوان فرمت پایه برای مدیریت سه بعدی داده ها و اطلاعات زمین شناسی در گوگل ارت استفاده می شود. KML در سال ۲۰۰۱ توسط شرکت کیحول که یک نوع

زبان نوشتن داده ها در Earth Viewer بود را توسعه و گسترش داد. KML یک سیستم سه بعدی که دارای طول، عرض و ارتفاع می باشد. ریشه عناصر در KML عارضه (Object) نامیده می شود و به خوبی شناسایی می شوند. در نسخه ۲۰۰۱ (KML 2007) این عارضه ها در ۶ عنصر اصلی خلاصه شد که عبارتند از: colorStyle, StyleSelector, TimePrimitive and SchemaField, feature, Geometry, هندسه چند بعدی شناسایی و با مدل تطبیق داده شوند.

داده ها درون یک پوشه KML تولید، ترکیب و جمع آوری می شوند ( Keyhole Markup language)، که به راحتی می توان آن را در وب انتشار داد. KML یک زبان پایه از XML است که برای مدیریت داده های و اطلاعات جغرافیایی به صورت سه بعدی در گوگل ارت استفاده می شود. پوشه KML اغلب به صورت KMZ (پوشه فشرده شده KML) تبدیل می شود (Wernecke, J. 2009).

### ۳-۵-۱-۳-۱- ساختار یک پوشه KML

هر فایل KML با دوخط که به صورت زیر نشان داده شده است شروع می شوند.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
```

```
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
```

ادامه فایل یک عنصر به نام <Placemark> که خود شامل سه عنصر کوچکتر به نام های

<name>، <description>، <point> می باشد.

دیگر عناصر<sup>۱</sup> که در KML استفاده زیادی دارند عبارتند از:

<sup>۱</sup> Element

< description > یک متن است که برای نشان دادن اطلاعات و توضیحات درباره این اطلاعات

می باشد؛

<point> برای نشان دادن مختصات جغرافیایی یک نقطه از این دستور استفاده می کنیم؛

<line string> برای این که بتوان همزمان چند مختصات را وارد نمایم استفاده می شود؛

<poly gon> برای نشان دادن مختصات چند ضلعی استفاده می شود؛

< style > برای تغییر دادن بعضی ویژگی های یک عارضه (مانند تغییر شکل، رنگ، پهنا و ... )

استفاده می شود؛

<multi geometry> برای نشان دادن همزمان عارضه نقطه و پلی گون استفاده می شود؛

<Rotating> برای چرخاندن عارضه ساخته شده که شامل heading (چرخش در جهت محور

Z)، roll (چرخش در جهت محور Y) و Tilt (چرخش در جهت محور X)؛

<Resource Map> برای وارد کردن یک نقشه به محیط گوگل ارت و نشان دادن نقشه ها؛

<hot spot > موقعیت یک عارضه با مقدار X و Y که به آن می دهیم نشان می دهد، همچنین

تصویر وارد شده را تصحیح می کند؛

<overlay> برای اضافه نمودن تصویر، نقشه و ... به محیط گوگل ارت.

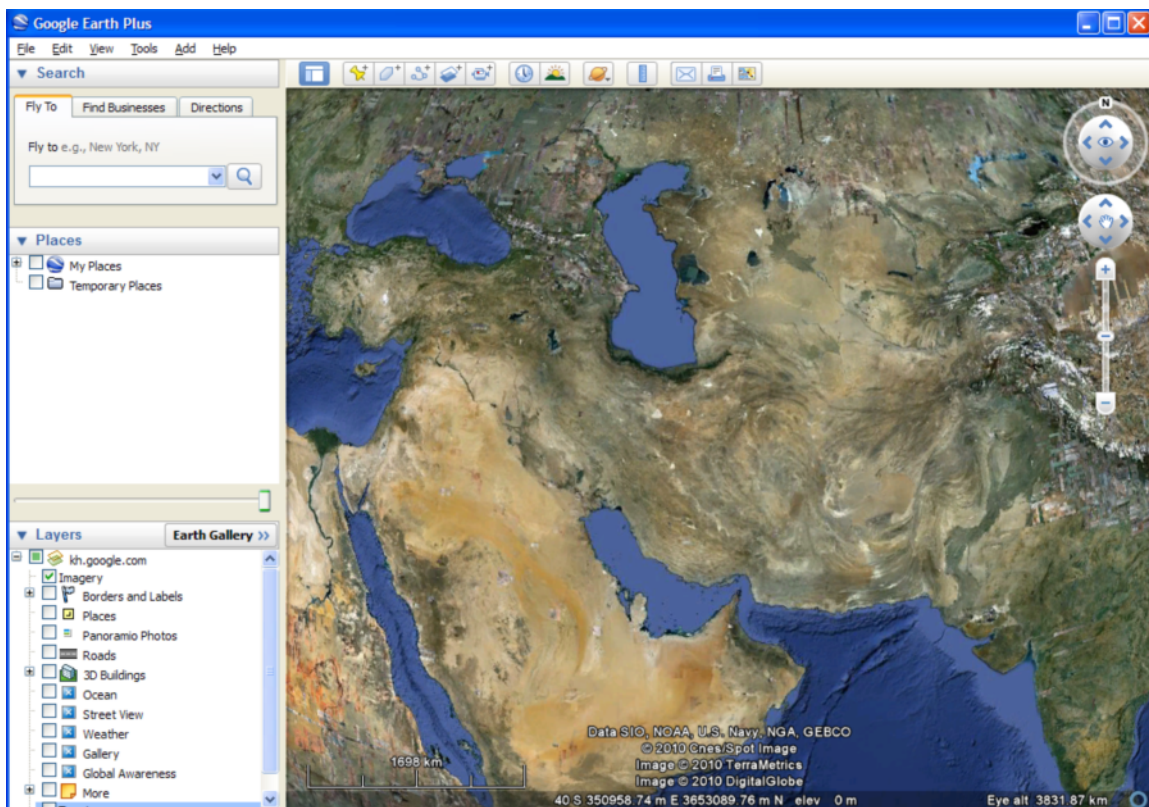
### ۳-۶- وارد کردن داده ها، تصاویر، نقشه ها و آنالیز اطلاعات

اگرچه گوگل ارت مایه هیبت برای نرم افزار و داده ها است، بعضی اوقات شما لازم است

اطلاعاتتان را از بیرون (جدا از گوگل ارت) تهیه نمایید، مانند بیشتر جزئیات مربوط به داده های

آمار گیری جمعیتی یا نقشه های قدیمی و ... استفاده نمود (David. A Crowder 2007).

آیا شما می توانید گردش کنید اگر شما نیاز دارید چیزهای بهتری در گوگل ارت داشته باشید تا بعضی مناطق را عرضه و پیشنهاد دهید؟ چه منبع ویژه برای ذخیره داده هایی که برای شما مهم می باشند در اختیار دارید تا در جهان باقی بماند؟ گوگل ارت می تواند تمام نیاز هایتان را با کیفیت مناسب، اگر اطلاعات و ورودی های مناسبی با آن به دهید، برآورده کند، همچنین به عنوان یک پایگاه داده مطمئن استفاده شود.



شکل ۳-۲- نمایی از نرم افزار Google Earth

### ۳-۶-۱- نحوه اضافه کردن داده ها در گوگل ارت

گوگل ارت دارای ۶ منوی اصلی می باشد. هرکدام از این آیکون ها کارایی مختلفی دارند و برای بررسی و آنالیز لایه های است که در گوگل ارت می سازیم یا به داخل این سیستم وارد می نمایم

می باشد. داده های جغرافیایی شامل ۲ بخش اند: مختصات مکانی داده ها و ویژگی مکانی داده ها (Worboys, 1995).

داده های مختلفی را می توان به گوگل ارت اضافه کرد شامل: اسکالر/ رشته ای/ برداری/ بیان

عددی (جدول ۱-۳)

جدول ۱-۳- فرمت ورود داده ها به گوگل ارت

نوع عارضه	نوع داده	مثال	ملاحظات
نقطه	عددی	بارش روزانه	R=25
	بردار	سرعت باد (شدت و جهت)	۱۸۰/۵DIR, MAG=
	سری زمانی	ثابت سطح آب	ZREC = {2.0.2.1.2.3}
خطی	برداری	نقشه شیب	DND_TYPE="reflective"
پلی گون	برداری	پلی گون منطقه	NAME = "polygon"
	رستری	DEM منطقه	RES = area

در صورتی که فایلی به فرمت گوگل ارت دارید (kml و kmz) می توانید از این گزینه open باز

کنید. و لایه ها و اطلاعات خود را به آن اضافه نمایید، ورژن GE-Pr4 نرم افزار گوگل ارت توانایی

باز کردن لایه هایی همچون:

۱ - ESRI shape file (\*.shp)

۲ - GeoTIFF (\*.tif \*.gtif)

۳ - Erdas Imagine Images (\*.img)

۱- فرمت برنامه های شرکت ESRI مانند: ArcGIS و ArcView

۲- فرمت ژئوتیف فرمت رستری داده هایی است که دارای مختصات جغرافیایی نیز می باشد. تصاویر ماهواره ای در برخی موارد با فرمت ژئوتیف ارائه می شود.

۳- یک نوع دیگر از فرمت تصویری می باشد.

- <sup>1</sup> GPS (\*.gpx)

را دارد. البته باید این لایه ها دارای <sup>2</sup> Spatial Reference مشخص باشند. البته نسخه بالاتر این نرم افزار <sup>3</sup> توانایی اضافه کردن لایه های بسیاری است. نسخه GE-Pu5 فقط توانایی باز کردن داده ای با فرمت KML, KMZ, TXT و GPX را دارد.

## ۳-۶-۲- آنالیز داده ها و اطلاعات

ابزار های متعددی در این سیستم قرار گرفته شده که با آن ها می توان اطلاعات و داده ای وارد شده به گوگل ارت را بررسی و مطالعه کرد همچنین روز به روز بر این ابزارها افزوده می شود.

## ۳-۶-۲-۱- تبدیل عارضه ها به یکدیگر

عارضه ها در سیستم گوگل ارت نقش مهمی را ایفا می کنند به این دلیل که برای وارد کردن، مانیتورینگ، مدیریت و آنالیز داده ها و اطلاعات نیاز ضروری به آن ها می باشد. سه عارضه اصلی که در این سیستم استفاده می شود عبارتند از لایه نقطه ای، لایه خطی و لایه پلی گونی می باشد. تبدیل عارضه در این سیستم کمی پیچیده تر از نرم افزار ArcGIS است اما کارایی های خاص خود را نیز دارند در این سیستم علاوه بر تبدیل لایه ها به هم می توان سیستم مختصاتشان را با ابزارهای که در این سیستم وجود دارد به راحتی تغییر داد و سیستم متریک را به سیستم مختصات جغرافیایی و بالعکس تبدیل نمود. تبدیل عارضه ها به یکدیگر نیاز به نوشتن فرمت kml هر عارضه می باشد و با تغییر دادن دستور مربوط به هر عارضه می توان لایه ها را به آسانی به هم

<sup>4</sup> - فرمت برنامه MapSource که توانایی مدیریت فایل های GPS را دارد.

<sup>2</sup> - UTM wgs84 or Lat\Lon wgs84

<sup>3</sup> - Google Earth Pro 5

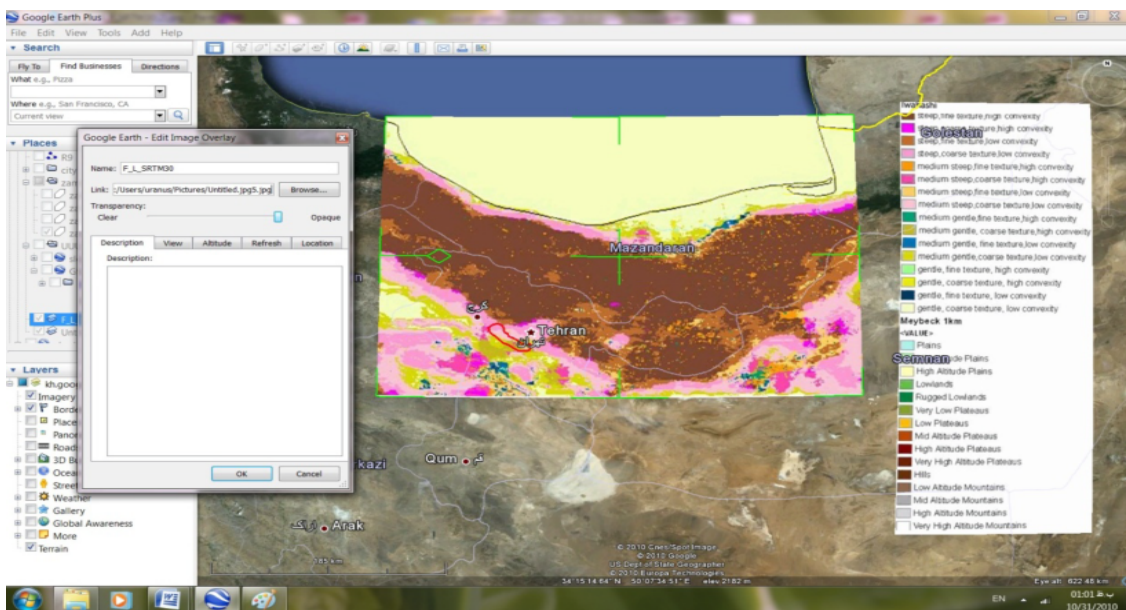
تبدیل نمود. با توجه به شکل ۳-۳ و پیوست (۱) دستور KML لایه پلی گونی را مشاهده می نماید. در این فرمت با تغییر دادن دستور polygon و نوشتن linstring این لایه به لایه خطی تبدیل می شود و برای تبدیل لایه خطی بایستی عکس این کار انجام شود، همچنین با تکرار مجدد مختصات جغرافیایی اولین نود در قسمت مربوط به مختصات جغرافیایی به راحتی می توان لایه خطی را به پلی گون تبدیل نمود.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.2">
<Placemark>
  <name>Polygon</name>
  <Polygon>
    <tessellate>1</tessellate>
    <outerBoundaryIs>
      <LinearRing>
        <coordinates>
          51.40519309027172,35.68469967334039,0
          51.40450055874664,35.67599387973222,0
          51.41813063918599,35.67544347573647,0
          51.41808057935813,35.68430975963753,0
          51.40519309027172,35.68469967334039,0 </coordinates>
        </LinearRing>
      </outerBoundaryIs>
    </Polygon>
  </Placemark>
</kml>
```

شکل ۳-۳- فرمت KML لایه پلی گونی

### ۳-۲-۲- زمین مرجع کردن لایه های رستری و وکتوری

زمین مرجع نمودن<sup>۱</sup> مرحله مهمی برای آنالیز داده ها و نقشه ها بشمار می آید، صحت مکانی اطلاعات استخراج شده (لایه نقطه ای، خطی و پلی گونی) از یک نقشه ژئورفرنس شده، بستگی به دقت نظر پروژه و کاربر دارد. فرآیند توجیه کردن نقشه اسکن شده به مختصات واقعی را زمین مرجع گویند. این کار مانند پهن کردن خمیر نان روی سطح "سبد" است. شاطر پس از این که خمیر را روی سطح "سبد" پهن کرد، گوشه های خمیر را گرفته و به سمت چهار گوشه صفحه "سبد" می کشاند. با این کار خمیر را نسبت به مختصات صفحه "سبد" توجیه می کند. در فرآیند زمین مرجع کردن، همانند مثال ذکر شده، گوشه های نقشه را کشیده و به نقطه مناسب منتقل می شود. در گوگل ارت روشهای مختلفی برای این کار استفاده می شود که برای این کار برای ژئورفرنس کردن لندفرم منطقه از یکی این روش ها استفاده می نمایم (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- زمین مرجع نمودن توسط گوگل ارت

<sup>1</sup> GeoReferencing



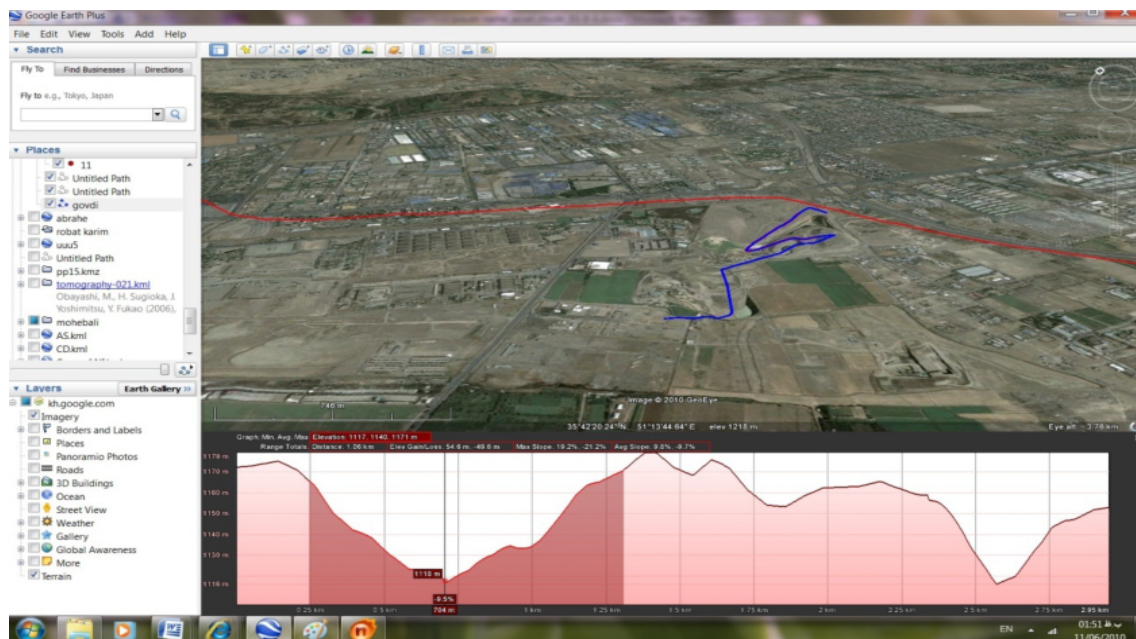
### ۳-۲-۶-۳- بررسی شیب منطقه و رسم پروفیل طولی حوضه

توپوگرافی و تغییرات شیب یک پارامتر مهم برای تشکیل خاک است. یکی از ابزار های مهم برای بررسی تغییرات شیب گوگل ارت می باشد و با استفاده از پروفیل طولی که در این سیستم وجود دارد می توان به راحتی تغییرات سطح ناهمواری ها را مشخص نمود، و پروفیل طولی آبراه یک حوضه همچنین شیب و تحدب و تعقر آن را بررسی نمود.

با توجه به شکل ۳-۵ در سیستم گوگل ارت می توان تغییرات شیب و ناهمواریها را بررسی نمود. البته می توان موقعیت شیب و همچنین تحدب و تعقر شیب را بررسی نمود

### ۳-۲-۶-۴- تعیین موقعیت، جابجایی و تعیین حریم

با کمک ابزار های موجود در گوگل ارت می توان موقعیت نقطه یا پلی گون مورد نظر را با مختصات متریک و جغرافیایی مشخص نمود و سپس آنالیز های لازم را در موقعیت مشخص شده انجام داد. تعیین و تعریف حریم یکی از امکاناتی است که اغلب برنامه های GIS توانایی اجرای



شکل ۳-۵- رسم پروفیل طولی در گوگل ارت

آن را دارند. با کمک گوگل ارت نسخه GE-Pu5 می توانید برای اهداف مختلف محدوده و حریم نسبت به یک نقطه خاص را ترسیم و در این خصوص مدیریت لازم را اعمال نمایید. تعیین حریم مراکز آلاینده یا کارخانجات آلایندهای عناصر سنگین، حفر چاه های جدید، یا تعیین حریم احداث مرغداری و سالن های دامداری از جمله مواردی است که با گوگل ارت قابل اجراست. با توجه به شکل (۳-۶) حریم هر مرغداری در گوگل ارت نشان داده شده است. و با توجه به جدول (۳-۲) حریم مجاز برای احداث مرغ داری نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- حریم مجاز برای مرغداری ها

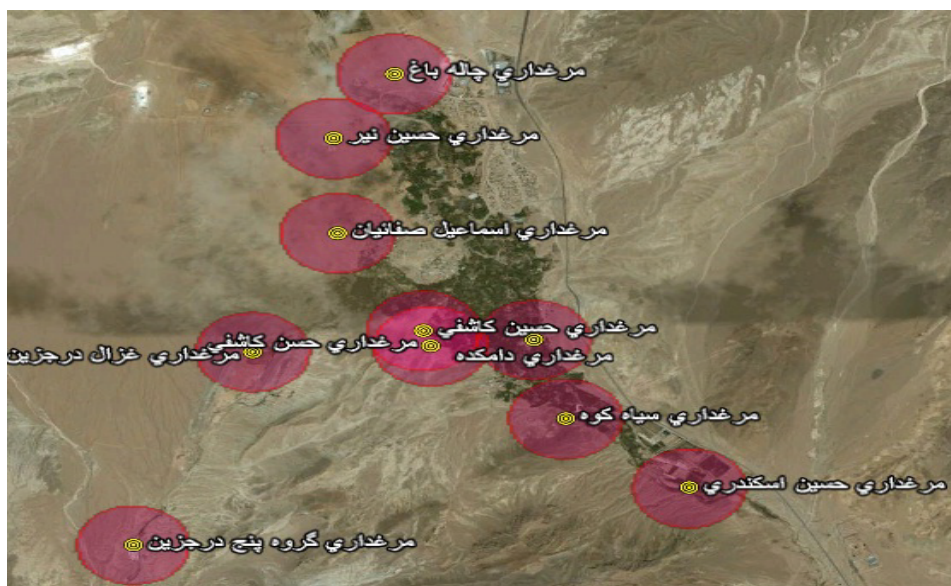
نام	Lat	Long	حریم مجاز
مرغداری تعاون روستایی	35.66 5	53.32 5	۴۰۰ متر

در زمینه کاربرد های خاک شناسی تعیین حریم برای حفر پروفیل های خاک نام برد. با استفاده از این سیستم و تفسیر بصری و تهیه پلی گون های فرضی می توان برای هر محدودی حریم قائل شد از این طریق می توانیم از هر پلی گون به طور تصادفی یک پروفیل تهیه نموده و با این کار جلو هزینه های اضافی را بگیریم.

## ۳-۶-۳- بررسی و انتشار نقشه های خاک در گوگل ارت

نقشه های خاکشناسی با توجه به این که دارای تنوع می باشند و در زمین های رده بندی، ارزیابی اراضی، فرسایش و حفاظت، پراکندگی آلودگی و ... می باشد با توجه به این همه اطلاعات ورودی و ترکیب و تلفیق این نقشه ها با یکدیگر نیاز به گوگل ارت روز به روز نمایان تر می شود. در ادامه به بعضی از کار های انجام شده در این زمینه ها که در دنیا انجام شده است را ارائه می

دهیم:



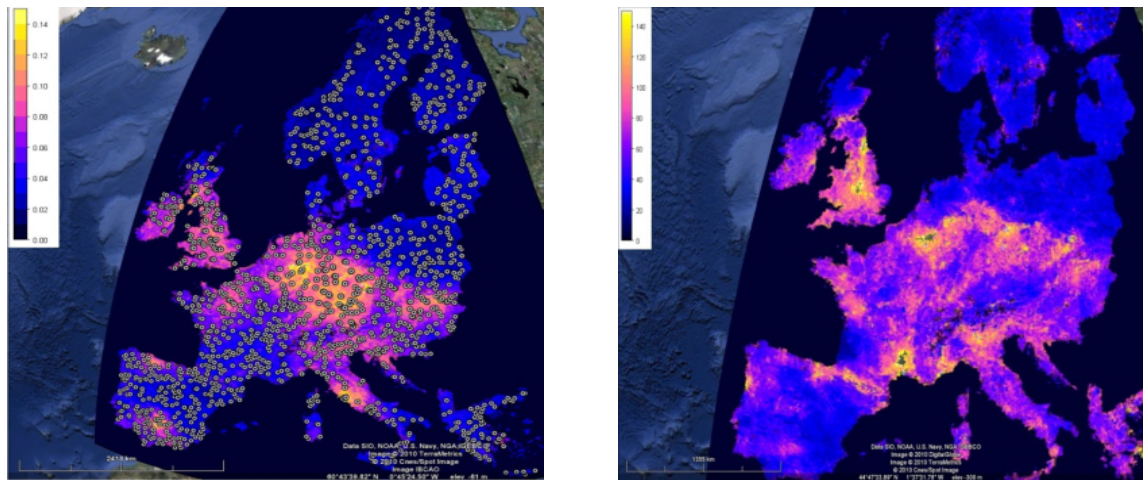
شکل ۳-۶- تعیین حریم مرغداری ها در گوگل ارت

## ۳-۶-۳-۱- پهنه بندی نقشه آلودگی در اروپا

پراکنش آلاینده های اصلی در خاک را می توان در گوگل ارت به آسانی نمایش و انتشار داد در تحقیقات انجام شده نتایج مدل توزیع هشت عنصر سنگین (آرسنیک، کادمیم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب و روی) از ۱۵۸۸ نمونه خاک سطحی با روش رگرسیون-کریجینگ بدست آمده و این نقشه ها در گوگل ارت نمایش داده شده است. با کمک گوگل ارت و تصاویر شب ماهواره لندست

مکان های نمونه برداری را مشخص نموداند، همچنین بعد از انجام مطالعه در مناطقی که داده از

آن منطقه موجود نبود را شناسایی نموداند (Luis Rodriguez Lado et al., 2008).



شکل ۳-۷- پراکندهی آلودگی عناصر سنگین در اروپا (Hg, Zn)

### ۳-۶-۲- نمایش و ارزیابی فرسایش خاک

در سیستم گوگل ارت تصاویری از ماهواره MODIS قرار داده شده که در ارتباط با فرسایش خاک و همچنین طوفانهای گردو قبار است با توجه به این تصاویر به راحتی می توان مراحل مختلف فرسایش بادی (جدا شدن، انتقال و ته نشین و رسوب) را مشاهده و بررسی نمود همچنین میزان غلظت ذرات و همچنین جهت جابجای و مکان جدا شدن ذرات خاک ها را مطالعه نمود.



شکل ۳-۸- نمایش فرسایش بادی در اطراف دریاچه هیرمند

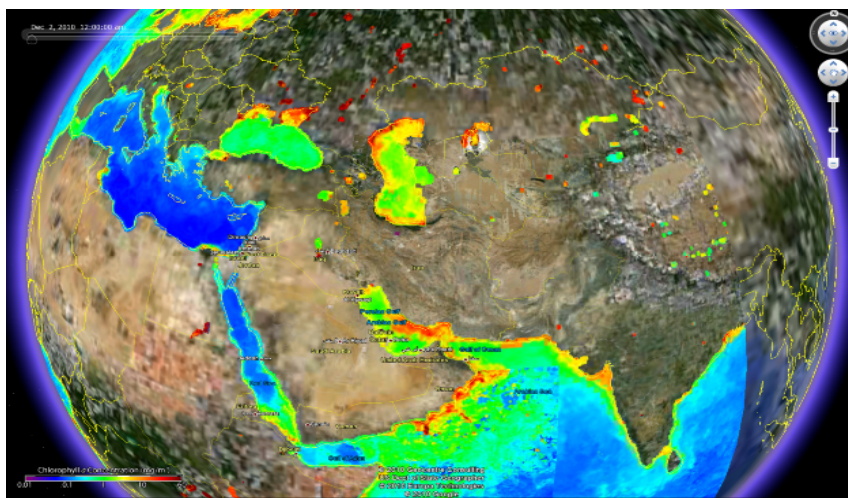


### ۳-۶-۳- پراکنش غلظت کلروفیل در سطح دریا ها

با توجه به شکل ۸-۳ پراکنش و انتشار غلظت کلروفیل در سطح دریاها را نشان می دهد. در واقع گیاهانی که در سطح آب شناورند بخصوص فیتوپلانکتونها که جزء اولین بخش های زنجیره غذایی محسوب می شوند جزء این گیاهان می باشند. دانشمندان توانستن با استفاده از تصاویر ماهواره ای غلظت فیتوپلانکتونها را زمانی که فیتوپلانکتونها در غلظت های زیاد رشد می کنند، تخمین زده اند.



شکل ۳-۹- نمایش فرسایش خاک در قاره استرالیا



شکل ۳-۱۰- پراکنش غلظت کلروفیل در سطح آب ها

---

## ۴- فصل چهارم:

# مشخصات منطقه مطالعاتی

---

#### ۴-۱- وضعیت جغرافیایی

اراضی مورد مطالعه در منطقه غرب و جنوب غرب تهران (شهریار غار غربی)، به وسعت ۲۸۱ کیلومتر مربع و بین عرض جغرافیایی ۳۵° ۳۲' ۲۹" ۵۵ تا ۳۵° ۴۵' ۵۱.۸۷ و طول جغرافیایی ۵۱° ۲۵' ۶" ۳۱ و ۵۱° ۳۱' ۴۳" ۵۴ واقع شده است. قسمتی از شهر (علیشاه عوض)، شهرک قدس (قلعه حسن خان) و رباط کریم (شاد شهر) در محدوده این مطالعات واقع شده اند. اتوبان تهران-کرج، راه آهن تهران-تبریز، جاده های مخصوص و قدیم تهران-کرج، راه آهن تهران-خرمشهر، جاده تهران-ساوه، اتوبان کمربندی تهران، جاده قدیم و اتوبان تهران-قم، جاده های و شهریار-تهران از مهمترین راه های ارتباطی منطقه هستند.

ارتفاع آن از سطح دریا در بلندترین نقطه ۱۶۲۵ متر و در پایین ترین نقطه ۱۰۱۱ متر می

باشد.



شکل ۴-۱- نمای کلی از منطقه در گوگل ارت

## ۴-۲- اقلیم منطقه

برخی از مشخصه های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک مهرآباد در دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰ به شرح ذیل می باشد:

میانگین بارندگی سالانه ۲۳۸/۹ میلی متر می باشد و سالهای ۱۳۷۴-۷۵ و ۱۳۷۵-۷۶ به ترتیب با بارندگی ۳۵۳/۶ و ۹۲/۹ میلی متر، مرطوب ترین و خشک ترین سالها می باشد. از مجموع بارندگی سالانه، مقدار ۱۷۶/۰ میلی متر ( ۷۳/۷ درصد ) در نیمه اول سال زراعی ( پائیز و زمستان ) و میزان ۵۷/۹ میلی متر ( ۲۴/۲ درصد ) در سه ماهه سوم ( بهار ) و بقیه ۵/۰ میلی متر ( ۲/۱ درصد ) نیز در فصل تابستان توزیع می گردد. بیشترین رکورد بارندگی ماهانه مهرآباد ۱۱۹/۴ میلی متر در اسفندماه ثبت شده است.

حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب ۱۰/۰- و ۴۲/۶ درجه و میانگین سالیانه نیز ۱۷/۷ درجه سانتیگراد می باشد. ماه تیر با میانگین ۳۶/۴ درجه سانتیگراد و بهمن با ۰/۷ درجه سانتیگراد به ترتیب گرمترین و سردترین ماه سال محسوب می شوند. میانگین تعداد روزهای یخبندان با آستانه های صفر و ۴- به ترتیب ۵۰ و ۱۲ روز می باشد.

میانگین سالیانه رطوبت نسبی ۴۱ درصد و میانگین حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۵۶ و ۲۸ درصد می باشد. جمع تبخیر سالیانه از تشت کلاس A بالغ بر ۲۵۰۰ میلیمتر می باشد. ماه های دی و تیر به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار تبخیر را دارا هستند. میانگین ساعات آفتابی سالیانه در طی دوره آماری برابر با ۳۰۲۵ ساعت به ثبت رسیده است. باد غالب در مهر آباد که بر مبنای سه نوبت دیدبانی (صبح، ظهر و عصر) محاسبه گردیده است، در جهت غربی بوده و متوسط آن ۵/۵ متر بر ثانیه می باشد. بیشترین سرعت باد در مهر آباد، ۲۵ متر بر ثانیه از سمت شمال غرب و میانگین سرعت باد ۲/۶ متر بر ثانیه به ثبت رسیده است.



با توجه به داده های اقلیمی این ایستگاه منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای نسبتاً خشک است و میزان تبخیر بسیار بالا باشد. طبق آمار سالهای ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰ (برای ایستگاه مهرآباد)، و بر طبق نقشه بیوکلیماتیک منطقه مدیترانه تهیه شده توسط فائو یونسکو آب و هوای منطقه جزء آب و هوای نیمه خشک بیابانی (Attenuated Sub-Desertic Climate) قرار می گیرد.

#### ۳-۴- وضعیت زمین شناسی منطقه

تشکیلات زمین شناسی منطقه به دو دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

- ۱- سنگهای آتشفشانی که شامل آندزیت هائی به رنگ قهوه ای است و ارتفاعات مسیر شاهراه تهران-قم و غرب شهریار را تشکیل می دهند. این آندزیتها به طور عمده از پلاژیوکلاز (آندزین) و آمفیبول تشکیل شده است که به واسطه تجزیه اکسیدهای آهن سطح سنگ ها رنگ قهوه ای تا سیاه براق بخود گرفته است.
- ۲- تشکیلات رسوبی که بخش عمده زمین های این منطقه را شامل می شوند، اینها تشکیلات آبرفتی هستند که سرچشمه عمده آنها تشکیلات کرج<sup>۱</sup> بوده و بر روی رسوبات میوسن فوقانی رسوب کرده اند.

<sup>۱</sup> Karadj formation

#### ۴-۴- ژئومورفولوژی

اراضی مطالعه شده منطقه جنوب غرب تهران به ۳ قسمت اصلی تقسیم می شوند :

۱- پای شیب و تپه های کوچک، بیشترین ارتفاع منطقه به این قسمت مربوط می شود و شامل سنگ های آتشفشانی و مواد زمین رفتی<sup>۱</sup> می باشد به خصوص آندزیت و توف های سبز که مربوط به سازند کرج می باشند.

۲- قسمت های میانی که در زیر ارتفاعات جنوبی سلسله جبال البرز و تا حدود ۱۰-۱۵ کیلومتری آن قرار گرفته و تحت عنوان واحد فیزیوگرافی مخروط افکنه های آبرفتی سنگریزه دار<sup>۲</sup> نامگذاری شده است. شیب آن در شمال اتوبان تهران-کرج دارای شیب کمتری می باشد. مقدار زیادی سنگریزه در این واحد دیده می شود که به طرف جنوب از مقدار آن کاسته می شود.

۳- قسمت هایی که بلافاصله پس از واحد فوق شروع می شود و تا جنوب و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه ادامه می یابد، تحت عنوان واحد فیزیوگرافی دشت آبرفتی دامنه ای<sup>۳</sup> مرسوم است. این اراضی دارای شیب ملایم و معمولاً بدون سنگریزه هستند. رودخانه های کن، کرج و شاه چای از شمال به جنوب امتداد داشته پس از عبور از دو واحد فیزیوگرافی مذکور و اراضی پست و شور جنوبی در خارج از منطقه ما به دریاچه حوض سلطان می ریزند.

<sup>۱</sup> Colluvium

<sup>۲</sup> Gravelly Alluvial Fans

<sup>۳</sup> Piedmont Alluvial Plain

## ۴-۵- مشخصات خاک منطقه

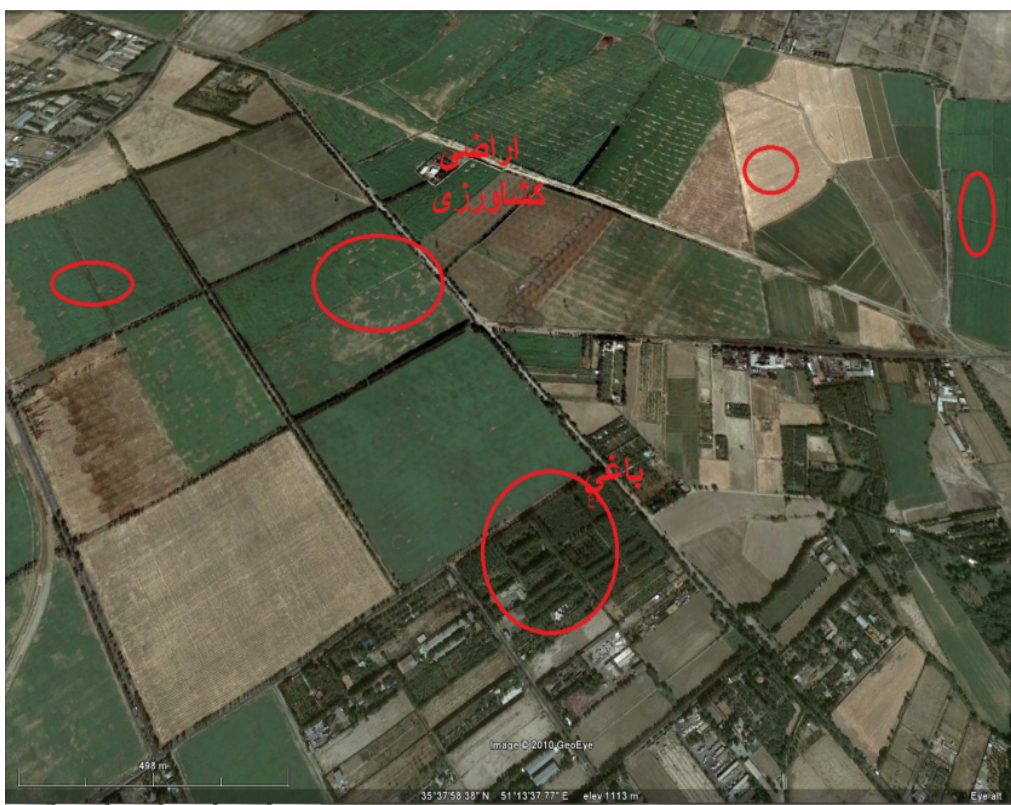
خاک از نقطه نظرهای مختلف و با توجه به کاربرد آن، به صورت های مختلف تعریف گردیده است. در ارتباط با مسائل خاکشناسی و کشاورزی می توان آنرا چنین تعریف نمود:

خاک یک سیستم سه بعدی بوده و دارای خصوصیتی است که نشان دهنده اثر اقلیم، پوشش (گیاهی، جانوران و انسان)، توپوگرافی، مواد مادری است که در طی زمان های متفاوت روی یکدیگر اثر گذاشته و در نهایت خاک را تشکیل داده اند. اهمیت نسبی هر یک از این ۵ فاکتور خاک ساز بسته به زمان و مکان متفاوت می باشد. پوشش خاکی جهان یک پدیده پیوسته است و اجزاء تشکیل دهنده آن به صورت توالی های زمانی و مکانی می باشد. در اوایل خاک مجموعه ای است از اجسام طبیعی مرکب از مواد آلی و معدنی که در سطح زمین تشکیل گردیده و دارای خصوصیتی است که در نتیجه ی تأثیرات متقابل آب و هوا، موجودات زنده و پستی و بلندی بر روی مواد مادری و در طول زمان حاصل گردیده که ضمن نگاهداری گیاهان به عنوان تکیه گاه مکانیکی، تأمین کننده آب و مواد غذایی برای آنان می باشد.

بطوریکه از تعریف خاک بر می آید پنج عامل اصلی در تشکیل خاک دخالت دارند و هیچگونه ترتیب خاصی از عوامل فوق در یک نظم کلی و بر اساس اهمیت امکان پذیر نیست، چون این عوامل دقیقاً به هم مربوط می شوند و اهمیت نسبی آن نیز همیشه یکسان نیست. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، خاک منطقه در قسمت های شمالی توسعه پروفیلی کمی دارد و در قسمت های جنوبی تر عمق پروفیل زیاد و توسعه پروفیلی نیز زیاد می باشد.

## ۴-۶- پوشش گیاهی

مهمترین محصول این منطقه گندم و جو می باشد. کشت آفتابگردان، یونجه، شبدر، چغندر قند و ذرت نیز معمول است. سبزی کاری و صیفی کاری نیز در منطقه رایج است و قسمت نسبتاً مهمی از اراضی را به کشت این محصولات اختصاص داده اند. مقدار زیادی باغات و اشجار میوه نیز وجود دارد که در بین اشجار میوه درخت انگور در درجه اول اهمیت می باشد. سیب، زردآلو، گیلاس، گلابی، آلو، هلو، شلیل به میزان کمتری به عمل می آیند. انجیر، بادام، گردو و انار از اهمیت کمتری برخوردارند.



شکل ۴-۲- پوشش گیاهی منطقه در گوگل ارت

---

## ۵- فصل پنجم:

### مواد و روش ها

---

داده های کمکی مورد نیاز در واقع داده ها و نقشه های هستند که برای شناسایی و تشخیص درست فاکتور های که در مدل اسکورپین استفاده می شوند، می باشند. در پهنه بندی رقومی خاک تعداد محدودی از مشاهدات خاک می توانند استفاده شوند. این مشاهدات مربوط به اطلاعات کمکی<sup>۱</sup> به نمایندگی فاکتور هایی مهم تشکیل خاک می باشند: مدل رقومی ارتفاع برای نشان دادن توپوگرافی، تصاویر ماهواره ای به نمایندگی پوشش سطحی و اقلیم، نقشه زمین شناسی به نمایندگی مواد مادری و زمان می باشند.

در این فصل درباره منابع و داده های مورد نیاز برای تهیه نقشه رقومی خاک بحث می شود:

#### ۵-۱- اطلاعات و داده های موجود

مواد مورد نیاز برای این مطالعه عبارتند از

##### ۵-۱-۱- تصاویر ماهواره ای

- از تصویر ماهواره لندست سال ۲۰۰۹ و ۲۰۰۱ در تهیه نقشه مواد مادری و پوشش استفاده گردید.

##### ۵-۱-۲- نقشه ها

- نقشه توپوگرافی را از DEM ASTR 30 متر استخراج شده و در تهیه نقشه شیب و بدست آوردن اطلاعات از گوگل ارت استفاده شد؛

- نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ از سازمان زمین شناسی تهیه شد و در تهیه نقشه مواد مادری استفاده گردید؛

<sup>۱</sup> Auxiliary information

- نقشه خاک شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ از وزارت جهاد کشاورزی تهیه شد و در تهیه نقشه مواد مادری و پوشش استفاده گردید؛
- نقشه استفاده اراضی ۱/۲۵۰۰۰۰ از وزارت جهاد کشاورزی تهیه شد و در تهیه نقشه مواد مادری، پوشش و زمان استفاده گردید؛
- نقشه جاده ها و آبراه ها از گوگل ارت و سازمان GIS شهرداری تهران استخراج شد.

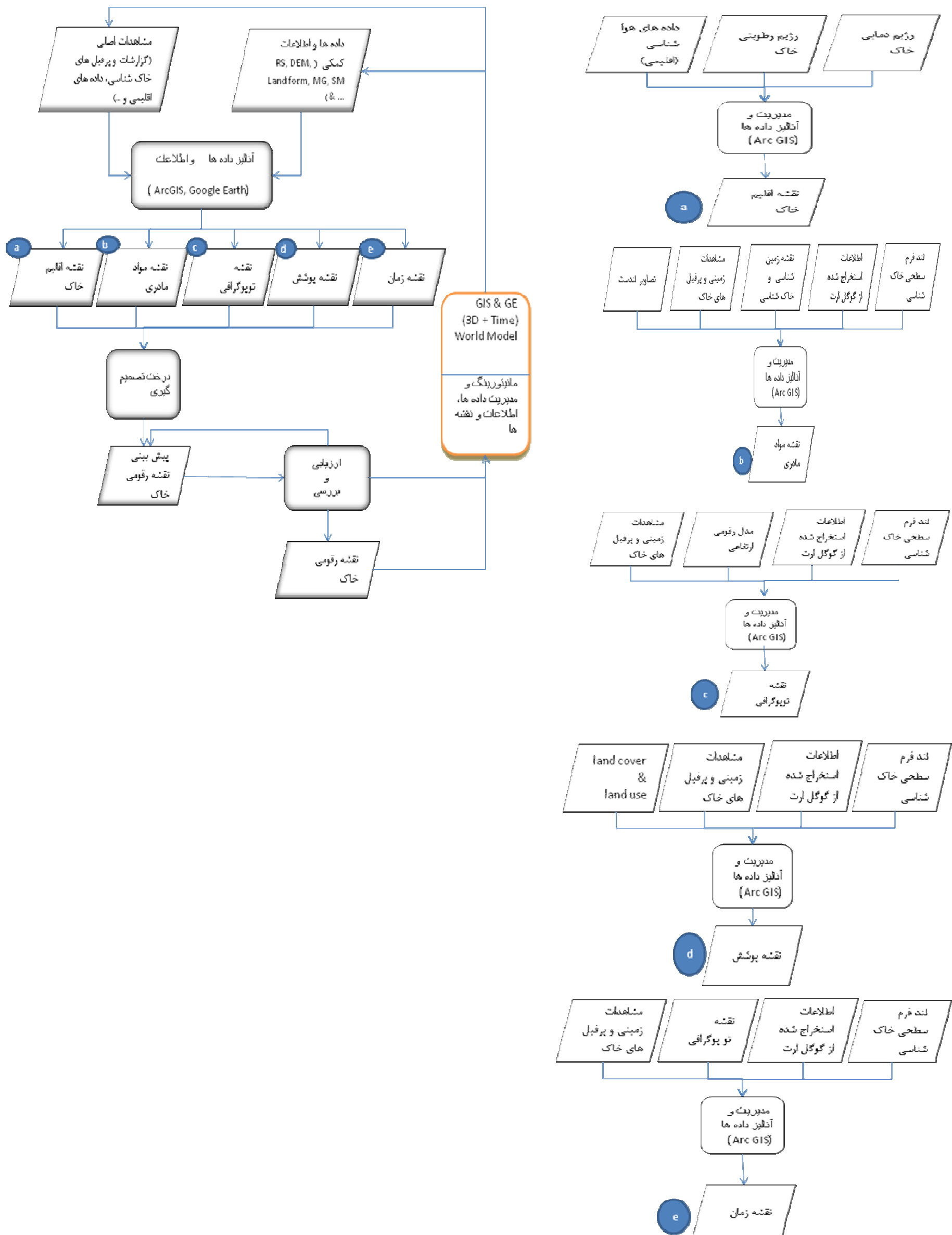
#### ۵-۱-۳- داده ها

- داده های اقلیمی و هواشناسی استفاده شده در این تحقیق از شناسه اقلیمی ایستگاه سینوپتیک مهرآباد، میانگین سالهای ۱۳۸۰-۱۳۵۰ استفاده گردید.  
<http://www.irimo.ir/farsi/drought/shenasnamehEghlimi.asp>
- داده های مربوط به خاک از ۱۴ پروفیل حفر شده در منطقه که توسط سازمان آب و خاک در سال ۱۳۶۸ بدست آمد؛
- بازدید زمینی و اطلاعات بدست آمده از پیمایش خاک های منطقه؛
- داده های استخراج شده از گوگل ارت که به کمک این سیستم و ابزارهای موجود در این سیستم (رسم پروفیل طولی، تهیه پلی گون و ...) بدست آمد.

#### ۵-۱-۴- نرم افزار

نرم افزارهای استفاده شده در این تحقیق عبارتند از:

- ArcGIS
- Ilwis
- Google earth
- Arc global
- Skatchaup



شکل ۵-۱- فلو چارت کلی روش تحقیق



## ۵-۲- روش تحقیق

برای تهیه پهنه بندی رقومی خاک روشهای متداولی وجود دارد که با توجه به منطقه و اطلاعات موجود از آن منطقه بایستی مناسبترین روش انتخاب شود.

## ۵-۲-۱- جمع آوری داده ها

جمع آوری داده ها با بازدید زمینی از منطقه و داده های پروفیل خاکی که از قبل آماده و از منطقه تهیه شده بود، بدست آمد. همچنین با استفاده از گوگل ارت منطقه مورد نظر کاملا بررسی و از نظر بصری تفسیر شد. با استفاده از تصاویر ماهوارای نیز منطقه را بررسی نموده و شاخص ها که مد نظر بود را استخراج نمودیم.

## ۵-۲-۲- بررسی داده ها

با استفاده از کلید تاکسونومی به روش قدیمی (ارزیابی خاک USDA) و سیستم طبقه بندی خاک و سیستم هماهنگی خاک (WRB<sup>1</sup>) کلاسبندی خاک منطقه انجام شده است.

## الف) اقلیم خاک منطقه

مهمترین پارامترهایی که برای تعیین اقلیم خاک یک منطقه استفاده می شود، رژیم رطوبتی خاک و همچنین رژیم دمایی خاک آن ناحیه است. رژیم رطوبتی خاک در سطح راسته و رده خاک استفاده می شود در حالی که رژیم دمایی خاک در سطح خانواده بکار برده می شود.

برای مشخص نمودن رژیم رطوبتی خاک یک قسمتی از پروفیل خاک بنام بخش کنترل رطوبتی خاک مطرح می شود. هدف از تعریف مقطع کنترل رطوبتی ساده کردن برآورد رژیم رطوبتی خاک از روی داده های اقلیمی است. مرزهای مقطع کنترل رطوبتی با عمق ریشه بسیاری

<sup>1</sup> World Reference Base

از گیاهان مطابقت دارد. مقطع کنترل رطوبتی خاک از زیر سطح خاک به طور تقریبی به صورت زیر است (Soil Survey Staff, 1999):

- اگر بافت fine loamy, coarse silty, fine silty or clay باشد مقطع کنترل رطوبتی ۱۰-۳۰ سانتیمتر است
- بافت coarse lomy باشد مقطع کنترل رطوبتی ۲۰-۶۰ سانتیمتر
- اگر بافت sandy باشد مقطع ۳۰-۹۰ سانتیمتر می باشد.

با توجه به داده ها و اطلاعات موجود و در محاسبه نرم افزاری رژیم رطوبتی خاک بر اساس سیستم نیوهال در منطقه تهران چنین نتیجه گیری شده است که در طول دوره بعد از اعتدال زمستانی<sup>۱</sup> هنگامی که درجه حرارت خاک بیش از ۸ درجه سانتی گراد است، بیش از ۴۵ روز متوالی مرطوب می باشد، در حالی که در طول دوره بعد از اعتدال تابستانی<sup>۲</sup> هنگامی که درجه حرارت خاک بیش از ۸ درجه سانتی گراد است، بیش از ۴۵ روز متوالی خشک است. با توجه به ارقام فوق الذکر و همینطور روز های متناوب در طول سال که به طور کلی خاک مرطوب یا خشک است و بر اساس تعاریف موجود و داده ها، رژیم رطوبتی خاک در منطقه تهران اردیک می باشد.

رژیم رطوبتی اردیک دارای رژیم رطوبتی خشک می باشند (Arius واژه لاتین و به معنای خشک می باشد torric هم برای همین رژیم رطوبتی بکار می رود و معنی آن خشک و گرم است). در این رژیم رطوبتی بخش کنترل رطوبتی خاک در سالهای متعارف به صورت زیر است:

الف) برای مدتی بیش از نصف روز ها تجمعی در سال هنگامی که دمای خاک در ۵۰ سانتیمتر از سطح بیش از ۵ درجه سیلسیوس است خشک می باشد.

<sup>1</sup> Winter solstice

<sup>2</sup> Summer solstice

ب) برای مدتی کمتر از ۹۰ روز متوالی هنگامی که دمای خاک در عمق ۵۰ سانتیمتر بیش از ۸ است در بخشی یا همه قسمتها کنترل رطوبتی مرطوب باشد. بارندگی در اغلب ماهها و بویژه در ماههای تابستان بسیار کم است، در عوض مقدار تعرق و تبخیر پتانسیل (PE) در فصل تابستان خیلی بالا می باشد. در نتیجه مقدار ذخیره رطوبتی بسیار کم است که آن هم در اواخر تابستان یا اوایل بهار به سرعت مصرف گردیده و گیاه به مدت طولانی در دوران رشد با عدم وجود رطوبت در خاک مواجه می گردد. البته بسیاری از گیاهان بومی این مناطق می توانند بدون خسارت فراوان، خشکی های خیلی بالا را تحمل کنند. مصرف اصلی این گونه اراضی مرتع می باشد و در صورت کشاورزی حتما باید با آبیاری توام باشد. در این رژیم رطوبتی، آبشویی وجود ندارد یا خیلی کم است. و در صورتی که در مواد مادری این خاک ها املاح محلول وجود داشته باشد، در افق های خاک تجمع می یابند.

برای تعیین رژیم دمایی خاک، بخش کنترلی برای دمای خاک در یک عمق ۵۰ سانتیمتری از سطح خاک یا مرز بالایی یک لایه محدود کننده، اگر بالای ۵۰ سانتی متر قرار گرفته باشد. چرا که میانگین سالانه دمای خاک نزدیک و مرتبط با میانگین سالانه هوا است (Soil Survey Staff, 1999). ارتباط بین دمای هوا با دما خاک به صورت معادله زیر است:

$$(\text{دمای هوا}) = 0.942383 + 2.14151 = \text{دمای خاک}$$

به منظور تخمین درجه حرارت خاک در عمق ۵۰ سانتی متر در منطقه تهران طبق فرمول بالا رژیم حرارتی این منطقه در محدوده ترمیک قرار می گیرد، هرچند به طور تجربی بدست آورده اند که اگر به متوسط دمای سالانه هوای تهران یک درجه سانتیگراد اضافه نماییم، متوسط دما در عمق ۵۰ سانتی متر را به ما می دهد، اگرچه این داده تقریبی است، اما باز هم یک دید کلی در باره منطقه مورد مطالعه به ما می دهد. در ضمن چون اختلاف متوسط درجه حرارت تابستان و

زمستان در منطقه مذکور بیش از ۵ درجه سانتی گراد است رژیم حرارتی خاک طبق تعریف برای این منطقه ترمیک<sup>۱</sup> خواهد بود.

#### (ب) داده های پروفیل

تعداد ۱۴ پروفیل از خاک منطقه تهیه شده که این پروفیل ها به طور نامنظم در سطح منطقه پراکنده شده اند. خاک های هر پروفیل به آزمایشگاه انتقال داده شده و آنالیز های لازم شامل بافت خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک، درصد اشباع، درصد ارگانیک کربن، میزان فسفر، پتاس، درصد آهک و گچ اندازه گیری شد.

تجزیه آزمایش گاهی نمونه خاک ها بر اساس روش های متداول در آزمایشگاههای موسسه تحقیقات خاک و آب به شرح زیر انجام پذیرفته است:

- درصد گل اشباع: ۱۰۰\*وزن خاک خشک / وزن آب جذب شده
- اسیدیته خاک: روش الکترومتری (pH متر)
- هدایت الکتریکی: با استفاده از دستگاه الکترو کانداکتیویمتر
- کربن آلی: روش سوزاندن تر
- بافت خاک: روش هیدرو متری
- کربنات کلسیم: روش تیتراسیون
- کلسیم و منیزیم: با روش EDTA
- سولفات: رسوب گیری با کلرور باریم
- فسفر قابل جذب: روش اولسون
- پتاسیم قابل جذب: روش فلم فتو متری به روش استات آمونیوم

<sup>1</sup> Thermic

## ج) تهیه نقشه لندفرم

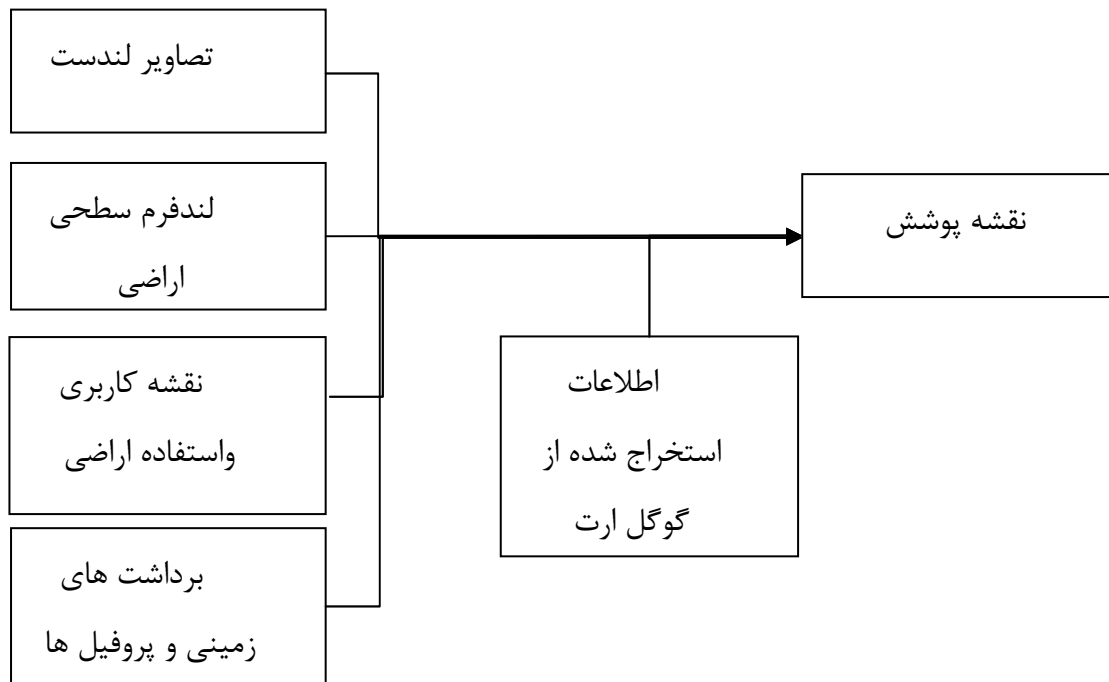
این نقشه با توجه به هدف پروژه به روش های مختلفی تهیه می شود که به صورت کلی از ترکیب نقشه های شیب، جهت و DEM منطقه که کلاسبندی شده (نقشه توپوگرافی) است همچنین نقشه پوشش گیاهی و واحد تیپ اراضی، عکس های هوایی یا تصاویر ماهواره های تهیه می گردد. در این تحقیق از لند فرم کلاسبندی شده توسط آواهاشی و پایک (۲۰۰۷) که با استفاده از الگوریتم خاصی تهیه نمودند، استفاده شده است که در آن سه پارامتر مهم گرادیان شیب، بافت سطحی و وضعیت تحدب و تعقر منطقه با استفاده از SRTM30 DEM (۳۰ متر) از اس آر تی ام) استخراج و ارائه داده اند. با استفاده از داده های استخراج شده از برداشت زمینی (پروفیل)، اطلاعات گوگل ارت و همچنین لندفرم خاک شناسی از DEM SRTM30 متر و ترکیب این لایه ها با یک دیگر در نرم افزار ArcGIS و سیستم گوگل ارت نقشه لندفرم منطقه مورد مطالعه بدست آمد. <http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/website/SRTMTerrain/viewer.htm>

## د) اطلاعات استخراج شده از گوگل ارت

گوگل ارت یک سیستم قوی برای نمایش و تبدیل عارضه ها (خطی، پلی گونی و ...) به یکدیگر می باشد. قابلیت سه بعدی کردن عارضه ها و پرواز بر روی این عارضه ها را دارا می باشد. با استفاده از گوگل ارت محدوده آبراهه ها را به آسانی شناسایی کرده، همچنین اراضی لخت، تپه ها، گودی و چاله ها، دشتهای (آبرفتی، رودخانه‌ای، دامنه ای)، همچنین پوشش سطحی را بررسی و آنالیز نموداریم. تغییر رنگ سطح خاک و تغییرات آنها را در طی یک دوره ۱۰ ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بررسی می شود. نقشه توپوگرافی منطقه را نیز در این سیستم می توانیم نشان دهیم و تغییرات شیب و تحدب و تعقر منطقه را با رسم پروفیل طولی در منطقه مشخص نموداریم.

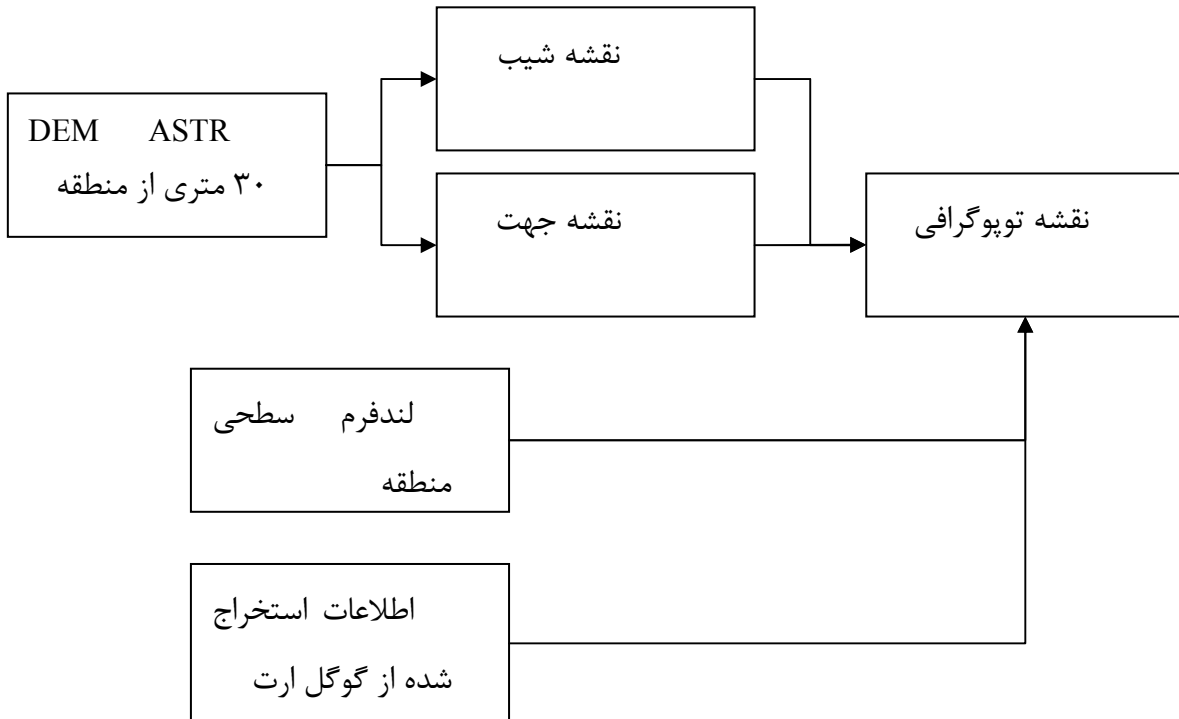
### ۵-۲-۳- آماده کردن نقشه ها لازم برای پیش بینی ویژگی های خاک منطقه

- نقشه اقلیم: داده های اقلیم از داده ها هواشناسی و اطلاعات موجود در منطقه مورد مطالعه بدست آمد. رژیم رطوبتی اردیک در این منطقه که یک رژیم معمول و رایج در ایران است، انتخاب شد.
- نقشه پوشش: این نقشه با توجه به پوشش بومی منطقه و با استفاده از تصاویر لندست شاخص پوشش گیاهی بدست آمد که اطلاعات بدست آمده با اطلاعات استخراج شده از گوگل ارت مقایسه و در نتیجه نقشه پوشش بدست آمد.



شکل ۵-۲- تولید نقشه پوشش منطقه

- نقشه توپوگرافی: شیب و جهت شیب منطقه با استفاده از DEM ۳۰ متری  
 ASTR تهیه و کلاسبندی شد. همچنین با استفاده از خطوط ترازوی که در  
 گوگل ارت و Global Mapper تهیه شد، نقشه توپوگرافی منطقه بدست آمد.

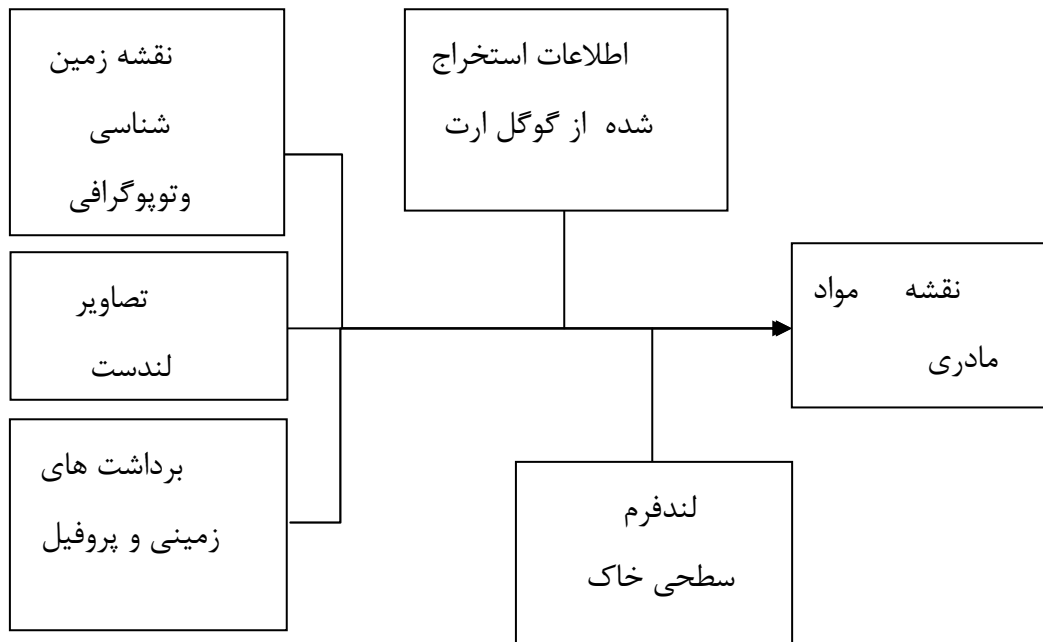


شکل ۵-۳- تهیه نقشه شیب

- نقشه مواد مادری: این نقشه به کمک برداشت های زمینی و پروفیل های خاک موجود از منطقه و ترکیب بررسی داده ها با نقشه لندفرم سطحی خاک، نقشه زمین شناسی، خاک شناسی و استفاده اراضی در نرم افزار Arc GIS نقشه مواد مادری منطقه بدست آمد. همچنین از ترکیب باند های ۲، ۵ و ۷ تصاویر لندست و با استفاده از دو شاخص برای تشخیص وجود آهک و گچ در چند سانتی متری سطح خاک استفاده شد.

$$\text{میزان کربنات کلسیم} = (B_5 + B_2) / (B_5 - B_2)$$

$$\text{میزان گچ} = (B_5 + B_7) / (B_5 - B_7)$$



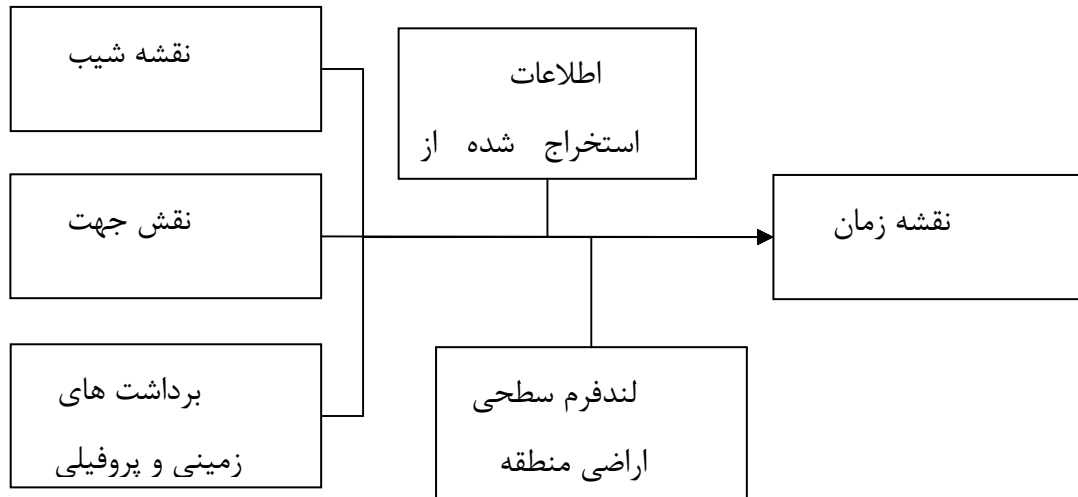
شکل ۵-۴- نمودار برای تهیه نقشه مواد مادری

- نقشه زمان: این نقشه باتوجه به نقشه شیب منطقه و مواد مادری همچنین

سطح پوشش و لندفرم منطقه و باتوجه به برداشت های زمینی و اطلاعات

استخراج شده از گوگل ارت تهیه شد.





شکل ۵-۵- پارامترها لازم برای تهیه نقشه زمان

#### ۵-۲-۴- نقشه ژئوپدولوژی به کمک درخت تصمیم گیری

با استفاده از معادله جنی و ترکیب آن با درخت تصمیم گیری داده ها و لایه های استخراج شده از نرم افزار ArcGIS و همچنین داشتن دانش پایه درباره علوم خاک، تفسیر می شوند.

$$S = f(cl, o, r, p, t, \dots)$$

$$\text{iff}(\dots), \text{ then } (\dots), \text{ else } (\dots)$$

نقشه خاکی که با روش درخت تصمیم گیری بدست می آید را می توان به عنوان یک نقشه پایه و اساسی دانست و در دیگر زمینه ها استفاده و دقت و صحت آن را بررسی نمود. صحت و دقت نقشه های خاک شناسی را می توان با گوگل ارت بررسی نمود و همچنین این نقشه ها را در این سیستم نمایش و به سرعت برای استفاده کاربران انتشار داد.

---

## ۶- فصل ششم:

### نتایج و بحث

---

این فصل شامل دو بخش که بخش اول شامل وارد نمودن داده ها و اطلاعات به نرم افزار ArcGIS واستخراج لایه های مناسب از این نرم افزار و نرم افزار های جانبی ( ILWIS, Global Mapper, Google Skatchaup ... ) و همچنین با کمک سیستم گوگل ارت برای پیش بینی نقشه خاک استفاده می شود. بخش دوم شامل: لایه های بدست آمده، داده ها و اطلاعات موجود به بررسی این نتایج می پردازیم و داده ها و اطلاعات را با یک دیگر تلفیق کرده و آنالیز می نماییم و دقت و صحت آن ها را نیز ارزیابی کرده و پراکنش نقشه رقومی خاک بدست آمده از این لایه ها را در سیستم گوگل ارت نمایش می دهیم و کارایی این سیستم را در ارزیابی اطلاعات و بررسی صحت آنها بحث می شود، همچنین تغییرات سطحی داده های علوم خاک را با این سیستم بررسی می شود.

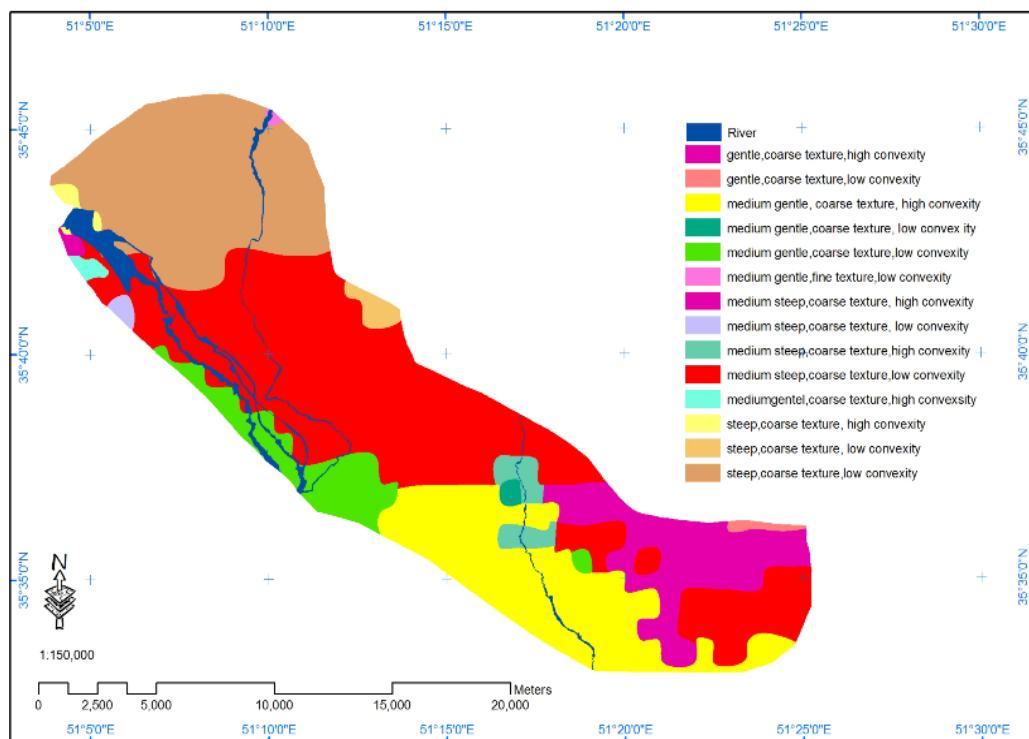
#### ۱-۶- نقشه لندفرم سطحی خاک منطقه

با توجه به لندفرم تهیه شده از ترکیب SRTM30 DEM و واحد های اراضی و پلی گون های که از گوگل ارت استخراج شد. نقشه لند فرم منطقه بدست آمد. در این نقشه لند فرم سه پارامتر مهم گرادیان شیب، بافت سطحی و وضعیت تحدب و تعقر منطقه اندازه گیری شده که در تهیه نقشه خاک به کمک مدل اسکورپن کمک زیادی می کند بدین دلی که موقعیت مکانی خاک منطقه را به خوبی شناسایی و مورد ارزیابی قرار می دهد. در شکل ۱-۶ لندفرم استخراج شده از SRTM30 DEM نشان داده شده است.

#### ۲-۶- نقشه DEM منطقه

در این تحقیق از DEM ۳۰ متر ماهواره استر استفاده شد، البته DEM گوگل ارت نیز مورد بررسی قرار گرفت که در واقع همان DEM SRTM است ولی از دقت پایین تری نسبت به DEM

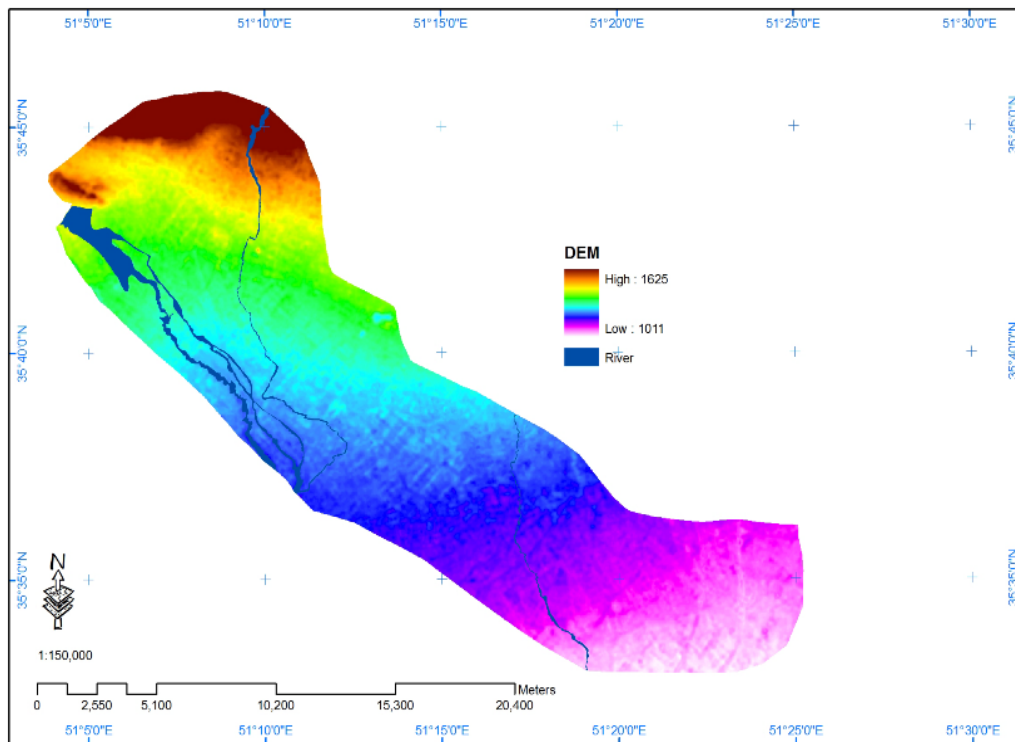
استر دارد چون اندازه پیکسل آن ۹۰ متر است و بیشتر برای مناطق بزرگ و کارهای اجمالی از آن می توان استفاده نمود. با استفاده از الگوریتمی که هنگل و همکاران (۲۰۰۳) می توان DEM که از نقشه توپوگرافی تولید می شود را بهبود بخشید مثلا از نقشه ۱/۲۵۰۰۰ DEM ۱۰ متر تولید نمودند که این را می توان به ۵ متر تبدیل نمود. با توجه به DEM SRTM30 و سیستم گوگل ارت دامنه ارتفاعی منطقه شامل حداقل ارتفاع ۱۰۱۱ و حداکثر ارتفاع ۱۶۲۵ و مساحت منطقه ۲۸۱ کیلومتر مربع می باشد (شکل ۶-۲). به کمک این DEM کلاس شیب و جهت منطقه بدست آمد.



شکل ۶-۱- لندفرم استخراج شده از شاتل SRTM

۶-۳- نقشه تهیه شده از گوگل ارت

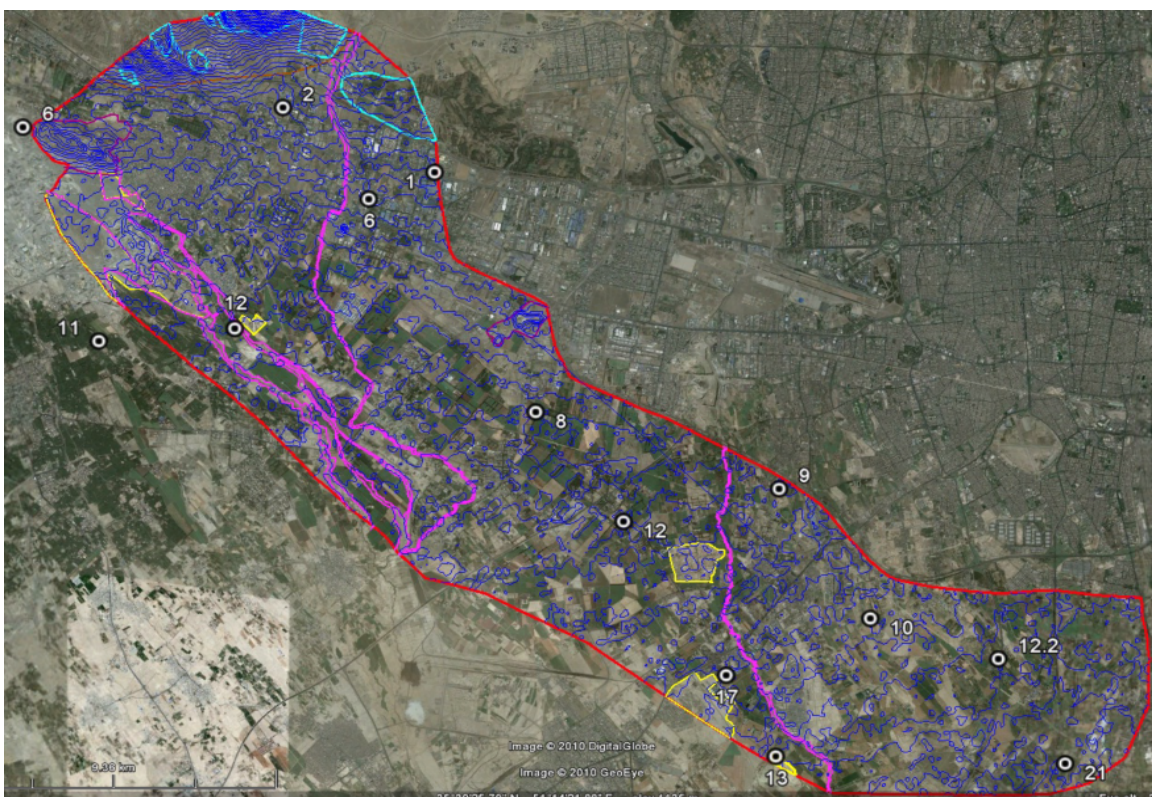
به کمک این سیستم می توان خاک سطحی منطقه را با توجه به اینکه اطلاعات ۷ سال اخیر را موجود دارد، بهتر بررسی نمود. به طور مثال با وارد نمودن خطوط کنتوری که از DEM منطقه بدست آمد و با استفاده از نرم افزار ArcGlobal وارد این سیستم می شود، که با توجه به این خطوط و دیگر لایه های کمکی و با استفاده از پرفیل طولی که این سیستم ارائه داده است، شیب منطقه به آسانی مورد تفسیر بصری قرار گرفت و در استخراج دیگر نقشه ها (نقشه های ورودی برای پهنه بندی رقومی خاک منطقه) استفاده شد. همانطور که در شکل ۶-۳- نشان داده شده است، بعضی عارضه ها مانند آبراه، خطوط تراز منطقه و ... آورده شده است.



شکل ۶-۲- نقشه DEM منطقه

#### ۴-۶- اطلاعات و لایه های مورد نیاز برای پیش بینی نقشه رقومی خاک

با استفاده از معادله جنی (۱۹۴۱) و مدل اسکورپن اطلاعات لازم برای تهیه نقشه رقومی خاک استخراج و دسته بندی شدند. این معادل شامل ۵ فاکتور (c, l, o, r, p & t) می باشد، که شامل اقلیم، مواد مادری، زمان، توپوگرافی، پوشش گیاهی می شود. با توجه به اقلیم منطقه و اهمیت عوامل خاک ساز برای ناحیه مورد مطالعه اهمیت هر فاکتور شناسایی و طبقه بندی شده اند. سوالی که در این بخش مطرح است این است که چگونه با توجه به این فاکتورها می توان خاک این منطقه را پیش بینی و مورد ارزیابی قرار داد؟ برای رسیدن به این هدف (پهنه بندی رقومی خاک) از لایه های مختلف در GIS، شناختن معادله جنی و همچنین با کمک سیستم گول ارت و استخراج دیگر داده ها از این سیستم، لایه های ضروری و مورد نیاز (اقلیم، مواد مادری، زمان، توپوگرافی، پوشش گیاهی) استخراج شدند که به صورت ذیل می باشد:



شکل ۴-۶- بررسی تغییرات سطحی خاک منطقه با استفاده از گوگل ارت

## ۶-۴-۱- تهیه نمودن نقشه اقلیم خاک

برای نقشه اقلیم، رژیم رطوبتی خاک برای این شاخص مورد استفاده قرار گرفت. کلاس های رژیم رطوبتی بر پایه سطح آب زیر زمینی و همچنین بر پایه حضور یا نبود فصلی آب نگه داری شده در مکش کمتر از ۱۵۰۰ KPa (نقطه پژمردگی) در مقطع کنترل رطوبتی خاک<sup>۱</sup> تعریف می شود. رژیم رطوبتی یک خاک یک ویژگی مهم از یک خاک است که به خوبی فرآیند های که می تواند در یک خاک رخ دهد را مشخص می کند. رژیم رطوبتی خاک تنها ویژگی برای مطالعه اقلیم منطقه است (Soil Survey Staff, 1999). با توجه به داده ها و اطلاعات موجود و در محاسبه نرم افزاری رژیم رطوبتی خاک بر اساس سیستم نیوهال در منطقه تهران چنین نتیجه گیری شده است که در طول دوره بعد از اعتدال زمستانی<sup>۲</sup> هنگامی که درجه حرارت خاک بیش از ۸ درجه سانتی گراد است، بیش از ۴۵ روز متوالی مرطوب می باشد، در حالی که در طول دوره بعد از اعتدال تابستانی<sup>۳</sup> هنگامی که درجه حرارت خاک بیش از ۸ درجه سانتی گراد است، بیش از ۴۵ روز متوالی خشک است. با توجه به ارقام فوق الذکر و همینطور روز های متناوب در طول سال که به طور کلی خاک مرطوب یا خشک است و بر اساس تعاریف موجود و داده ها، رژیم رطوبتی خاک در منطقه تهران اردیک می باشد.

## ۶-۴-۲- تهیه کردن نقشه مواد مادری منطقه

ترکیب شیمیایی و بافت سنگ مادری در مراحل اولیه هوا دیدگی اهمیت دارند، اما با استمرار افزایش هوا دیدگی از اهمیت آنها کاسته می شود. تحت شرایط دگرسانی شدید در شرایط مرطوب، مثل شرایط تشکیل خاک های پدزولیک و لاتریتی، تأثیر عامل سنگ مادری نسبتاً کوتاه

---

1 Soil Moisture Control Section

2 Winter solstice

3 Summer solstice

مدت است، بر عکس در خاک های منطقه ای خشک، تأثیر این عامل تقریباً بطور مشخصی غلبه دارد.

ثابت شده است که خاک های دارای کانی رسی کائولی نیت، و خاک های حاوی اسمکتیت هر دو می توانند تحت شرایط مختلف آب و هوایی، توپوگرافی و زمان از یک سنگ مادر یکسان به وجود بیایند. همچنین مشخص شده است که یک نوع خاک با یک ترکیب معین کانی رسی می تواند پس از یک دوره ی طولانی از سنگ هایی که ترکیب شیمیایی و بافت آنها بطور وسیعی متفاوت است تشکیل شود. این نقشه از ترکیب نقشه ای زمین شناسی نقشه شیب و جهت نقشه کاربری و ترکیب این لایه ها با داده ها اطلاعات جمع آوری شده از پروفیل ها و برداشت های زمینی بدست آمد. با توجه به داده ها و نقشه ها ۴ نوع مواد مادری بدست آمد که در جدول ۶-۱ نشان داده شده است.

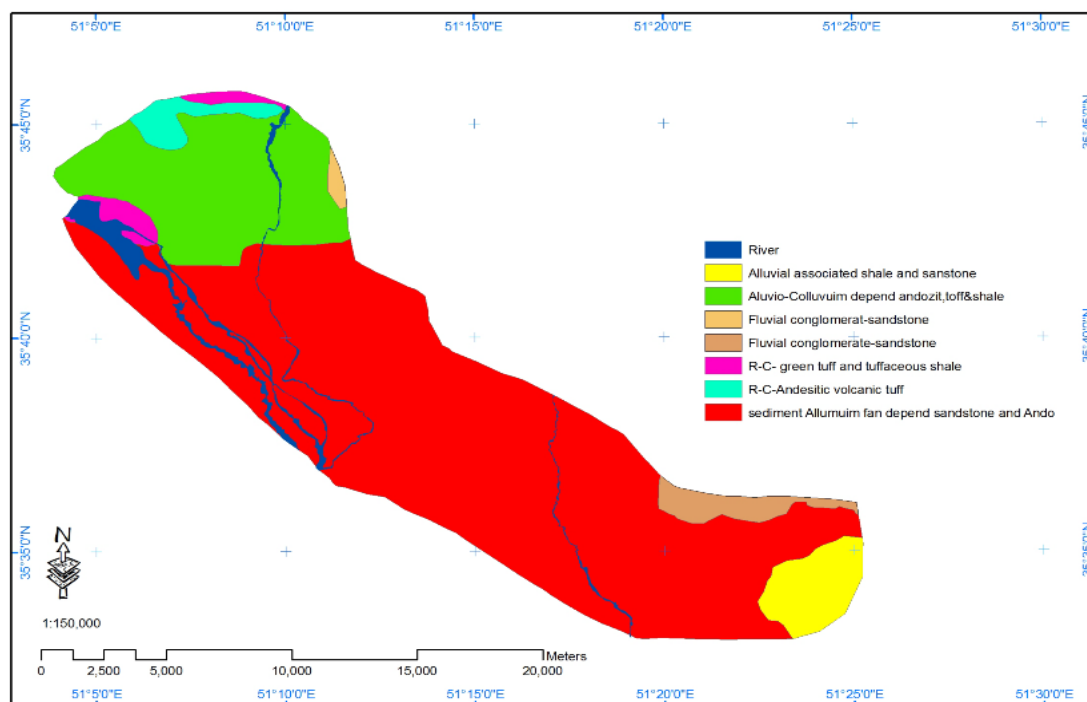
مواد مادری خاک های منطقه به طور عمده توفهای سبز البرز (تشکیلات کرج) و آندزیت ها در شمال و شمال غرب و آبرفت های پلیو-پلئیسوسن (آبرفت های سری A، B، C) در تمام منطقه تشکیل شده است که سنگ ها و آبرفت های فوق تحت تأثیر عوامل آب و هوایی، هوا دیدگی حاصل نموده، تجزیه و تخریب می یابند، و توسط آب با نیروی ثقل منتقل شده و سپس تحت تأثیر عوامل مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار گرفته و خاک های منطقه را به وجود آورده است. خاک های حاصله بسته به سرعت انتقال و شیب به تدریج بر جا گذاشته شده که نتیجه ی آن تشکیل خاک هایی با بافت سبک و خیلی سبک و سنگریزه دار در مجاورت ارتفاعات و مخروط افکنه ها و خاک هایی با بافت سنگین و خیلی سنگین در انتهای دشت دامنه ای و بالأخره خاک هایی با بافت متوسط در حد فاصل این دو است. خاک های که در ناحیه شرقی و نزدیک شهر ری وجود دارند در واقع رسوبات آبرفتی هستند که از رود خانه جاجرود و رود خانه کرج منشا گرفته و بیشتر شامل شیل و ماسه سنگ می باشند (شکل ۶-۴).



جدول ۶-۱- مواد مادری منطقه مورد مطالعه

مساحت		مواد مادری
هکتار	درصد	
۵۶۲/۳۷	۲	خاکها درجا و زمین رفتی تشکیل شده از آندزیت ها
۶۶۳/۶	۲/۴	خاکهای درجا و زمین رفتی تشکیل شده از توف سبز کرج و شیل
۱۹۷۶۰/۶	۷۰/۲	رسوبات آبرفتی وابسته به ماسه سنگ (Alluvial fan)
۱۲۲۴/۹۶	۴/۴	رسوبات آبرفتی وابسته به شیل و ماسه سنگ
۵۰۹۲/۴۱	۱۸/۱	خاک آبرفتی و زمین رفتی وابسته به توف، شیل و آندزیت
۸۰۹/۱۲	۲/۹	خاک های آبرفتی وابسته به کنگلومرا و ماسه سنگ
۲۸۱۳۷/۵۵	۱۰۰	مجموع

با توجه به جدول ۶-۱ خاک های منطقه مورد مطالعه بیشتر از نوع رسوبات آبرفتی بوده و به دوره کواترنری بر می گردد، همچنین در شمال نیز وجود خاک های درجا و زمین رفتی وابسته به آندزیت، توف و شیل نیز دیده می شود.



شکل ۶-۴- نقشه مواد مادری

## ۶-۴-۳- تهیه کردن نقشه زمان

زمان یک فاکتور وابسته به دیگر فاکتور هاست . زمان می تواند بهتر برای دوره های از مرحله توسعه یا بلوغ خاک مطرح شود (Van Reeuwijk, 1997). مطالعه مرفولوژی خاک یک راه شناسایی توسعه و بلوغ خاک می باشد.

چون فرآیند های هوا دیدگی نسبتاً کند هستند، زمان یک عامل مهم در تکامل مواد حاصل از هوا دیدگی است. در مراحل اولیه هوادیدگی بعضی از سنگ ها، ممکن است در منطقه هوا دیده عناصر قلیایی و قلیایی خاکی داشته باشند، و در نتیجه یک نوع معینی از مواد حاصل از هوا دیدگی تشکیل می شود. پس از گذشت یک زمان طولانی، عناصر قلیایی و قلیایی خاکی ممکن است توسط عمل شستشو از محیط خارج شوند و انواع مختلف مواد حاصل از هوا دیدگی تشکیل شوند. در نتیجه مواد حاصل از هوادیدگی یک نوع معینی از مواد مادری ممکن است در مراحل اولیه و مراحل بعدی هوادیدگی کاملاً با هم متفاوت باشند. بطور کلی عامل زمان هنگامیکه هوادیدگی عموماً شدت متوسط دارد، و زمانی که سنگ مادری ترکیب شیمیایی مناسب برای به وجود آوردن مواد مختلف از هوادیدگی را داراست از عوامل مهم می باشد. یکی از عوامل خیلی مهم در تشکیل و تکامل خاک ها عامل زمان است، بطوریکه در صورت فراهم بودن تمامی شرایط مناسب، تکامل خاک تابعی از زمان می گردد.

خاک های موجود در منطقه از نظر تأثیر عامل زمان به دو گروه تقسیم می گردند.

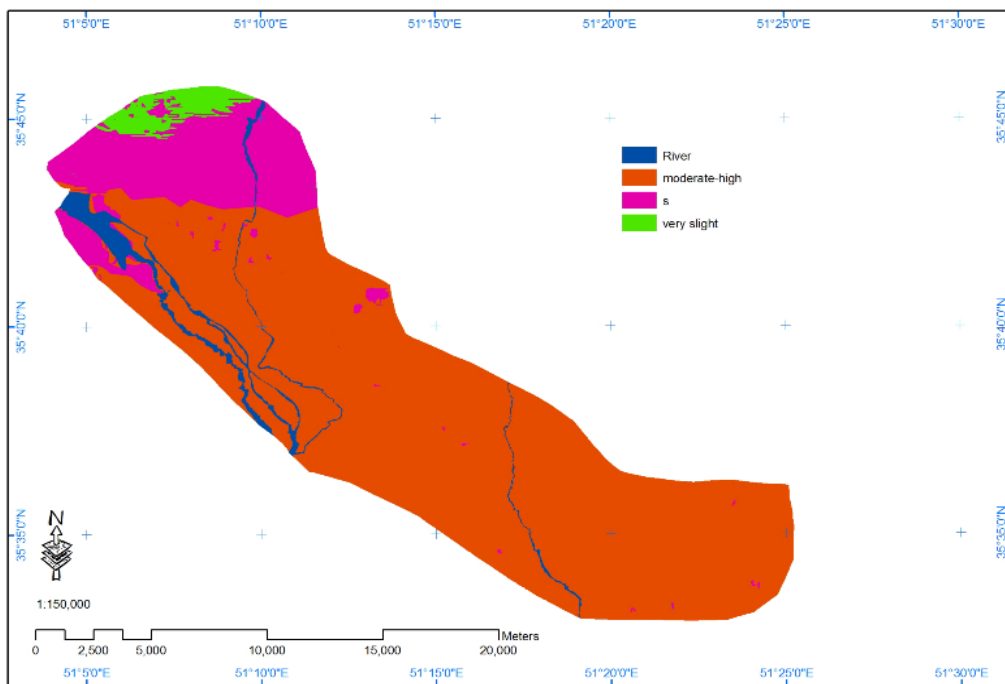
اول خاک های جوان که زمان کافی جهت تکامل آنها وجود نداشته است و به جز طبقه سطحی اکریک (Ochric Epipedon) فاقد هر نوع افق مشخصه زیری می باشند. این خاک ها در رده انتی سول (Entisols) طبقه بندی گردیده و عمدتاً در پای شیب و مخروط افکنه های آبرفتی سنگریزه دار و بطور محدود در بعضی از مناطق شمال دشت آبرفتی دامنه ای تشکیل شده اند.

دوم خاک هایی که با داشتن بافت مناسب، عدم فرسایش کلی، رطوبت نسبتاً کافی و سپری شدن زمان لازم نسبتاً تکامل یافته و نتیجه آن تشکیل افق های مشخصه ی زیری اعم از کلسیک، و کمبیک است. این خاک ها در رده ی اریدسول طبقه بندی و در دشت آبرفتی دامنه ای تشکیل شده اند با توجه به نقشه ها و مطالعات زمینی رشد خاک (زمان) در این مطالعه مربوط به سیمای اراضی نحوه استفاده از اراضی و نوع مواد مادری منطقه می باشد.

با توجه به جدول ۲-۶ توسعه پروفیل خاک در منطقه به مواد مادری وابسته است تا دیگر فاکتور های خاک ساز. آندزیت ها سنگ های آذرین مافیک هستند و زمان زیادی برای توسعه پروفیل نیاز دارند اما ماسه سنگ ها و شیل ها چنانچه دیگر فاکتورها محدود کننده نباشند توسعه و رشد پروفیل و فرآیند های خاک ساز به سرعت انجام می شود.

جدول ۶-۲- بررسی توسعه پروفیلی خاک با توجه به مواد مادری

سیمای اراضی	موقعیت - توپوگرافی	مواد مادری	رده خاک	قدمت خاک
دامنه کوه و تپه	پاشنه شیب	آندزیت	انتی سول	جدید
		شیل و توف سبز	انتی سول	جدید
		کنگومرا و ماسه سنگ	انتی سول	جدید
رسوبات آبرفتی (آلویال فن)	پنجه شیب (مواد تهنشین شده)	آبرفت های پلیو- پلیستوسن	اریدی سول	قدیم
		ماسه سنگ و شیل	اریدی سول	قدیم
		خاک های آبرفتی وابسته به کنگومرا و ماسه سنگ	اریدی سول	قدیم



شکل ۶-۵- نقشه زمان (توسعه پرفیلی خاک)

#### ۶-۴-۴- تهیه نقشه توپوگرافی منطقه

عامل توپوگرافی با کنترلی که بر حرکت عمودی آب زیرزمینی دارد، بر فرایند شستشو<sup>۱</sup> نیز تأثیر می گذارد. به این ترتیب در مناطق پست و مسطح<sup>۲</sup> دارای حرکت ناچیز آب در خاک ها شستشوی کمی وجود خواهد داشت. عامل توپوگرافی همچنین بر میزان فرسایش سطحی خاک، و مقدار انتقال مواد حاصل از هوا دیدگی و محلی که در آن مواد مادری فرسایش نیافته در فعالترین منطقه هوا دیدگی در سطح زمین ظاهر شده اند مؤثر است. موقعیت شیب منطقه مورد مطالعه شامل پاشنه<sup>۳</sup> شیب و پنجه شیب<sup>۴</sup> است که پاشنه شیب قسمت مقعری از شیب است که در پایین دست قرار می گیرد و به پای شیب معروف است و پنجه شیب جایی که در آن مواد یا ذرات خاک ته نشین می شوند. کلاسه های شیب منطقه بدست آمده از مدل رقومی ارتفاع عبارتند از

<sup>1</sup> Leaching  
<sup>2</sup> Low Lands  
<sup>3</sup> Foot slope  
<sup>4</sup> Toe slope

۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۵، ۲۵-۵۰ و  $>50$  درصد که شامل پنج کلاس شیب برای این مطالعه می باشد.

جدول ۶-۳- کلاس بندی شیب منطقه

مساحت		شیب		
هکتار	درصد	توضیح شیب	طبقه بندی شیب	کلاس
۲۲۷۴۷/۴	۸۰/۸۴	شیب ملایم	۰-۵	۱
۴۱۸۵/۴۴	۱۴/۸۷	نسبتا شیبدار	۵-۱۰	۲
۱۰۲۶/۹۶	۳/۶۴	شیب متوسط	۱۰-۲۵	۳
۱۶۸/۱	۰/۶	شیبدار	۲۵-۵۰	۴
۹/۶۵	۰/۰۳۴	خیلی شیبدار	$50 <$	۵
۲۸۱۳۷/۵۵	۱۰۰	مجموع		

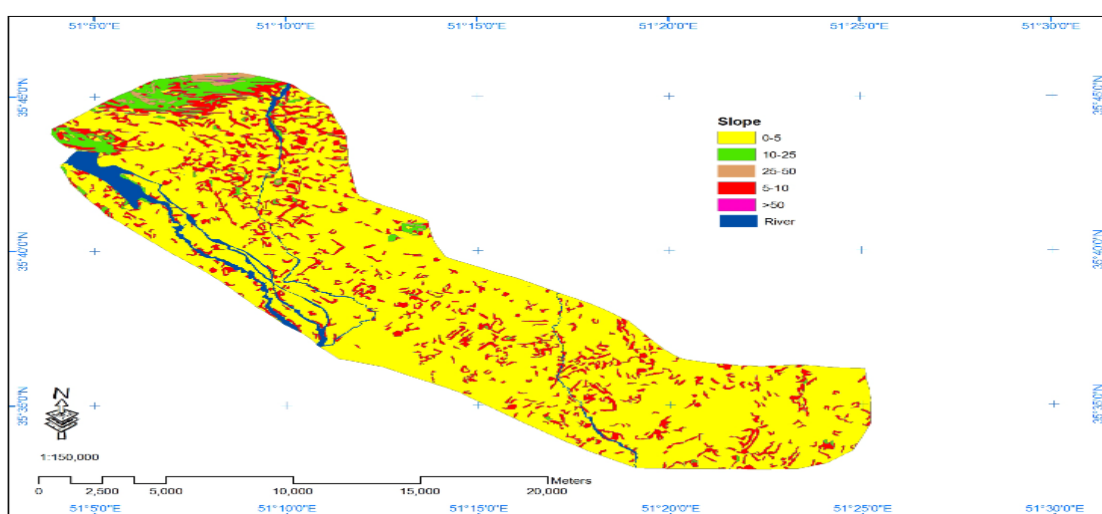
با توجه به جدول ۶-۳ منطقه مورد مطالعه نسبتا مسطح و شیب ۰-۵ درصد مهترین شیب منطقه را شامل می شود به دلیل این که بیشترین مساحت را به خود اختصاص می دهد. با توجه با کنتور لاین های که در سیستم گوگل ارت نشان داده می شود و همچنین پروفیل های طولی این حوضه، شیب بالای ۲۵ درصد هرچند مساحت کمی را شامل می شود اما به دلیل تغییر سیمای اراضی و همچنین متفاوت بودن در نوع مواد مادری اهمیت زیادی در فرایند تشکیل خاک در پایین دست دارند.

#### ۶-۴-۵- تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه

از عوامل مهم مبحث پوشش گیاهی، مقدار و نوع پوشش گیاهی، و مقدار و نوع مواد حاصل از تجزیه و فساد آنهاست. در مناطق خشک که در آنها پوشش گیاهی به سرعت اکسیده می شود فاقد اسید های آلی بوده، یا اسید های آلی ناچیزی تولید می شوند که می توانند در هوا دیدگی مواد شرکت نمایند. همچنین در مناطقی که دارای درختان بی خزان بیشتری نسبت به درختان

خزان دار می باشند تجمع ناچیزی از یک ورقه ی کوچک و مقدار ناچیزی مواد حاصل از تجزیه مواد آلی وجود خواهد داشت. تحت شرایط آب و هوای گرم و پوشش گیاهی پراکنده، محصولات حاصل از تجزیه گیاهی متفاوت اند و به نظر می رسد تأثیر کمتری بر روی مواد مادری دارند. به دلیل این که تمام خاک های منطقه دارای اسیدیته بیش از ۷ هستند می توان چنین نتیجه گیری کرد که فعالیت باکتری ها در منطقه به مراتب چشمگیرتر از قارچ ها است که به محیط اسیدی نیاز دارند.

به طور کلی تشخیص نوع پوشش گیاهی به خصوص گیاهان بومی منطقه زمانی که خاک تشکیل می شود خیلی سخت و دشوار است. نقشه پوشش در حال حاضر از طریق سیستم گوگل ارت، گزارش های موجود از منطقه، نقشه استفاده اراضی و کاربری اراضی بدست آمد. همچنین به کمک تصاویر لندست شاخص گیاهی تفاضلی نرمال NDVI را (باند های ۳ و ۴ ماهواره لندست) محاسبه شد و این تصویر را با اطلاعات نوع پوشش بدست آمده از گوگل ارت مقایسه نموده و مشخص شد که در مکان های که NDVI زیاد داریم نوع پوشش باغی داریم و با توجه به فصل تصویر برداری پوشش کشاورزی سپس چمنزار و مرتع ضعیف در رده های بعدی قرار گرفتند.

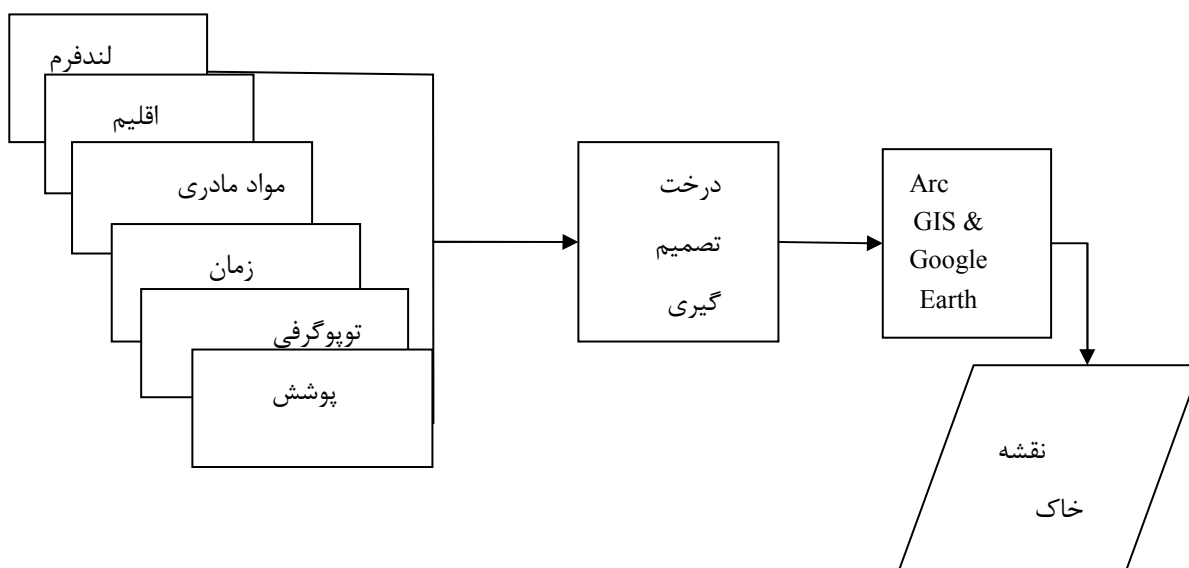


شکل ۶-۶- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

## ۵-۶- پیش بینی نقشه خاک

هر فاکتوری که از معادله جنی مشتق شده را با هم دگر ترکیب نموده و یک نقشه خاک با روش درخت تصمیم گیری در محیط GIS تولید می نمایم. این نقشه در سیستم گوگل ارت و نرم افزار اسکچاپ به صورت سه بعدی نمایش داده می شود و پراکنش طبقات خاک منطقه، همچنین تغییرات ویژگی های خاک منطقه را نشان می دهد. لایه های ورودی شامل نقشه اقلیم خاک، نقشه مواد مادری، نقشه زمان (توسعه خاک)، نقشه پوشش و نقشه توپوگرافی (لندفرم و شیب منطقه) می باشند.

در شکل ۶-۷ یک نمای کلی از تهیه نقشه رقومی خاک با استفاده از درخت تصمیم گیری نشان داده شده است.



شکل ۶-۷- مراحل تهیه نقشه رقومی خاک

### ۶-۵-۱- پهنه بندی خاک در اراضی کم شیب و مسطح

با استفاده از لند فرم منطقه و دیگر داده های کمکی و به همراه تصاویر ماهواره ای و استفاده از سیستم گول ارت می توان خاک این ناحیه را ارزیابی و طبقه بندی نمود، هرچند که این منطقه نسبت به مناطقی که در موقعیت های کوهستانی و شیبدار قرار دارد از تغییرات کمتری برخوردار است اما به دلیل این که اغلب شامل خاک های انتقال یافته (برجا) از دیگر مناطق هستند منشاء شناسایی آنها سخت است و پهنه بندی خاک این مناطق دشواری خاص خود را دارد.

### ۶-۵-۱-۱- سیمای اراضی منطقه مورد مطالعه

با توجه به این که این ناحیه نسبتاً هموار است اما به طور کلی شامل سه نوع واحد فیزیوگرافی است که شامل الف) کوه ها و تپه ها که در شمال واقع شده اند؛ ب) مخروط افکنه های آبرفتی سنگریزه دار؛ ج) دشت آبرفتی دامنه ای که در قسمت های میانی و جنوبی دیده می شود.

### ۶-۵-۱-۱-۱- کوه ها (پای شیب) و تپه ها شمالی

سازند این واحد بیشتر جز سنگهای آتشفشانی که شامل آندزیت های برنگ قهوه ای است. این آندزیت ها (جزء سنگهای بازی یا مافیک) به طور عمده از پلاژیو کلاز (کانی کلسیم دار) و آمفیبول (یک نوع کانی سیلکاته آهن و منیزیم دار و نوع معروف آن هرونبلاند) تشکیل شده اند چنانچه زهکشی خاک ها مناسب باشد کانی های که تشکیل می شوند بیشتر از نوع کانی کائولینیت و هالوسیت است و اگر زهکشی خاک ضعیف باشد کانی منت موریلونیت تشکیل می شود. همچنین شامل سازند کرج به همراه توف های سبز هستند.



## ۶-۵-۱-۱-۲- مخروط افکنه های آبرفتی سنگ ریزه دار

این واحد شامل سنگ های ته نشستی (رسوبی) می باشد. این سنگ ها داری بیش از ۵۰ درصد کربنات کلسیم و یا منیزیم و به همراه سیلت، رس و ذره های از کوارتز و آهن می باشد. بیشترین سنگ رسوبی این ناحیه ماسه سنگ است که منشأ آن کنگلومرای بختیاری است که متعلق به دوره پلیوسن می باشد. ماسه سنگ نوعی سنگ رسوبی است که بیش از ۵۰ درصد ذره های در اندازه شن دارند که اکثرا از کوارتز تشکیل شده اند، بقیه ناخالصی ها مانند فلدسپار و میکا و ماده سیمان کننده (سیلیس، آهن و کربنات) است.

بیشتر خاک های بدست آمده از این سنگ ها درشت بافت، اسیدی و ژرفند که وضعیت بافری و اندوخته غذایی پایین دارند.

## ۶-۵-۱-۱-۳- دشت آبرفتی دامنه ای

بخش اعظم منطقه مورد مطالعه جزء این واحد می باشد. این اراضی دارای شیب ملایم و معمولا بدون سنگریزه عمقی و سطحی خیلی ناچیز می باشند. این منطقه آلویال فنی است که از ته نشست مواد آورده شده توسط دو رود خانه تجن و کرج است و بیشتر بافت آن ریزتر شده و درصد رس آن ها زیاد تر از لایه های تهنشستی در بالادست می باشد.

## ۶-۵-۱-۲- دسته بندی خاک های منطقه باتوجه به پروفیل های موجود در منطقه

پروفیل های موجود به طور نامنظم در سطح منطقه پراکنده و در سه دسته طبقه بندی می

شوند:

#### ۶-۵-۱-۲-۱- پروفیل های با عمق کم و بافت درشت

این پروفیل ها که بیشتر در قسمت شمالی منطقه پراکنده شده عمق آنها کمتر از ۵۰ سانتی متر و اغلب شامل افق های A و C می باشند. بافت خاک از خیلی سبک تا سبک متفاوت می باشد.

#### ۶-۵-۱-۲-۲- پروفیل های با عمق متوسط و نسبتا سنگین

بیشتر در مناطق میانی ناحیه مورد مطالعه دیده می شوند و اغلب حداقل عمق ۱ متر را دارا هستند و شامل افق های A و B و C و به ندرت AP دیده می شوند.

#### ۶-۵-۱-۲-۳- پروفیل های نسبتا عمیق و بافتی سنگین

بیشتر در مناطق جنوبی و اطراف محدوده مورد مطالعه دیده می شوند. حداقل عمق پروفیل ۱/۵ متر است و در سطح پروفیل سنگریزه دیده نمی شود و دارای بافت رسی-سیلتی است همچنین در بعضی مناطق میزان آهک نسبتا بالا و افق Bca نیز دیده می شود.

#### ۶-۵-۲- پهنه بندی رقومی خاک منطقه

خاک های منطقه با توجه به درخت تصمیم گیری که در جدول ۶-۶ نشان داده شده در دو رده انتی سول و اریدی سول با توجه به رده بندی قدیمی آمریکا (USDA) قرار می گیرد و با توجه به رده بندی جدید WRB در سه گروه اصلی قرار می گیرند.

## ۶-۵-۲-۱- رده بندی خاک منطقه

## ۱- خاک تشکیل شده در پای شیب در منطقه خیلی شیب دار

مواد مادری درجا<sup>۱</sup> و زمین رفتی<sup>۲</sup> تشکیل شده از سنگ های آتشفشانی آندزیت دار و در کلاس شیب بیش از ۵۰ درصد و در جهت جنوب و جنوب شرقی و موقعیت دارای تحدب کم قرار می گیرند و پوشش سطحی مرتعی خیلی ضعیف و توسعه خاک خیلی کم و خاک جوان است. رنگ خاک قهوه ای روشن، ساختمان فشرده، بافت خیلی سبک و شنی و تقریبا قلیایی pH بالای ۷ این خاک در رده انتی سول و زیر راسته اورتنت قرار می گیرد. (Typic torric ortent)

## ۲- خاک تشکیل شده در پای شیب با ارتفاع متوسط

مواد مادری درجا و و زمین رفتی تشکیل شده آندزیت می باشد و در کلاس شیب ۲۵-۵۰ (شیبدار) قرار می گیرند. جهت شیب به سمت جنوب و تحدب زیاد، پوشش مرتع ضعیف و خاک جوان می باشد. ساختمان فشرده، رنگ خاک قهوه روشن، بافت خیلی سبک و شنی و تقریبا قلیایی pH بالای ۷ این خاک در رده انتی سول و زیر راسته اورتنت قرار می گیرد.

## ۳- خاک تشکیل شده در پای شیب با شیب زیاد

مواد مادری درجا و زمین رفتی تشکیل شده از توف و شیل و در کلاس شیب  $> ۵۰$  (شیبدار) قرار می گیرند. جهت شیب به سمت جنوب و تحدب متوسط، پوشش مرتع ضعیف و خاک جوان می باشد. رنگ خاک قهوه ای روشن بافت خیلی سبک و ساختمان فشرده، تقریبا قلیایی pH بالای ۷ و به صورت لایه ای است این خاک در رده انتی سول و زیر راسته فلونت قرار می گیرد.

<sup>1</sup> Residuum

<sup>2</sup> Colluvium

## ۴- خاک تشکیل شده در پای شیب با و شیب دار

مواد مادری خاکهای درجا وزمین رفتی تشکیل شده از توف سبز کرج و شیل و در کلاس شیب ۲۵-۵۰ (خیلی شیب) قرار می گیرند. جهت شیب به سمت جنوب و جنوب شرقی و تحدب متوسط، پوشش مرتع ضعیف و خاک جوان می باشد. خاک منطقه در لندفرم فلات با ارتفاع بلند قرار داد. ساختمان فشرده، رنگ خاک قهوه ای روشن بافت خیلی سبک و تقریبا قلیایی pH بالای ۷ و به صورت لایه است این خاک در رده انتی سول و زیر راسته فلونت قرار می گیرد.

## ۵- خاک تشکیل شده در پای شیب با شیب متوسط

خاکهای درجا وزمین رفتی تشکیل شده از توف سبز کرج و شیل، در کلاس ۲۵-۱۰ ف جهت شیب بیشتر به سمت جنوب و شرق است همچنین در لند فرم تپه قرار دارد. تحدب متوسط و پوشش خاک لخت و مرتعی ضعیف و توسعه پروفیلی کم است. رنگ خاک قهوه ای مایل به زرد بافت سبک و تقریبا قلیایی pH بالای ۷ و به صورت لایه است این خاک در رده انتی سول و زیر راسته اورتننت قرار می گیرد.

## ۶- خاک تشکیل شده در پای شیب و شیبدار

خاک آبرفتی و زمین رفتی وابسته به توف، شیل و آندزیت و در کلاس شیب ۲۵-۵۰ قرار می گیرند. جهت شیب بیشتر به سمت جنوب و تحدب متوسط و در لندفرم فلات با ارتفاع متوسط. ساختمان فشرده، بافت خاک سبک و تقریبا قلیایی pH بالای ۷ و به صورت لایه ای است و رنگ خاک قهوه ای تا قهوهی روشن است. این خاک در رده انتی سول و زیر راسته فلونت قرار می گیرد.

## ۷- خاک تشکیل شده در پای شیب با شیب متوسط

خاک آبرفتی و زمین رفتی وابسته به توف، شیل و آندزیت و شیب بین ۱۰-۵ درصد. جهت شیب تقریبا به سمت جنوب و جنب شرقی، تحدب شیب منطقه متوسط، لندفرم ناحیه در فلات با ارتفاع متوسط، پوشش اکثر کشاورزی، توسعه پروفیل خاک تقریبا زیاد و خاک قدیم محسوب می شود. رنگ خاک با توجه به پروفیل های موجود بافت خاک نسبتا سبک و همراه با سنگریزه سطحی ناچیز، ساختمان خاک به صورت فشرده و درصد پتاسیم خاک نیز نسبتا بالا است رنگ خاک ۵/۴ YR ۱۰ تقریبا قهوه ای روشن تا قهوه ای تیره، عمق پروفیل حداقل ۱ متر و درصد مواد آلی خیلی پایین و به طور نامنظم کاهش می یابد. این گروه خاک جز رده انتی سول و زیر رده فلونت قرار می گیرد.

## ۸- خاک تشکیل شده در پای شیب و با شیب کم

خاک آبرفتی و زمین رفتی وابسته به توف، شیل و آندزیت و شیب بین ۱۰-۵ درصد. جهت شیب تقریبا به سمت جنوب و جنب شرقی، تحدب شیب منطقه متوسط و لندفرم ناحیه در دشت با ارتفاع متوسط پوشش اکثر کشاورزی، توسعه پروفیل خاک تقریبا زیاد و خاک قدیم محسوب می شود. رنگ خاک با توجه به پروفیل های موجود بافت خاک نسبتا سبک و همراه با سنگریزه سطحی ناچیز، ساختمان خاک به صورت فشرده و درصد پتاسیم خاک نیز نسبتا بالا است رنگ خاک ۴/۴ YR ۱۰ تقریبا قهوه ای تیره، عمق پروفیل حداقل ۱ متر و درصد مواد آلی خیلی پایین و به طور نامنظم کاهش می یابد. این گروه خاک جز رده انتی سول و زیر رده فلونت قرار می گیرد.

## ۹- خاک تشکیل شده در پنجه شیب (۲۵-۱۰ درصد)

رسوبات آبرفتی وابسته به ماسه سنگ (Alluvial fan) کلاس شیب بین ۲۵-۱۰ درصد. جهت شیب تقریباً به سمت جنوب، جنوب شرقی و شرق، تحدب شیب منطقه کم و پوشش اکثراً کشاورزی، توسعه پروفیل خاک تقریباً زیاد و خاک قدیم محسوب می شود. لندفرم منطقه دشت دامنه ای در ارتفاع بلند می باشد. رنگ خاک با توجه به پروفیل های موجود بافت خاک نسبتاً سبک و همراه با سنگریزه سطحی ناچیز، ساختمان خاک به صورت فشرده و و درصد پتاسیم خاک نیز نسبتاً بالا است رنگ خاک ۵/۴ YR ۱۰ تقریباً قهوه ای روشن تا قهوه ای تیره، عمق پروفیل حداقل ۱ متر است. این گروه خاک جز رده اربدی سول و جزء زیر رده کمبید قرار می گیرد.

## ۱۰- خاک تشکیل شده در پنجه شیب با شیب ملایم

رسوبات آبرفتی وابسته به ماسه سنگ (Alluvial fan) کلاس شیب بین ۵-۰ درصد (تقریباً مسطح). جهت شیب سمت جنوب، جنوب شرقی و شرق، تحدب شیب منطقه کم و لندفرم منطقه مخروط افکنه آبرفتی با ارتفاع زیاد و پوشش گیاهی اکثر کشاورزی، توسعه پروفیل خاک تقریباً زیاد و خاک قدیم محسوب می شود. بافت خاک نسبتاً سنگین و بدون سنگریزه سطحی، ساختمان خاک به صورت مکعبی شکل و کمی آهک به صورت رشته ای کمتر از ۱۵ درصد و درصد پتاسیم خاک نیز نسبتاً بالا است رنگ خاک ۴.۵/۴ YR ۱۰ تقریباً قهوه ای روشن تا قهوه ای تیره، عمق پروفیل حداقل ۱ متر این گروه خاک جز رده اربدی سول و زیر رده کمبید قرار می گیرد.

## ۱۱- خاک تشکیل شده در پنجه شیب با شیب ملایم

رسوبات آبرفتی وابسته به ماسه سنگ (Alluvil fan) است. شیب ملایمی دارند و تحدب شیب زیاد و در بعضی قسمت ها توسعه پروفیل خاک کم و خاک نسبتاً جوان تا قدیم است. پوشش خاک

اراضی کشاورزی لندفرم منطقه دشت در ارتفاع بلند است، عمق پروفیل نسبتا زیاد و و بافت خاک سبک بدون سنگریزه سطحی. درصد آهک بیش از ۱۵ درصد و به صورت رشته ای و پودری در پروفیل دیده می شود و در بعضی قسمت ها تا ۳۵ الی ۴۰ درصد هم دیده شده است. رنگ خاک قهوای تیره و ساختمان خاک مکعبی می باشد. خاک اریدی و زیر رده کلسی سول ها و زیر رده کمبید قرار می گیرد

#### ۱۲- خاک تشکیل شده در پنجه با شیب ملایم

رسوبات آبرفتی وابسته به ماسه سنگ (Alluvial fan) کلاس شیب بین ۵-۰ درصد. جهت شیب تقریبا به سمت جنوب و جنب شرقی، تحدب شیب منطقه نسبتا زیاد و پوشش اکثر کشاورزی، توسعه پروفیل خاک تقریبا زیاد و خاک قدیم محسوب می شود. بافت خاک نسبتا سنگین و بدون سنگریزه سطحی، ساختمان خاک به صورت مکعبی شکل و میزان آهک کم و کمتر از ۱۰ درصد و درصد پتاسیم و فسفر خاک نیز نسبتا بالا است خاک ۴/۴ YR ۱۰ تقریبا قهوه ای تیره، عمق پروفیل حداقل ۱ متر این گروه خاک جز رده اریدی سول و زیر رده کمبی سول ها قرار می گیرد.

جدول ۶-۶- کلاس های خاک منطقه با روش درخت تصمیم گیری

اقلیم	موقعیت شیب	پوشش	مواد مادری	توپوگرافی		زمان	کلاس خاک رده
				لندفرم	شیب (درصد)		
اریدیک	پای شیب	مرتعی ضعیف	خاکهای درجا و زمین رفتی تشکیل شده از آندزیت ها	*S,CT,LC HAM	خیلی شیب دار	جوان	اورتند
				S,CT,LC MAM	شیب دار	جوان	اورتند
		مرتعی ضعیف	خاکهای درجا و زمین رفتی تشکیل شده از توف سبز کرج و شیل	S,CT,LC HAM	خیلی شیب دار	جوان	اورتند
اریدیک	پای شیب	مرتعی خوب	خاکهای درجا و زمین رفتی تشکیل شده از توف سبز کرج و شیل	S,CT,LC HAP	شیب دار	جوان	اورتند

\*S: Steep, CT: Course Texture, LC: Low Convexity, FT: Fine Texture, HC: High Convexity, HAM: High Altituded Mountain, HAP:

High Altituded platues,



جدول ۶-۶- کلاس های خاک منطقه با روش درخت تصمیم گیری

اقلیم	موقعیت شیب	پوشش	مواد مادری	توپوگرافی		زمان	کلاس خاک رده
				لندفرم	شیب (درصد)		
اریدیک	پای شیب	مرتعی خوب	خاکهای درجا وزمین رفتی تشکیل شده از توف سبز کرج و شیل	S,CT,LC MAP	شیب متوسط	نسبتا <sup>۱</sup> جوان	فلونت
				S,CT,LC MAM	شیبدار	جوان	اورتند
		کشاورزی	خاک آبرفتی و زمین رفتی وابسته به توف، شیل و آندزیت	S,CT,LC MAP	متوسط	جوان	فلونت
اریدیک	پای شیب	مرتعی- کشاورزی- باغ	خاک آبرفتی و زمین رفتی وابسته به توف، شیل و آندزیت	S,CT,LC MAP	نسبتا شیب دار	نسبتا جوان	فلونت

\*S: Steep, CT: Course Texture, LC: Low Convexcity, FT: Fine Texture, HC: High Convexcity, HAM: High Altituded Mountain, HAP:

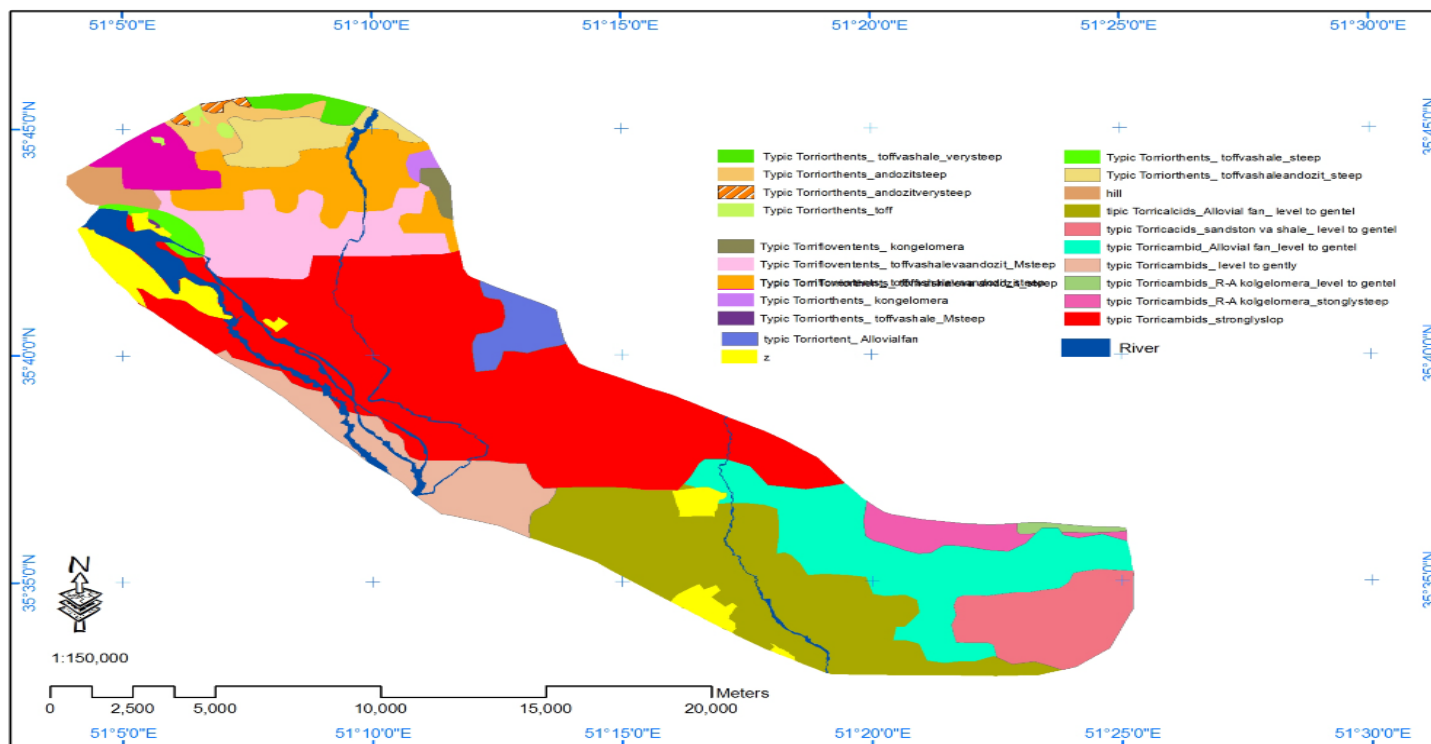
High Altituded platues

جدول ۶-۶- کلاس های خاک منطقه با روش درخت تصمیم گیری

اقلیم	موقعیت شیب	پوشش	مواد مادری	توپوگرافی		زمان	کلاس خاک رده
				لندفرم	شیب (درصد)		
اریدیک	پنجه شیب	کشاورزی و باغ	رسوبات آبرفتی وابسته به ماسه سنگ (Allovia fan)	MS,CT,LC HAp	نسبتا شیب دار	قدیم	کمبید
				MG,CT,LC HAp	شیب ملایم	قدیم	کمبید
				MG,CT,HC HAp	شیب ملایم	قدیم	کمبید
				G,CT,HC HAp	شیب ملایم	قدیم	کلسید
		کشاورزی	رسوبات آبرفتی وابسته به شیل و ماسه سنگ همراه با سنگ آهک	G,MT,LC HAp	شیب ملایم	قدیم	کلسید
		کشاورزی	خاک های آبرفتی وابسته به کنگلومرا و ماسه سنگ	G,CT,HC HAp	نسبتا شیب دار	قدیم	کمبید
	G,CT,LC HAp			شیب ملایم	قدیم	کمبید	

\*S: Steep, CT: Course Texture, LC: Low Convexcity, FT: Fine Texture, HC: High Convexcity, HAM: High Altitued Mountain, HAP:

High Altitued platues, G: Gentel, MG: Medium Gentel



شکل ۶-۸- طبقه بندی خاک های منطقه مورد مطالعه با کمک درخت تصمیم گیری

جدول ۶-۷- کلاس خاک های منطقه با توجه به رده بندی آمریکایی

Soil N	U. S. D. A Soil Taxonomy			F.A.O.	WRB
	Soil family	subgroups	order		
۱	Fragmental- mixed- Thermic	ortent	entisol		Fluvisols
۲	Sklatal-fragmenal-mixed- Thermic	ortent	entisol		
۳	Fragmental- mixed- Thermic	ortent	entisol		
۴	lomy, fragmental- mixed- Thermic	ortent	entisol		
۵	lomy, fragmental- mixed- Thermic	fluvent	entisol		
۶	lomy, fragmental- mixed- Ttermic	ortent	entisol		

جدول ۶-۷- کلاس خاک های منطقه با توجه به رده بندی آمریکایی

Soil N	U. S. D. A Soil Taxonomy			F.A.O.	WRB
	Soil family	subgroups	order		
۷	lomy, fragmental, mixed, Thermic	Fluvent	entisol		Fluvisols
۸	lomy, fragmental, mixed Thermic	Fluvent	entisol		
۹	Fine Lomy, mixed, thermic	Cambi	Aridic		Calcisols
۱۰	Fine, mixed,thermic	Cambi	Aridic		
۱۱	Fine Lomy, mixed ,thermic	Cambi	Aridic		

جدول ۶-۷- کلاس خاک های منطقه با توجه به رده بندی آمریکایی

Soil N	U. S. D. A Soil Taxonomy			F.A.O.	WRB
	Soil family	subgroups	order		
۱۲	Fine Lomy, mixed, thermic	Calci	Aridic		calcisol
۱۳	Fine Lomy ,mixed, thermic	Calci	Aridic		
۱۴	Fine ,mixed,thermic	Cambi	Aridic		
۱۵	Fine ,mixed,thermic	Cambi	Aridic		

## ۱۳- خاک تشکیل شده در پنجه با شیب ملایم

رسوبات آبرفتی وابسته به شیل و ماسه سنگ همراه با سنگ آهک همراه با شیب ملایم. تحدب شیب کم و جهت شیب اکثر به سمت جنوب ولی در جهت های شرق و غرب هم دیده می شود. توسعه پروفیل زیاد و عمق پروفیل تا ۱/۵ متری و بدون سنگ ریزه سطحی است. پوشش اراضی کشاورزی و لندفرم منطقه دشت دامنه ای با ارتفاع بلند. درصد آهک بیش از ۱۵ درصد و به صورت رشته ای و پودری در پروفیل دیده می شود. بافت خاک سنگین و بدون سنگریزه سطحی و رنگ خامک قهوه ای تیره در نتیجه خاک در رده اریدی و زیر رده کلسی سول ها قرار می گیرد.

## ۱۴- خاک تشکیل شده در پنجه نسبتا شیب دار

خاک های آبرفتی وابسته به کنگلومرا و ماسه سنگ، نسبتا شیب دار است. تحدب شیب زیاد توسعه پروفیل خاک زیاد. پوشش اغلب اراضی کشاورزی و لندفرم منطقه دشت دامنه ای در ارتفاع بالا و توسعه پروفیلی زیاد می باشد. ساختمان خاک مکعبی است. میزان آهک کمتر از ۱۰ درصد است. رنگ خاک قهوه ای تیره و بافت نسبتا سنگین است. این خاک در رده اریدی و زیر رده کمبید قرار می گیرد.

## ۱۵- خاک تشکیل شده در پنجه با شیب ملایم

خاک های آبرفتی وابسته به کنگلومرا و ماسه سنگ با شیب ملایم. تحدب شیب کم توسعه پروفیل خاک زیاد. پوشش اغلب اراضی کشاورزی و لندفرم منطقه دشت دامنه ای در ارتفاع بالا و توسعه پروفیلی زیاد می باشد. ساختمان خاک مکعبی است. میزان آهک بیش از ۱۵ درصد و به صورت پودری دیده می شود. رنگ خاک قهوه ای تیره و بافت نسبتا سنگین است. این خاک در رده اریدی و زیر رده کلسید قرار می گیرد.

## ۱۶- اراضی لخت و بایر

این اراضی بیشتر در حاشیه آبراه های فصلی که در منطقه وجود دارند، قرار گرفته و هرچند که شامل مواد آبرفتی می باشند اما به خاطر درصد شن و ماسه زیاد دارای محدودیت می باشند و مساحت آنها تقریباً برابر  $1088/3$  هکتار است و تقریباً برابر با  $7/9$  درصد از کل اراضی منطقه را پوشش داده است.

## ۶-۵-۲-۲- رده های اصلی خاک محدوده مورد مطالعه

با توجه به طلاعات به کمک درخت تصمیم گیری خاک منطقه در دو رده عمد خاک طبقه بندی شد که شامل:

- **انتی سول ها:** این رده در بیشتر رژیم های رطوبتی دیده می شود. در قست پای شیب دیده می شوند. مواد مادری شامل گراول، شن به وسیله آب یا زمین رفتی انتقال یافته و در پایین دست در طی دوه های مختلف ته نشین شده اند. مواد مادری این خاک ها به سبب نبود زمان کافی کمتر زیر تاثیر واکنش های هواپدگی قرار گرفته اند و با به علت مقاوم بودن مواد مادری در برابر اثرات عامل های هواپدگی تغییر و دگرگونی آن ها بسیار جزئی است (مانند: آندزیت). اغلب دارای اپی پدون اکریک می باشند و افق شناسایی دیگری ندارند. شیب تند نیز یکی از عاملی برای عدم تکامل پروفیلی خاک است. خاک های این راسته اکثراً برای مراتع استفاده می شوند و در آب و هوا گوناگون یافت می گردند. باروری کشاورزی انتی سول ها متغییر است و به محل و خواص آن بستگی دارد، با افزایش کود شیمیایی و تامین آب، خاک های باروری هستند، لیکن به سبب عمق کم خاک و توان کم نگهداری آب، استفاده زیاد از این خاک ها محدود است و سریعاً دچار فرسایش می شوند. تنها تغییر و تحول ژنتیکی موجود در



این خاک ها تمرکز ناچیز مواد آلی در ۲۵ سانتی متری خاک سطحی و انتقال جزئی کربناتها از ۱۲ سانتیمتری خاک سطحی است.

- **اریدی سول ها:** این سری خاک معدنی بیشتر در مناطق گرم و خشک یافت می شوند که تبخیر و تعرق بالقوه از بارنگی بیشتر است و بجز مناطقی که سطح ایستابی بالا دارند و یا آب یاری می شوند. به سبب کمبود آب در پروفیل، بیشتر مورفولوژی خاک زیر تاثیر مواد مادری است. اغلب دارای اپی پدون اکریک با رنگ روشن و مواد آلی کم هستند و در آنها ممکن است لایه های انباشتگی کربنات کلسیم، گچ و یا نمک های محلول دیگر دیده می شود و اثر از افق تجمع رس (آرجلیک) در منطقه دیده نشد. این خاک ها بدون آبیاری برای کشت محصولات مناسب نیست، برخی برای چرای گوسفندان و بز به کار می روند اگر آبیاری شوند می توانند خاک های باروری باشند.

#### ۶-۵-۲-۳- ارزیابی نتایج بدست آمده و اعتبار سنجی نقشه رقومی خاک

نقشه رقومی خاک بدست آمده عامل های خاک ساز را با استفاده از نرم افزار ArcGIS با نقشه قدیمی رده بندی خاک از منطقه مقایسه می نماییم.

برای ارزیابی نقشه بدست آمده دو روش معمول وجود دارد عبارتند از:

۱- تعدادی پروفیل را برای دقت نقشه بدست آمده جدا می نماییم و هیچ گونه آنالیزی روی آنها انجام نمی دهیم بعد از این که نقشه منطقه مورد مطالعه تهیه شد این نقاط را که به عنوان نقاط تست می باشند با نقشه بدست آمده آنالیز می نماییم و شباهت نقشه را به داده های استخراج شده از پروفیل های تست می سنجیم.

۲- زمانی که یک نقشه مبنا یا نقشه که توسط روش های معمول رده بندی خاک از منطقه تهیه شده است، موجود باشید می توان نقشه جدید بدست آمده از روش درخت تصمیم گیری را با این نقشه مقایسه یا کراس<sup>۱</sup> داده شود و صحت نقشه بدست آمده را ارزیابی نمود.

با توجه به اینکه تعداد پروفیل ها از منطقه مورد مطالعه محدود است از روش دوم برای بررسی صحت نقشه بدست آمده استفاده و بررسی صحت نقشه در نرم افزار ILWIS و ArcGIS انجام شد. البته با استفاده از سیستم گوگل ارت نقشه جدید بدست آمده را با نقشه قدیم تلفیق و ترکیب نموده و از طریق بصری نیز دقت نقشه ها را می توان بررسی نمود.

با توجه به جداول کراس که از نرم افزار ILWIS بدست آمد دقت نقشه رقومی خاک بدست آمده تا سطح زیر گروه در جدول ۶-۸ نشان داده شده است.

جدول ۶-۸- ارزیابی و اعتبار سنجیه نقشه رقومی بدست آمده

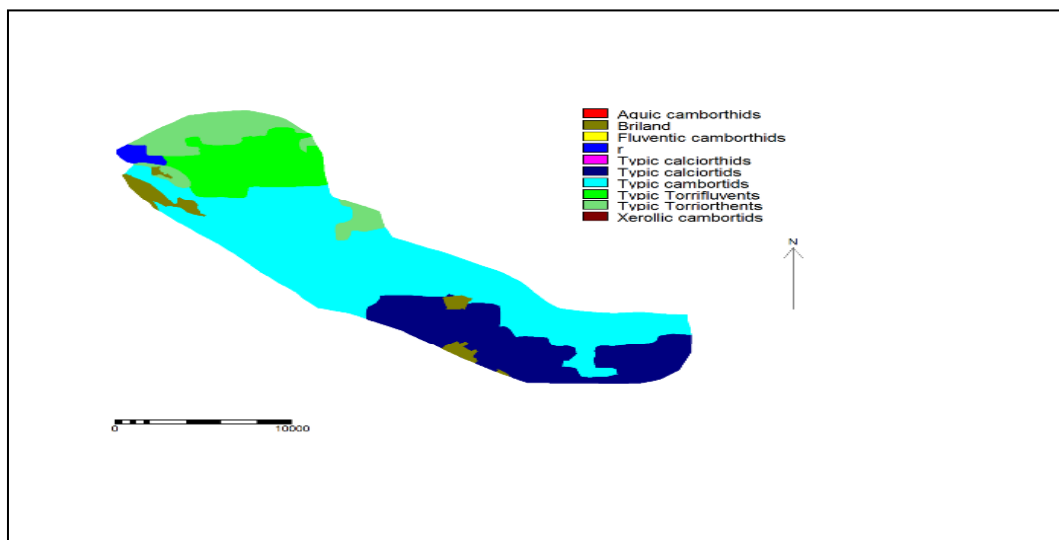
ارزیابی و اعتبار سنجی		درصدی که در سطوح مختلف با هم مشابه هستند				
		رده	زیر رده	گروه بزرگ	زیر گروه	راسته
نقشه قدیم	نقشه جدید	٪۹۲	٪۸۵	٪۳۶	-	-

با توجه به جدول بدست آمده و همچنین شکل های ۶-۹ و ۶-۱۰ می توان تفاوت های این دو نقشه را تا سطح گروه بزرگ متوجه شد اما دقت آن را نمی توان به طور کامل بررسی نمود چون خاک در طی سی سال گذشته تغییراتی داشته است به طور مثال در نقشه قدیمی خاک گروه های بزرگ زریک و اکویک مشاهده می شود دلیل آن را می توان به آب زیرزمینی بالا در آن منطقه دانست ولی در حال حاضر این رژیم ها مشاهده نشد که این تغییرات خاک در طی یک دوره را

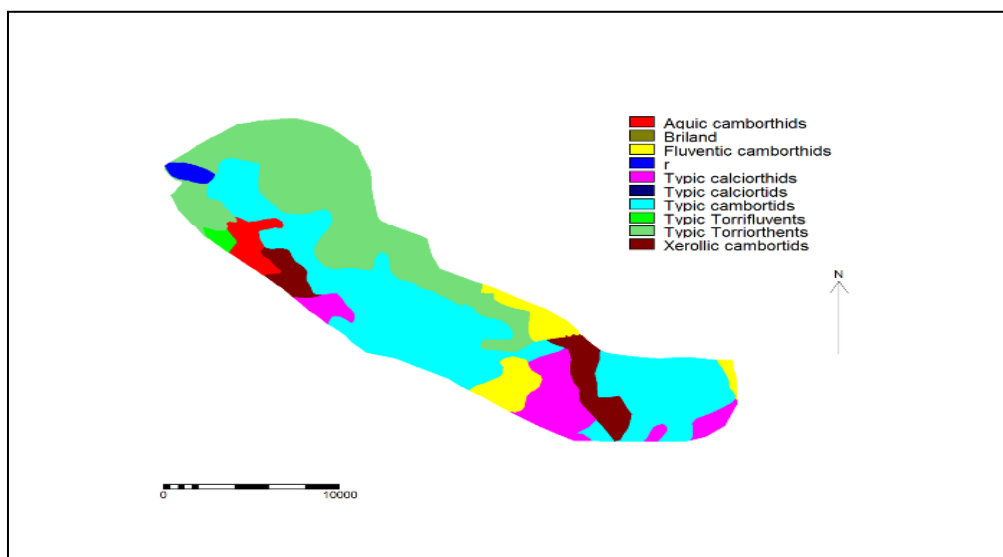
<sup>1</sup> Cross

نشان می دهد و همچنین نیاز به اطلاعات بیشتری می باشد. به هر حال نقشه بدست آمده هرچند دارای خطا های است با این وجود می توان ارزش کار رقومی و پهنه بندی رقومی خاک را متوجه شد.

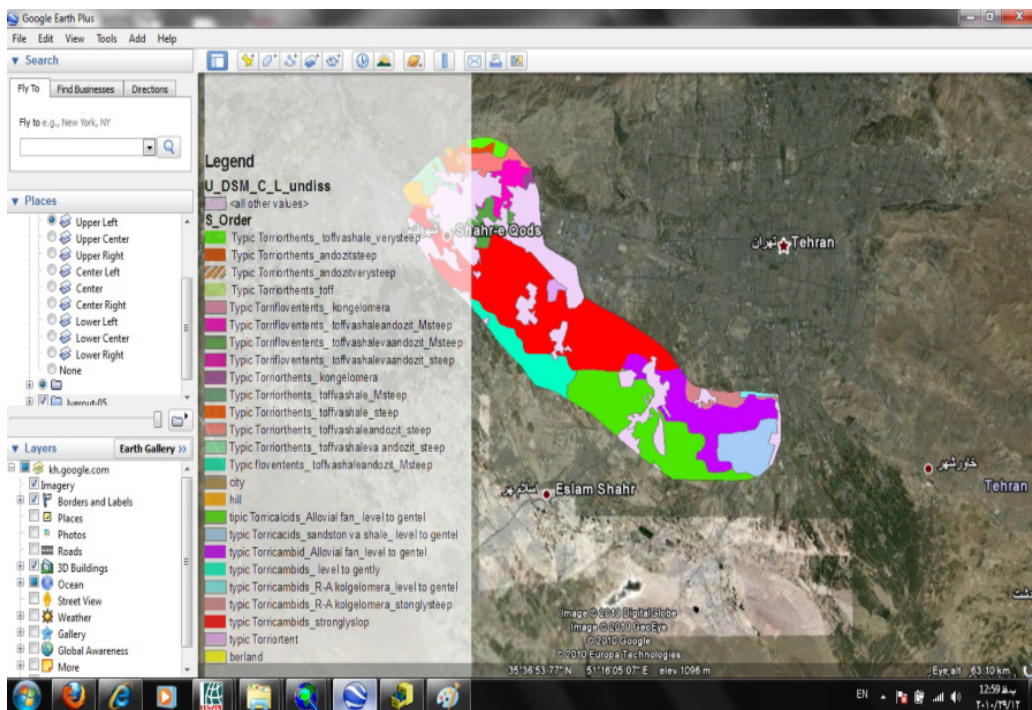
در شکل ۶-۱۱- نقشه رقومی شده خاک را به همراه توسعه شهرها را نشان می دهد که در این نقشه می توان متوجه شد چه مساحتی از خاک ها توسط شهرها اشغال شده اند.



شکل ۶-۹- نقشه که به روش درخت تصمیم گیری تهیه شده است تا سطح گروه بزرگ



شکل ۶-۱۰- نقشه که به روش معمول تهیه شده تا سطح گروه بزرگ



شکل ۶-۱۱- نقشه رقومی خاک منطقه به همراه شهر های و دیگر عارضه های موجود در سیستم گوگل ارت

#### ۶-۵-۲-۴- بحث و بررسی

در این مبحث نقشه رقومی خاک تهیه شده با روش درخت تصمیم گیری با دیگر کارهای مشابه به بحث و بررسی گذاشته می شود. هرچند که دیگر کارها در مناطق متفاوت و شرایط اقلیمی و توپوگرافی مختلفی کار شده است به هر حال با این سری داده ها و اطلاعات موجود از منطقه، نتایج بدست آمده را با دیگر پژوهش های دیگر دانشمندان خبر در این زمینه و دیگر روش های نقشه برداری رقومی خاک مقایسه می شود.

اغلب روش های پدومتری با دیگر روش های پیش بینی ویژگی های خاک که هدفشان تخمین بعضی ویژگی های خاک است، مقایسه می شوند. وسکیوس و همکاران (۲۰۰۸) با مقایسه

۵ روش مختلف برای تخمین مقدار کربن آلی خاک (SOC<sup>1</sup>) با استفاده از داده های سنجش از دور و دیگر اطلاعات استفاده نمودند. میننسی و برتنی (۲۰۰۷) چهار روش متفاوت از جمله اسکورپن و زمین آمار برای تخمین و برآورد بافت خاک، میزان عملکرد پنبه، pH خاک، و Zn خاک استفاده نمودند.

انتخاب روش های مختلف کمی آماری، زمین آماری و روش هیبریدی با مدل های شبیه سازی مکانیکی برای تخمین ویژگی های خاک یا توسعه خاک به واسطه زمان قابل توجه می باشند. بیشترین روشی تخمینی که مورد استفاده قرار گرفته است با تعداد نمونه ۳۷ تا ۴۱/۱٪، رگرسیون (تک متغییره و چند متغییره) بود و روش کلاس بندی و متمایز با تعداد نمونه ۲۴ تا ۳۲٪، کریجنگ تک متغییره با تعداد نمونه ۱۸ تا ۱۸/۹٪ و مدل های پایه-درختی (درخت تصمیم گیری) با تعداد نمونه ۱۲ تا ۱۳٪ در رتبه های بعد قرار می گیرند همچنین نتایج قابل قبولی را بدست داده اند.

یک از عوامل برای تخمین ویژگی ها و کلاس های خاک فاکتور خاک (S) است. که تقریباً ۸۴٪ مورد استفاده قرار می گیرد. فاکتور اقلیم (C) ۱۰/۷٪، فاکتور زیستی O ۳۸/۷٪، فاکتور توپوگرافی R ۲۹.۳٪ و فاکتور مواد مادری P ۱۰/۷٪ در تمام مطالعات مدل های نقشه برداری رقومی خاک (DSMM) صریحاً از عوامل خاکساز (SCORP) استفاده می شود. در این تحقیق نیز از این پارامترها استفاده شد. همچنین فاکتور مواد مادی مهمترین پارامتر برای تهیه نقشه رقومی به روش درخت تصمیم گیری بود. تلاش های زیادی برای برآورد ویژگی های خاک با استفاده از روش های متنوع مانند کین و راین در سال ۱۹۹۹ انجام شده است. تخمین عمق پروفیل خاک، فسفر کل و کربن کل در جنوب استرالیا با استفاده از زمین شناسی رقومی، تغییرات سطح زمین و طبقه بندی تغییرات اقلیم، عارضه های دیجیتالی و پرتو رادیومتری گاما برای ارزیابی داده هایی

<sup>1</sup> Soil Organic Carbon

که بیانگر تغییرات هستند، صورت گرفته است. همبستگی مدل های محیطی برای تخمین عمق پروفیل خاک، فسفر کل و کربن کل به ترتیب در حدود ۰.۴۲٪، ۰.۷۸٪ و ۰.۵۴٪ از حضور پراکنش در نمونه ها به دست آمده است. تحقیقات انجام شده در زمینه پارامتر های انجام شده برای تهیه نقشه خاک بستگی زیادی به محل تشکیل خاک دارد و اینکه اثر کدام فاکتور خاک ساز بر روی خاک سازی نقش مهمتری را ایفا می کند.

نقشه بدست آمده از دقت قابل قبولی در مقایسه با نقشه های تهیه شده با روش های متداول نقشه برداری و پیدایش و رده بندی خاک (معروف به نقشه های کروپلث) برخوردار می باشد. هرچند بایستی تغییراتی که خاک در طی یک دوره را دارد در نظر داشت. در رده بندی خاک مورفولوژی خاک اینسپتی سویل خیلی مشابه به انتی سویل است. اپی بدون اکریک در طی گذشت زمان و فراهم شدن شرایط مناسب به افق کمبیک که افقی تغییر شکل یافته است تبدیل می شوند. درصد اشباع بازی و pH اغلب رده های انتی و اریدی سول بالاست و اغلب خاک ها شرایطی قلیلی دارند. بدین علت خاک های مورد مطالعه خاک های جوان نسبت به دیگر رده های خاک (اولتی سول، اکسی سول) می باشند.

با کمک سیستم گوگل ارت و نمایش این نقشه ها خاک شناسی، این سیستم می تواند کمک شایینی در تحلیل بهتر این نقشه ها و تلفیق این نقشه ها با دیگر پارامتر های زیست محیطی و دیگر لایه های اطلاعاتی می کند.

---

## ۷- فصل هفتم:

# نتیجه گیری و پیشنهادات

---

در این فصل نتایج بدست آمده از نقشه رقومی خاک و سیستم گوگل ارت مورد بررسی قرار می گیرد.

## ۷-۱- نتیجه گیری

خاک یکی از پارامتر های اصلی برای پیشرفت و آسان نمودن زندگی بشر است و برای این که بتوانیم از این زیست توده عظیم استفاده های لازم را ببریم نیاز داریم که ابتدا ویژگی های و عوامل موثر بر آن را به طور کیفی و مهمتر کمی شناسایی کرده و سپس طبقه بندی نموده تا براحتی بتوانیم از اید اطلاعات کیفی و کمی استفاده نماییم. نقشه های خاک شناسی جزء اصلی ترین منابع اطلاعات خاک در کشور ایران و دیگر کشور ها می باشند. این نقشه ها برای اهداف مختلف مانند کشاورزی پایدار، مسائل زیست محیطی، حفاظت محیط و خاک و دیگر تحقیقات (مانند باستان شناسی و ...) استفاده می شوند.

در این تحقیق دو هدف اساسی وجود داشت اول این که آیا راهی برای کاهش هزینه های موجود و افزایش دقت برای شناسایی و طبقه بندی و تهیه نقشه خاک یک منطقه وجود دارد و دوم سیستم گوگل ارت و ترکیب آن با دیگر سیستم های اطلاعات مکانی تا چه حد می تواند ما را برای رسیدن به این مهم یاری نماید. آنچه می توان گفت این است که هرچند خاک یک توده زنده در عین حال پیچیده است اما این پیچیدگی را با شناسایی درست اجزاء آن و تخمین آن ها (با کمک مشاهدات اصلی و داده های کمکی) می توان شناسایی و تا حدود زیادی این پیچیدگی ها را کاهش دهیم. در این تحقیق با کمک روش درخت تصمیم گیری و مدل اسکورپن توانستیم نقشه رقومی خاک منطقه جنوب غربی تهران را تهیه شد که دقت نقشه بدست آمده در سطح رده ۹۲٪، زیر رده ۸۵٪ و گروه بزرگ ۳۶ درصد بدست آمد و نقشه بدست آمده از دقت قابل قبولی نسبت به نقشه کروپلث قدیمی تهیه شده، برخوردار می باشد. در عین حال این روش می تواند خیلی از هزینه های اضافی را حذف نماید که این خود یعنی تولید ثروت همچنین باعث سرعت در انجام



کار می شود و می توان نقشه خاک یک منطقه را در زمان خیلی کوتاه تر از روش های قبلی تهیه و از آن مهمتر خیلی سریعتر، آسانتر و کم هزینه تر به دست کاربر، سازمان و... مورد نیاز به آن نقشه خاک رساند.

نقشه خاک تولید شده در مطالعات مختلف از جمله کشاورزی و منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آب و ... کاربرد زیادی دارد و بهره وری بیشتر از این منابع حیاتی نیازمند مدیریت و برنامه ریزی بهینه برای استفاده از سرزمین می باشد. این نقشه ها برآورد خوبی از ظرفیت تولید انواع محصولات زراعی را از سراسر جهان به ما ارائه می دهد. نقشه رقومی خاک (DSM) می تواند مشخصات ویژه ای از سیستمهای اطلاعات خاک به وسیله استنتاج مدلهای عددی ایجاد کند و گونه های ویژه خاک و خصوصیات خاک را شناسایی کنند. پهنه بندی رقومی خاک اخیرا به این حد رسیده است که یک افزایش چشمگیری در قابلیت دست یافتن به همبستگی های محیطی و قدرت تحلیل برای پیش بینی مکانی خاک ها داشته باشد. این زمانی اهمیت ویژه دارد که ما به کمک این ابزار و روش ها سعی در تهیه نقشه مکانی کلاس خاک ها داریم و در مقابل تعداد زیادی از نمونه برداری های اضافی و اطلاعات غلط را شناسایی و حذف می کنیم.

سیستم گوگل ارت به عنوان داده ورودی و کمکی و همچنین به عنوان یک بانک اطلاعاتی خاک استفاده شد و نمایش نقشه ها، حلاجی کردن نقشه ی خاک منطقه مورد نظر، انتشار و پراکنش این نقشه بدست آمده را به آسانی انجام داد. همچنین نمایش، بررسی تغییرات نقشه های خاک و آمایش سرزمین در یک منطقه از سطح یک روستا تا سطح کشور و حتی بزرگتر در سطح یک قاره را دارد که این از ویژگی های منحصر به فرد این سیستم می توان به حساب آورد، هرچند که قدرت آنالیز داده ها در سطح پایین تری دارد اما با آموختن و نوشتن دستور های جدید KML و ترکیب آن با دیگر نرم افزار ها می توان این بخش را در سطوح بالا گسترش و قوت بخشید که در آینده نچندان دور امکان پذیر است. گوگل ارت به عنوان نقشه بردار رقومی خاک و یک سیستم استنتاج مکانی می تواند استفاده شود. این سیستم می تواند به عنوان جمع آوری کننده، مدیریت،

یک موتور استنتاجی و آنالیز کننده داده ها و اطلاعات خاک شناسی باشد. همچنین برای نمایش تغییرات خاک ها و انتشار نقشه های خاک شناسی به عنوان یک سیستم فوق العاده قوی و بروز در بهینه نمودن داده ها و استخراج اطلاعات از این داده ها و صرفه جویی در زمان که موجبات تولید ثروت را فراهم می آورد، استفاده شد.

## ۲-۷- پیشنهادات

- مبنی بر نتایج بدست آمده پیشنهادات زیر توصیه می شود.
- ۱- برای افزایش دقت و صحت نقشه های خروجی بایستی از داده های ورودی مطمئن تر و دیگر روش ها (شبکه عصبی و فازی و ...) استفاده شود.
  - ۲- درخت تصمیم گیری که در این منطقه استفاده شد ممکن است برای دیگر مناطق نتوان به کار برد و آن را بایستی بومی نمود.
  - ۳- لایه ها و اطلاعاتی که سیستم گوگل ارت در اختیار کاربران می گزارد نیاز به بررسی بیشتری دارد.
  - ۴- گوگل ارت را می توان به عنوان یک بانک اطلاعاتی مکانی استفاده نمود ولی در زمینه امنیت داده ها و به روز نمودن اطلاعات نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

## ۸- منابع

- شناسایی نقشه برداری خاک. اسفندیار پور، عیسی. باقری، محسن. ۱۳۸۵. انتشارات پلک
- مبانی نقشه برداری خاک. صالحی، محمد حسن. خادمی، حسین. ۱۳۸۷. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- پدومتری آمار کلاسیک. محمدی، جهانگرد. ۱۳۸۶. انتشارات پلک
- پدومتری زمین آمار. محمدی، جهانگرد. ۱۳۸۶. انتشارات پلک
- پدومتری تجزیه و تحلیل عوارض زمین. محمدی، جهانگرد. ۱۳۸۷. انتشارات پلک
- Aijun Chen, Gregory Leptoukh, Steven Kempler, Christopher Lynnes (2008), Visualization of A-Train vertical profiles using Google Earth, Journal of Computers & Geosciences, 35 (2009) 419-427.
- Andery Savtchenko, Denis Nadeau, John Farley, Chen, A., Leptoukh, G., Kempler, S., Nadeau, D., Zhang, X. and Di, L. (2008), Augmenting the research value of geospatial data using Google Earth. In: De Paor, D. (Editor), Google Earth Science, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, ISSN 1441-8142, Volume 30, Paper 4.
- David. A Crowder (2007), Google Earth for Dummies. Published by Wiley Publishing, Inc., ISBN: 978-0-470-09528-7
- Emmanuel Stefanakis and Kostas Patroumpas (2008), Chapter Google Earth and XML: Advanced Visualization and Publishing of Geographic Information, In International Perspectives on Maps and the Internet, ISBN 978-3-540-72028-7 Springer Berlin Heidelberg New York, ISSN 1863-2246, Library of Congress Control Number: 2007938496, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008 - Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 2008, Part B, 143-152, DOI: 10.1007/978-3-540-72029-4\_10
- Google Earth Blog - Google Earth news and updates: <http://www.gearthblog.com/>
- Google Earth in Education - A guided tour by a teacher for teachers, students and all: <http://www.jogtheweb.com/play/vWtFwfVndYCs>
- Google Earth official website: <http://earth.google.com/>
- Google LatLong - News and notes by the Google Earth and Maps team: <http://google-latlong.blogspot.com/>
- Wernecke, J. (2009), The KML Hand Book, Geographic Visualization for the Web, Addison-Wesley, Pearson Education, Inc., IBSN-13: 978-0321-52559-8, ISBN-10: 978-0-321-52559-0
- KML 2007. Keyhole Markup Language [Online] Retrieved January 31, 2007 from <http://earth.google.com/kml/>
- Google Earth (2007) Google Earth [Online]. Retrieved January 31, 2007 from <http://earth.google.com>

- Wikipedia (2007). Wikipedia – The free Encyclopedia [Online]. Search keywords: Google Earth, KML, Virtual Globes, Google Maps. Retrieved January 31, 2007 from <http://en.wikipedia.org>
- Durden, S., Boain, R., 2004 . Orbit and transmit characteristics of the CloudSat Cloud Profiling Radar (CPR). Jet Propulsion Laboratory (JPL) Document No. D-29695, California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA, p. 10 .
- Chen, A . , Leptoukh, G., Ke mpler, S., Nadeau, D., Zhang, X., Di, L., 2008. Augmenting the research value of geospatial data using Google Earth. In: De Paor, D., (Ed.), Google Earth Science, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, Vol. 30, Paper 4, ISSN 14 41 - 8142.
- Yamagishi, Y. , Suzuki, K., Ta mura, H., Nagao, H., Yanaka, H., Tsuboi, S., 2006. Integration of geophysical and geochemical data. EOS Transaction of American Geophysical Union 87 (52) Abstract IN11A-1142.
- Dale, M.B., McBratney, A.B., Russell, J.S., 1989. On the role of expert systems and numerical taxonomy in soil classification. Journal of Soil Science 40, 223 – 234.
- Do n a t e l l i, M. , S t o c k l e, C . , C o n s t a n t i n i, E.A . , N e l s o n, R. , 2 0 0 2 . SOILR: a model to estimate soil moisture and temperature re- gimes. [http://www.inea.it/isci/mdon/research/bottom\\_model\\_soil.htm](http://www.inea.it/isci/mdon/research/bottom_model_soil.htm) .
- Fidecio, P.H., Ruisanchez, I., Poppi, R.J., 2001. Application of artificial neural networks t o t he cl a s s i f i c a t i o n of soils from Sao ~ Paulo state using near-infrared spectroscopy. Analyst 126, 2194 – 2200.
- Jenny, H., 1941. Factors of Soil Formation, A System of Quantita- tive Pedology. McGraw-Hill, New York.
- Lo ò s e l , G., 200 3. Appl icat ion of he t e r o g e n e i t y i n d i c e s t o c o a r s e - s c a l e s o i l m a p s. Abstracts, Pedometrics 2003, International Con- ference of the IUSS Working Group on Pedometrics, Reading University, Reading, England, September 11 – 12.
- Hengl, T. , Heuvelink, G.B.M., Rossiter, D.G ., 2007. About regress ion-kriging: from equations to case studies. Computers & Geosciences 33, 13 01– 13 1 5 .
- Lagacherie, P. , Legros, J.P., Burfough, P. A . 1995. A soil survey procedure using the knowledge of soil pattern established on a previously mapped reference area. Geoderma 65, 283 –301.
- Meersmans, J., De Ridder, F., Canters, F. , D e B a e t s, S., Van Molle, M., 2008. Aultiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). Geoderma 143, 113 .
- Rossiter, D.G., 1996. A theoretical framework for land evaluation. Geoderma 72, 16 5 – 190.
- Anonymous,. 2006. Multi year and monthly precipitation and temperature data reports of Bursa, Mustafakemalpa a and Balikesir Meteorol. Sta- tions (in Turkish). Turkish State Meteorol. Service, unpublished, 32p.
- Moore ID, Gessler PE, Nielson GA,. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 443-452. Mora-Vallejo A, Claessens L, Stoorvogel J, Heuvelink GBM (2008). Small scale digital soil mapping in southeastern Kenya. Catena 76: 44-53.
- Ziadat FM,. 2007. Land suitability classification using different sources of information: Soil maps and predicted soil attributes in Jordan. Geoderma 140: 73-80.

- Ben-Dor, E., Patkin, K., Banin, A., Karnieli, A., 2002. Mapping of several soil properties using DAIS-7915 hyperspectral scanner data – a case study over clayey soils in Israel. *International Journal of Remote Sensing*, 23(6), 1043–1062.
- Cole, N., Boettinger, J., 2007. Chapter 27. Pedogenic understanding raster classification methodology for mapping soils, Powder River Basin, Wyoming. In: P. Lagacherie, A.B. McBratney and M. Voltz (Eds.), *Digital Soil Mapping, an introductory perspective. Developments in soil science*, vol. 31. Elsevier, Amsterdam, pp. 377–388.
- J.L. Boettinger, R.D. Ramsey, J.M. Bodily, N.J. Cole, S. Kienast-Brown, S.J. Nield, A.M. Saunders and A.K. Stum., 2008. *Landsat Spectral Data for Digital Soil Mapping*. Department of Plants, Soils, and Climate, Utah State University, 4820 Old Main Hill, Logan, UT 84322-4820 USA
- Kienast-Brown, S. and Boettinger, J.L., 2007. Land cover classification from Landsat imagery for mapping dynamic wet and saline soils. In: P. Lagacherie, A.B. McBratney, and M. Voltz (eds.),
- McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L. and Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117: 3–52.
- Soil Survey Division Staff., 1993. *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Saunders, A.M. and Boettinger, J.L. 2007. Incorporating classification trees into a pedogenic understanding raster classification methodology, Green River Basin, Wyoming, USA. In: P. Lagacherie, A.B. McBratney, and M. Voltz (eds.), *Digital Soil Mapping: An introductory perspective. Developments in Soil Science Vol. 31*, Elsevier, Amsterdam, pp. 389–399.
- Jensen, J.R. 2005. *Introductory digital image processing*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- S.E. Cook, A. Jarvis and J.P. Gonzalez., 2007. *A New Global Demand for Digital Soil Information*. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), AA6713, Cali, Colombia
- FAO, 2000. *Digital Soil Map Of The World And Derived Soil Properties on CD-ROM*. FAO, Rome. <http://www.fao.org/AG/agl/agll/dsmw.htm>.
- Alfred E. Hartemink., 2008. *SoilMapDensityandaNation's Wealth and Income*. ISRIC – World Soil Information, PO Box 353, 6700 AJ Wageningen, The Netherlands
- Bui, E.N., 2007. A review of digital soil mapping in Australia. In: P. Lagacherie, A.B. McBratney and M. Voltz (Eds.), *Digital soil mapping – an introductory perspective. Developments in Soil Science, Vol. 31*. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 25–37.
- Commission of the European Communities., 1985. *Soil map of the European Communities 1: 1000000*. Directorate-General for Agriculture Coordination of Agricultural Research. EEC, Luxembourg.
- Endre Dobos, Florence Carré, Tomislav Hengl, Hannes I. Reuter & Gergely Tóth., 2006. *Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps*. Contact Dr. Endre Dobos University of Miskolc, 3515 Miskolc-Egyetemváros, Hungary
- D. Howell, Y.G. Kim and C.A. Haydu-Houdeshell. 2007. *Development and Application of Digital Soil Mapping Within Traditional Soil Survey: What will it Grow Into?*. USDA Natural Resources Conservation Service, Arcata, CA, USA 95521.

- Lagacherie, P., Legros, J.P., Burrough, P.A. 1995. A soil survey procedure using the knowledge soil pattern established on a previously mapped reference area. *Geoderma* 65, 283–301.
- Andrew A. Lovett, Katy Appleto. 2009. GIS for Environmental Decision-Making (Innovations in Gis). Publisher, CRC. Number Of Pages, 288Publication Date, 2007-11-19. ISBN-10 / ASIN, 0849374235. ISBN-13 / EAN, 9780849374234.
- A.B. McBratneya, M.L. Mendonc, A. Santosb, B. Minasny. 2003. On digital soil mapping. 0016-7061/\$ - see front matter D 2003 Elsevier B.V. All rights reserved.  
doi:10.1016/S0016-7061(03)00223-4
- Webster, 1968 R. Webster, Fundamental objection to the 7th approximation, *J. Soil Sci.* 19 (1968), pp. 354–365.
- Hudson, N 1992, Soil conservation, B. T. Batsford Ltd., London, England. Houghton, PD & Charman, PEV 1986, Glossary of terms used in soil conservation.
- Odeh et al., 1995. and Odeh and McBratney (2000) have demonstrated the which is then used to predict the target soil variable Knotters et al., 1995.
- Andrew A. Lovett , Katy Appleton, 2007. GIS for Environmental Decision-Making CRC , ISBN: 0849374235, 288 pages
- J.L. Boettinger. 2008. Environmental Covariates for Digital Soil Mapping in the estern USA. Section A, 17-27, DOI: 10.1007/978-90-481-8863-5\_2.

## ۹- پیوست

## پیوست ۱ - دستور KML مربوط به لایه خطی

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2"
xmlns:gx="http://www.google.com/kml/ext/2.2"
xmlns:kml="http://www.opengis.net/kml/2.2"
xmlns:atom="http://www.w3.org/2005/Atom">
<Document>
  <name>KmlFile</name>
  <Style id="sn_ylw-pushpin">
    <IconStyle>
      <scale>1.1</scale>
      <Icon>
        <href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/pushpin/ylw-
pushpin.png</href>
      </Icon>
      <hotSpot x="20" y="2" xunits="pixels" yunits="pixels"/>
    </IconStyle>
    <LineStyle>
      <color>ff7f00ff</color>
      <width>2</width>
    </LineStyle>
  </Style>
  <StyleMap id="msn_ylw-pushpin">
    <Pair>
      <key>normal</key>
      <styleUrl>#sn_ylw-pushpin</styleUrl>
    </Pair>
    <Pair>
      <key>highlight</key>
      <styleUrl>#sh_ylw-pushpin</styleUrl>
    </Pair>
  </StyleMap>

```

```

<Style id="sh_ylw-pushpin">
  <IconStyle>
    <scale>1.3</scale>
    <Icon>
      <href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/pushpin/ylw-
pushpin.png</href>
    </Icon>
    <hotSpot x="20" y="2" xunits="pixels" yunits="pixels"/>
  </IconStyle>
  <LineStyle>
    <color>ff7f00ff</color>
    <width>2</width>
  </LineStyle>
</Style>
<Placemark>
  <name>line_KML</name>
  <styleUrl>#msn_ylw-pushpin</styleUrl>
  <LineString>
    <tessellate>1</tessellate>
    <coordinates>
      51.17248629696366,35.68348344662726,0
51.18498235812217,35.67507785489009,0
51.1786223341589,35.66906294194709,0
    </coordinates>
  </LineString>
</Placemark>
</Document>
</kml>

```



پیوست ۲- تغییر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بدست آمده از تصاویر MODIS در سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸

	closed shrubland	open shrublands	woody savannas	savannas	grasslands	permanent wetlands	croplands	urban and built-up	cropland/natural vegetation mosaic	barren or sparsely vegetated	ACCURACY
closed shrubland	2	11	0	0	8	0	9	0	0	1	0.06
open shrublands	12	32	0	0	43	0	71	0	2	31	0.17
woody savannas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
savannas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?
grasslands	12	75	0	0	143	0	157	0	0	18	0.35
permanent wetlands	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?
croplands	7	28	1	0	15	0	336	0	1	13	0.84
urban and built-up	0	0	0	0	0	0	0	228	0	0	1
cropland/natural vegetation mosaic	0	0	0	0	1	0	11	0	0	0	0
snow and ice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?
barren or sparsely vegetated	0	8	0	0	8	0	0	0	0	34	0.68
RELIABILITY	0.06	0.21	0	?	0.66	?	0.58	1	0	0.35	

