

مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۰

ص ۸۵۳-۸۶۷

تهیه نقشه تخریب خاک بر مبنای روش ژئوپدولوژی و مدل گلاسود با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در شرق استان قزوین

- ❖ خالد حاجی‌ملکی؛ دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه زنجان
- ❖ سیدروح اله موسوی*؛ کارشناس ارشد علوم خاک دانشگاه تهران
- ❖ منوچهر گرچی؛ دانشیار علوم خاک دانشگاه تهران
- ❖ فریدون سرمدیان؛ استاد علوم خاک دانشگاه تهران

چکیده

امروزه، توجه به اهمیت حفاظت از منابع خاک در کشاورزی و منابع طبیعی با هدف جلوگیری از تخریب و انحطاط آن ضروری به نظر می‌رسد. تخریب خاک و اراضی، به منزله عاملی مستقیم، در تهدید محیط زیست جهانی، رفاه انسان و جامعه مشهود است. این تحقیق به منظور تهیه نقشه تخریب خاک در شرق استان قزوین انجام شد. نقشه خاک منطقه، با استفاده از روش ژئوپدولوژی، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژیک، ژئومورفیک و پدولوژیک در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. اطلاعات به دست آمده از نقشه خاک همراه مطالعات میدانی به عنوان ورودی در مدل گلاسود به کار برده شد و سرانجام نقشه تخریب خاک منطقه تهیه شد. در این تحقیق واحدهای نقشه خاک مبنای بررسی وضعیت تخریب در منطقه قرار گرفت. نتایج نشان داد کمتر از ۲۵ درصد از اراضی مطالعه شده دارای درجه کم تخریب‌اند و در شرایط فعلی به مدیریت خاصی نیاز ندارند، ولی در سایر بخش‌های منطقه تخریب خاک با درجات مختلف مشاهده شد. تخریب خواص شیمیایی خاک شامل کاهش مواد آلی، هدررفت مواد غذایی و شوری خاک‌ها از مهم‌ترین جنبه‌های تأثیرگذار در روند تخریب خاک‌های منطقه است. از مجموع ۱۶۶۳۰ هکتار اراضی مطالعه شده حدود ۴۰۲۸ هکتار از اراضی در کلاس تخریب کم، ۵۹۸۷ هکتار در کلاس تخریب متوسط، ۵۱۲۸ هکتار در کلاس تخریب زیاد و ۸۶۶ هکتار در کلاس تخریب بسیار زیاد خاک قرار دارند. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده، اقدامات مدیریتی برای جلوگیری از گسترش این فرایند در منطقه پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: تخریب خاک، روش ژئوپدولوژی، کلاس‌های تخریب خاک، مدل گلاسود، مدیریت منابع خاک.

۱. مقدمه

رشد سریع جمعیت عامل محدودکننده‌ای برای اراضی قابل کشت در سراسر جهان به شمار می‌رود. بنابراین، نیاز مبرم به کاربرد کارآمد منابع اراضی (خاک) بیشتر احساس می‌شود. همچنین، این موضوع یکی از اهداف کشاورزی پایدار است [۷].

خاک منبعی حیاتی برای بقای انسان، محیطی برای رشد گیاهان، محلی برای ذخیره آب، دفع سموم و آلاینده‌هاست و نقش کلیدی در تنظیم دمای کره زمین دارد. همچنین، خاک زیستگاه مناسبی برای بسیاری از موجودات و محل مناسبی برای چرخه عناصر غذایی و حفظ محیطی سالم برای زندگی انسان است [۴]. امروزه، تخریب خاک فرایندی است که ظرفیت و توان خاک را برای تولید در حال و آینده کاهش می‌دهد؛ در درازمدت این فرایند به طور جدی ظرفیت بهره‌وری خاک و محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۳]. پدیده تخریب خاک^۱ نامحسوس اما بسیار خطرناک است و در صورت استمرار به تخریب سرزمین‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک منجر می‌شود. بنابراین، زیان‌های اقتصادی و اجتماعی آن بسیار زیاد است. تخریب خاک و اراضی، به منزله عاملی مستقیم، در تهدید محیط زیست جهانی، رفاه انسان و جامعه مشهود است [۸].

برقراری توازن میان عرضه (تولید محصولات کشاورزی) و تقاضا (افزایش جمعیت و نیاز به تأمین غذا) در کشورهای در حال توسعه، مانند کشورهای خاورمیانه، به فرسایش دو سوم اراضی قابل کشت در

فاصله سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۰ منجر شده است [۱۷]. در بیشتر حوضه‌های آبخیز، اغلب کاربران اراضی و خاک کشاورزان‌اند؛ متأسفانه آن‌ها درباره عوامل تأثیرگذار بر تخریب خاک آگاهی کافی ندارند و برنامه‌های کنترل تخریب خاک در مدیریت آن‌ها جایگاهی ندارد. بنابراین، فقدان اطلاعات بر روند تخریب خاک، به‌ویژه در سال‌های اخیر، سرعت بخشیده است. در مطالعات تخریب اراضی، از قبیل فرسایش و تخریب خاک، کاربرد داده‌های خاک مهم و ضروری است [۲۳] به گونه‌ای که لیتولوژی و ژئومورفولوژی از جمله عوامل تأثیرگذار در تخریب‌پذیری خاک‌ها به شمار می‌روند [۵]. کاربرد داده‌های علم ژئومورفولوژی در ترسیم مرزها یکی از روش‌های تفکیک زمین و واحدهای نقشه است؛ به این شیوه اصطلاحاً «ژئوپدولوژی» گفته می‌شود [۲۸]. با توجه به اینکه مطالعات خاک-ژئومورفولوژی در نقشه‌برداری و طبقه‌بندی خاک‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند، در سطوح ژئومورفیک یکسان با شرایط مشابه (پوشش گیاهی، اقلیم و غیره) انتظار می‌رود روند مشابهی در خصوصیات و رفتار خاک‌ها مشاهده شود. بنابراین، در روش ژئوپدولوژی، به منزله روش سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومورفیک، سعی می‌شود با بررسی جامع روابط بین خاک و ژئومورفولوژی و برهم‌کنش آن‌ها از خاک نقشه‌برداری شود. زینک و همکاران (۱۹۸۹) این روش را نخستین بار در انستیتو بین‌المللی هلند (ITC) پایه‌گذاری کردند [۲۷].

به طور کلی، هدف اصلی در ژئوپدولوژی سازمان‌دهی و طبقه‌بندی خاک‌ها بر اساس شواهد ژئومورفولوژیکی آن‌ها در سطح زمین با استفاده از یک

دارد. پروژه ارزیابی جهانی تخریب خاک^۵ [۱۴] نخستین تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای تخریب خاک در سطح جهانی است. این پروژه از گستره و شدت تخریب خاک از هنگام جنگ دوم جهانی تا سال ۱۹۹۰ تخمین‌هایی ارائه کرده است. در این مطالعه نتیجه گرفته شد که ۱٫۹۷ میلیارد هکتار از اراضی مورد استفاده در جهان (۲۳ درصد) به شدت تخریب شده است که ۳۸ درصد از اراضی زراعی، ۲۱ درصد از مراتع دائمی و ۱۸ درصد از جنگل‌ها را شامل می‌شود. این بررسی نشان داد ۵۷۹ میلیون هکتار از این اراضی دچار تخریب پوشش و جنگل‌زدایی‌اند، ۶۷۹ میلیون هکتار دچار چرای مفرط و ۵۵۲ میلیون هکتار دچار مدیریت غلط و نامناسب کشاورزی‌اند و آلودگی شیمیایی ناشی از فعالیت‌های صنعتی نیز ۲۲ میلیون هکتار از اراضی را تحت تأثیر قرار داده است. طبق نقشه تهیه‌شده در این برنامه، رقم اراضی زراعی تخریب‌یافته در آمریکای جنوبی، آفریقا و آسیا به ترتیب ۴۵، ۷۴ و ۶۵ درصد است. در این پژوهش، با توجه به اینکه تهیه نقشه تخریب خاک اساس و زمینه‌ای است برای برنامه‌ریزی منطقی مبارزه با تخریب خاک، سعی شده، با استفاده از روش ژئوپدولوژی، به تفکیک واحدهای نقشه خاک اقدام شود و، ضمن تعیین هر یک از شاخص‌های مؤثر در تخریب خاک‌ها، نقشه نهایی تخریب خاک به منظور استفاده کاربران و مدیران اراضی در منطقه ارائه شود.

ساختار سلسله‌مراتبی است؛ و معمولاً چهار سطح طبقاتی مختلف شامل سیمای اراضی^۱، پستی و بلندی^۲، سنگ‌شناسی^۳ و شکل زمین^۴ در این ساختار مد نظر قرار می‌گیرد. زینک [۲۸] و روزیتر [۱۸] گزارش کردند که روش ژئوپدولوژی برای پیش‌بینی کلاس‌ها و خصوصیات خاک به واحدهای اراضی وابسته است. خاک‌ها با اشکال اراضی، که بر روی آن‌ها تشکیل می‌شوند و تکامل می‌یابند، به شدت ارتباط نزدیک و متقابل دارند. تغییرپذیری خاک تابعی از موقعیت مکانی یا واحد ژئومورفیک آن است که الگو و مقدار این تغییرات به موقعیت استقرار خاک در سیمای اراضی، نوع خاک و ویژگی‌های مختلف بستگی دارد.

شائز [۱۹] و یودومسری [۲۳] در پژوهشی در تایلند نتیجه گرفتند که روش ژئوپدولوژی برای مطالعه فرسایش خاک ارزشمند است؛ زیرا، علاوه بر ویژگی‌های خاک، عواملی از قبیل موقعیت خاک‌ها روی اشکال اراضی مختلف نیز باید در مطالعات فرسایش مد نظر قرار گیرد. افتخاری و مؤمنی [۶] در دشت ابهر- خرم دره بر مبنای تلفیق روش‌های ژئوپدولوژیک و گلاسود به بررسی حساسیت منابع خاک به تخریب ناشی از فعالیت‌های انسانی پرداختند و گزارش کردند که کمتر از ۱۴ درصد از اراضی مطالعه‌شده حساسیت کمی به تخریب دارند و در شرایط فعلی به مدیریت خاصی نیاز ندارند، ولی در بقیه اراضی تخریب خاک با درجات مختلف وجود

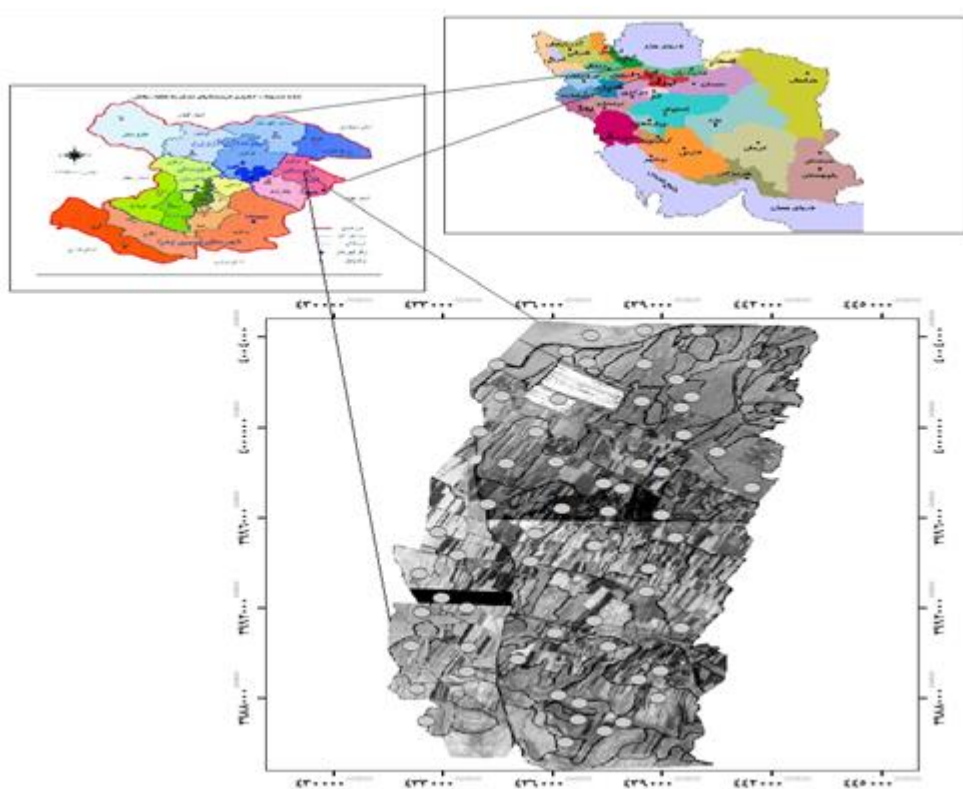
1. landscape
2. relief
3. lithology
4. landform

۲. روش شناسی

۱.۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در منطقه‌ای به مساحت ۱۶۶۳۰ هکتار در شرق استان قزوین، در محدوده شهرستان آبیک، بین

۳۶ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی انجام شد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل حفر نیمرخ‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل حفر نیمرخ‌ها

منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای نیمه‌خشک، متوسط بارندگی سالانه ۲۵۷ میلی‌متر و اقلیم مدیترانه‌ای است. بر اساس نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک [۱] و پردازش داده‌های هواشناسی منطقه در محیط نرم‌افزار نیوهال^۱ [۲۴، ۲۵] رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به ترتیب زیریک

خشک^۲، اردیک ضعیف^۳ و ترمیک^۴ تعیین شد. تشکیلات زمین‌شناسی منطقه مربوط به دوران کواترنر است: شامل تراس‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های مرکب از سنگریزه و ماسه. کشت آبی گندم، جو، ذرت و یونجه به همراه اراضی مرتعی مهم‌ترین کاربری اراضی منطقه مورد نظر است.

2. dry xeric
3. weak aridic
4. thermic

1. newhall

۲.۲. تهیه نقشه ژئوفرم

در این پژوهش از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ استفاده شد [۱۶]. تفسیر عکس‌های هوایی بر اساس نظر کارشناس، ساختار سلسله‌مراتبی روش ژئوپدولوژی و توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه به وسیله استریسکوپ انجام شد. در نهایت، واحدهای ژئومورفولوژی موجود در منطقه در چهار سطح- سیمای اراضی^۱، پستی و بلندی^۲، لیتولوژی^۳ و شکل زمین^۴ - طبقه‌بندی شد. برای تعیین لایه لیتولوژی از نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد [۱۰]. سپس، زمین مرجع کردن واحدهای ترسیم‌شده بر روی عکس‌های هوایی با استفاده از نقاط کنترل برداشته‌شده از منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. سپس، دقت مرزبندی‌ها بازرسی شد و، پس از اطمینان از صحت مرزبندی‌ها، نقشه اولیه یا همان نقشه ژئوفرم منطقه تهیه شد. از این نقشه، به منزله نقشه پایه، برای مطالعات میدانی خاک‌شناسی و تهیه نقشه خاک به روش ژئوپدولوژی استفاده شد.

۳.۲. مطالعات میدانی و آنالیزهای

آزمایشگاهی

پس از تهیه نقشه ژئوفرم، موقعیت هر یک از نقاط نمونه‌برداری تعیین شد و ۶۱ نیمرخ در منطقه مطالعاتی حفر شد. از همه افق‌های ژنتیکی نمونه‌برداری و برای آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه منتقل شد. پس از هواخشک شدن نمونه‌ها، pH گل اشباع با استفاده از pH متر، هدایت

الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی، بافت خاک به روش هیدرومتری [۹]، کربن آلی به روش [۳]، ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌های خاک به روش باور [۲] و فسفر قابل جذب به روش اولسن [۱۵] اندازه‌گیری شد. پس از تجزیه‌های آزمایشگاهی، رده‌بندی نیمرخ‌های مورد مطالعه تا سطح فامیل خاک بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی [۲۱] نهایی شد. سپس، با تلفیق لایه اطلاعاتی خاک و نقشه ژئوفرم در محیط نرم‌افزار GIS9.3Arc، نقشه خاک منطقه به روش ژئوپدولوژی تهیه شد.

نوع تجزیه‌های آزمایشگاهی به گونه‌ای انتخاب شد که، ضمن تأمین الزامات معمول در مطالعات خاک‌شناسی، ارزیابی تخریب خاک نیز امکان‌پذیر شود. نظر به اینکه در مطالعات خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی فرسایش آبی و بادی بررسی می‌شود، از اطلاعات به دست آمده از نقشه‌های خاک‌شناسی به منزله ورودی در روش گلاسود استفاده شد. برای بررسی تخریب خاک از مشاهدات صحرائی، تجربه و دانش کارشناس [۲۲] استفاده شد و نقشه تخریب خاک طبق روش گلاسود [۱۴] تهیه شد.

۴.۲. اصول کار در روش گلاسود

در ساختار گلاسود، تخریب خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی به طور کلی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شود: ۱. تخریب با جابه‌جایی خاک؛ ۲. تخریب درونی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک. و در کل چهار گروه تخریب اصلی- شامل فرسایش آبی، فرسایش بادی، تخریب شیمیایی و تخریب فیزیکی- تشخیص داده می‌شود. گروه‌های تخریب

1. landscape
2. relief
3. lithology
4. landform

تخریب با چهار سطح و گسترش تخریب با پنج سطح نشان داده می‌شود، برای نشان دادن شدت تخریب خاک ۲۰ ترکیب امکان‌پذیر است (شکل ۲).

اصلی به دوازده شاخه فرعی تقسیم می‌شوند. شدت تخریب خاک با ترکیب دو عامل- درجه تخریب و مساحت نسبی منطقه‌ای که فرایند تخریب در آن رخ داده است- نشان داده می‌شود. از آنجا که درجه



شکل ۲. کلاس‌های شدت و سطوح گسترش تخریب خاک در روش گلاسدود [۱۴]

واحد تهیه شد. واحدهای سیمای اراضی شامل تپه^۱، پنیپلین^۲، پیدمونت^۳ و دشت^۴ است. سیمای اراضی تپه با ۱۸۹ هکتار ۱/۱۴ درصد، سیمای اراضی پنیپلین با ۱۵۳۳ هکتار ۹/۲۲ درصد، سیمای اراضی پیدمونت با ۷۲۵۵ هکتار ۴۳/۶۳ درصد و سیمای اراضی دشت با ۷۵۷۱ هکتار ۴۵/۵۳ درصد منطقه را شامل می‌شوند. بنابراین، دو واحد سیمای اراضی دشت و پیدمونت به ترتیب بیشترین مساحت منطقه را در بر می‌گیرند. شکل ۳ نقشه واحدهای ژئوفرم منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ ژئوفرم‌های شناسایی شده در هر یک از واحدهای سیمای اراضی با مساحت آن‌ها را نشان می‌دهد.

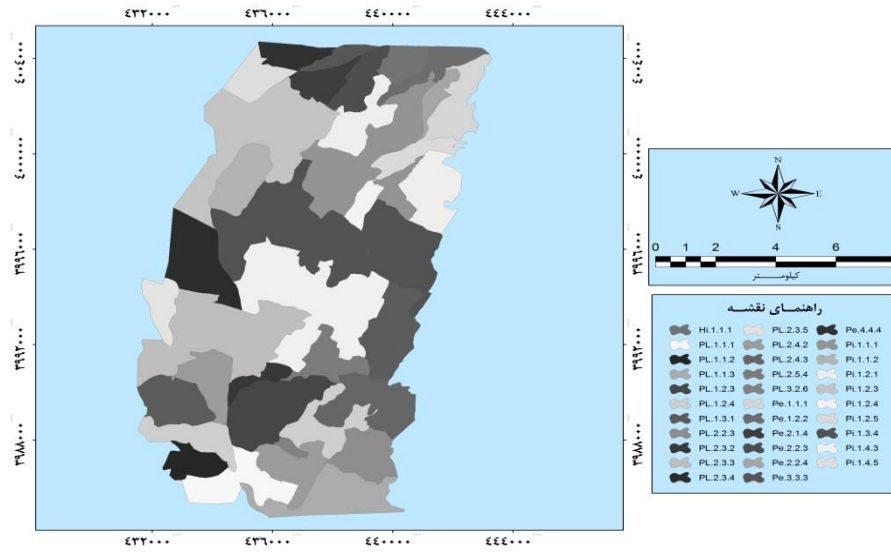
اعداد سمت چپ خط کسری بیانگر درجه تخریب و عدد سمت راست نمایانگر سطح گسترش تخریب است. در برخی مواقع ممکن است در یک واحد تفکیک شده ترکیبی از دو گروه تخریب اصلی مختلف وجود داشته باشد. در این شرایط نیز شدت کل تخریب را باید به طریق مناسب و با توجه به سهم و مشارکت هر یک از آن‌ها تعیین کرد [۱۴].

۳. نتایج

۱.۳. نقشه ژئوفرم منطقه

طبق ساختار سلسله‌مراتبی روش ژئوپدولوژی، در منطقه مورد مطالعه چهار واحد در سطح سیمای اراضی، هفت واحد در سطح پستی و بلندی، دوازده واحد در سطح لیتولوژی و نه واحد در سطح لندفرم تفکیک شد و در نهایت نقشه ژئوفرم منطقه با ۳۲

1. hillland
2. penplain
3. piedmont
4. plain



شکل ۳. نقشه واحدهای ژئوفرم منطقه

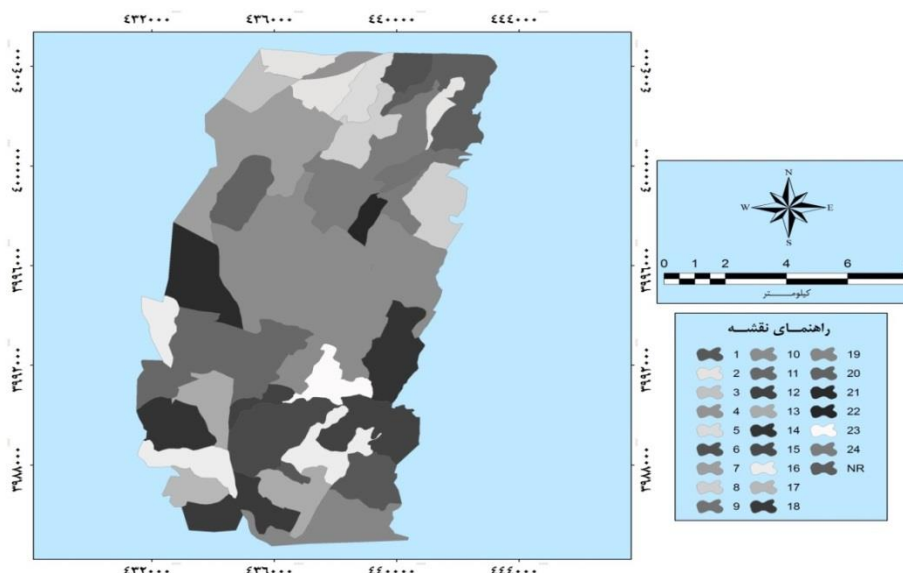
جدول ۱. شرح واحدهای ژئوفرم شناسایی شده در منطقه

مساحت		واحد ژئوفرم	سیمای اراضی	مساحت		واحد ژئوفرم	سیمای اراضی
درصد	هکتار			درصد	هکتار		
۱٫۲	۲۰۰	Pe444			Hi111	تپه	
۲٫۷۵	۴۵۸	PL111	۱٫۱۳	۱۸۹	Pe111		
۱٫۳۱	۲۱۸	PL112	۲٫۲۶	۳۷۷	Pe122		
۳٫۹۴	۶۵۶	PL113	۱٫۴۶	۲۴۳	Pe214	پنپلین	
۳٫۹۵	۶۵۷	PL123	۱٫۳۹	۲۳۲	Pe223		
۳٫۹۲	۶۵۳	PL124	۱٫۵	۲۵۴	Pe224		
۵٫۳۶	۸۹۳	PL131	۰٫۷۳	۱۲۳	Pe333		
۲٫۱۱	۳۵۱	PL223	۰٫۶۸	۱۱۴	Pi111		
۰٫۷۵	۱۲۵	PL232	۶٫۲۱	۱۰۳۴	Pi112	پیدمونت	
۷٫۱۴	۱۱۸۹	PL233	۲٫۲۳	۳۷۱	Pi121		
۳٫۴۸	۵۸۰	PL234	۴٫۸۸	۸۱۳	Pi123		
۱٫۲۵	۲۰۸	PL235	۷٫۷۵	۱۲۸۹	Pi124		
۴٫۰۱	۶۶۷	PL242	۰٫۷۲	۱۲۰	Pi125		
۳٫۲	۵۳۳	PL243	۱٫۲۳	۲۰۵	Pi134		
۱٫۶۴	۲۷۴	PL254	۱۲٫۰۶	۲۰۰۶	Pi143		
۰٫۲۶	۴۴	PL326	۸٫۲۵	۱۳۷۲	Pi145		
			۱٫۵۵	۲۵۹			

۲.۳. نقشه خاک منطقه

ژئوپدولوژی روش سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومورفیک است [۱۸]. در این روش با بررسی جامع روابط بین خاک و ژئومورفولوژی و برهم‌کنش آن‌ها به نقشه‌برداری خاک اقدام می‌شود و کوچک‌ترین واحد نقشه، که دارای بیشترین مراتب همگنی و یکنواختی است، تفکیک و معرفی می‌شود [۱۱]. بنابراین، نقشه خاک منطقه با هدف ارتباط بین تغییرات خاک با ژئومورفولوژی و فرایندهای محیطی

مؤثر بر روی الگوی پراکنش خاک‌ها تهیه شد. نتایج به‌دست‌آمده از تهیه بانک اطلاعات خاک نشان داد که خاک‌های موجود در منطقه از نظر رده‌بندی در ۲۲ کلاس خاک (تا سطح فامیل) قرار دارند. با تلفیق نتایج به‌دست‌آمده از نقشه ژئوform و رده‌بندی خاک‌ها (تا سطح فامیل) نقشه نهایی خاک منطقه با ۲۴ واحد، در محیط نرم‌افزار Arc-GIS9.3 به صورت رقومی تهیه شد. شکل ۴ نقشه رقومی خاک منطقه را بر مبنای روش ژئوپدولوژی نشان می‌دهد.



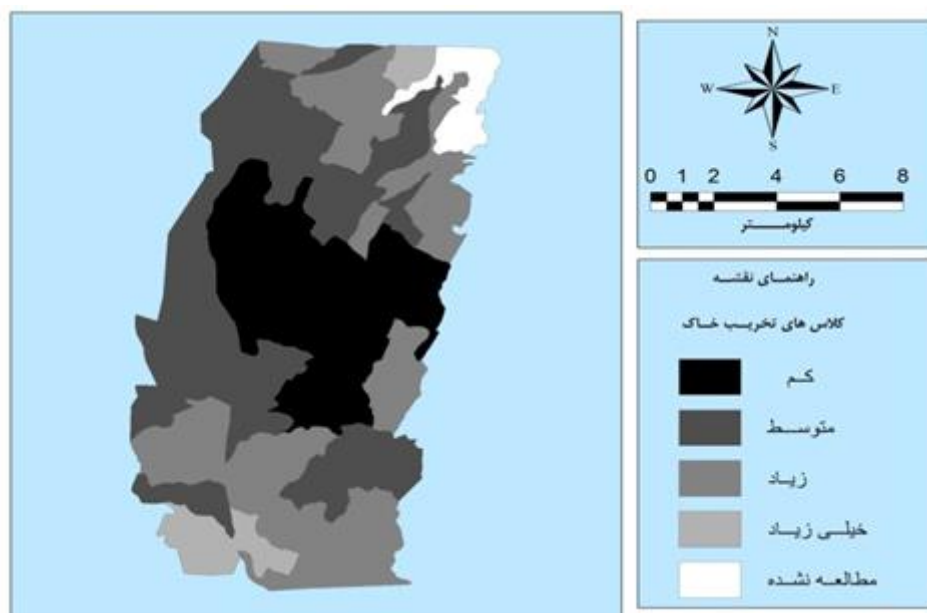
شکل ۴. نقشه خاک منطقه

تیپیک کلسی زرپت، تیپیک هاپلوزرپت^۴ و تیپیک زروارتنت^۵ قرار دارند. در سیمای اراضی دشت خاک سدیک زریک هاپلوکلسیدز^۶ دارای بیشترین فراوانی است و بعد از آن خاک‌های تیپیک هاپلوکلسیدز^۷،

نتایج به‌دست‌آمده از رده‌بندی خاک‌ها نشان داد که در سیمای اراضی تپه خاک لیتیک زروارتنت^۱، در سیمای اراضی پندلین خاک تیپیک کلسی زرپت^۲ و در سیمای اراضی پیدمونت خاک فلوونتیک هاپلوزرپت^۳ دارای بیشترین فراوانی‌اند و بعد از آن خاک‌های

4. Typic Haploxerepts
5. Typic Xerorthents
6. Sodic Xeric Haplocalcids
7. Typic Haplocalcids

1. Lithic Xerorthents
2. Typic Calcixerepts
3. Fluventic Haploxerepts



شکل ۵. نقشه تخریب خاک منطقه

جدول ۲. توزیع کلاس‌های تخریب خاک در منطقه مورد مطالعه

مساحت		درجه تخریب	کلاس تخریب خاک
درصد	وسعت (هکتار)		
۲۴٫۳۲	۴۰۲۷٫۸۷	کم	۱
۳۶	۵۹۸۷	متوسط	۲
۳۰٫۸	۵۱۲۸٫۹۴	زیاد	۳
۵٫۱۲	۸۶۵٫۸۱	خیلی زیاد	۴
۳٫۷	۶۲۰٫۳۸	مطالعه نشده	-

ژئوپدولوژی بر مبنای روش گلاسود صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که در حال حاضر پدیده تخریب خاک در کلیه بخش‌های اراضی منطقه با درجات مختلف در حال رخ دادن است. شکل ۵ پراکنش کلاس‌های آن را نشان می‌دهد.

جدول ۲ توزیع کلاس‌های تخریب خاک در منطقه مورد مطالعه را ارائه می‌کند و نشان می‌دهد که کلاس تخریب دو با درجه متوسط بیشترین و کلاس چهار با درجه خیلی زیاد کمترین مساحت منطقه را در بر می‌گیرد. جدول ۳ نقش انواع عوامل مؤثر در واحدهای نقشه تخریب خاک منطقه را نشان می‌دهد.

سدیک زیریک کلسی جیپسیدز^۱، زیریک کلسی جیپسیدز^۲، جیپسیک آکواسالیدز^۳، جیپسیک هاپلوسالیدز^۴، زیریک هاپلوکلسیدز^۵ و زروفلوونتیک هاپلوکمبیدز^۶ مشاهده شد. همچنین، نتایج نشان‌دهنده تنوع بیشتر خاک‌ها در سیمای اراضی دشت است.

۳.۳. نقشه تخریب خاک

تعیین کلاس‌های تخریب در واحدهای نقشه خاک

1. Sodic Xeric Calcigypsids
2. Xeric Calcigypsids
3. Gypsic Aquisalids
4. Gypsic Haplosalids
5. Xeric Haplocalcids
6. Xerofluventic Haplocambids

جدول ۳. نقش انواع عوامل تخریب خاک در هر یک از واحدهای مشخص شده بر روی نقشه تخریب خاک در شرق استان قزوین

کلاس تخریب	نوع تخریب	زیرتقسیم نوع تخریب	عامل	درجه	گسترش	شرح
.۱ کم	فرسایش آبی	کاهش عمق خاک سطحی (Wt)	فعالیت کشاورزی	کم	بسیار کم	شیارهایی با عمق ۵ تا ۱۵ سانتی متری و فاصله ۵ تا ۲۵ سانتی متری
		کاهش مواد آلی خاک و هدررفت عناصر غذایی (Cn)	فعالیت کشاورزی	متوسط	کم	مقدار ماده آلی خاک کمتر از ۱٫۵ درصد و مقدار متوسط ازت، فسفر و پتاس
	تخریب خواص شیمیایی خاک	شورشدن (Cs)	فعالیت کشاورزی	کم	بسیار کم	در عمق ۱۰۰ سانتی متری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر
		قلیائیت (Ca)	فعالیت کشاورزی	کم	بسیار کم	مقدار ESP خاک کمتر از ۱۵ درصد، SAR کمتر از ۱۳ و واکنش خاک کمتر از ۸٫۵
	تخریب فیزیکی خاک	فشرده شدن خاک و تشکیل سله در سطح (Pc)	فعالیت کشاورزی	کم	کم	علائم تشکیل سخت لایه و سله در سطح خاک در کمتر از ۵ درصد اراضی
		زهکشی (Pw)	فعالیت کشاورزی	کم	بسیار کم	عمق آب زیرزمینی بیش از ۱۰ متر
	.۲ متوسط	فرسایش آبی	کاهش عمق خاک سطحی (Wt)	فعالیت کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی	متوسط	متوسط
کاهش مواد آلی خاک و هدررفت عناصر غذایی (Cn)			فعالیت کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی	متوسط	زیاد	مقدار ماده آلی خاک کمتر از ۱ درصد و مقدار کم ازت، فسفر و پتاس
تخریب خواص شیمیایی خاک		شورشدن (Cs)	فعالیت کشاورزی	متوسط	زیاد	در عمق ۱۰۰ سانتی متری ۴ تا ۸ دسی زیمنس بر متر
		قلیائیت (Ca)	فعالیت کشاورزی	کم	کم	مقدار ESP خاک کمتر از ۱۵ درصد، SAR کمتر از ۱۳ و واکنش خاک کمتر از ۸٫۵
تخریب فیزیکی خاک		فشرده شدن خاک و تشکیل سله در سطح (Pc)	فعالیت کشاورزی	متوسط	متوسط	علائم تشکیل سخت لایه و سله در سطح خاک در کمتر از ۱۰ درصد اراضی
		زهکشی (Pw)	فعالیت کشاورزی	کم	کم	عمق آب زیرزمینی بیش از ۴ متر

ادامه جدول ۳. نقش انواع عوامل تخریب خاک در هر یک از واحدهای مشخص شده بر روی نقشه تخریب خاک در شرق استان قزوین

کلاس تخریب	نوع تخریب	زیرتقسیم نوع تخریب	عامل	درجه	گسترش	شرح	
۳. زیاد	فرسایش آبی	کاهش عمق خاک سطحی (Wt)	فعالیت کشاورزی، از بین رفتن پوشش گیاهی و شیب	زیاد	زیاد	شیارهایی با عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی متری و فاصله ۵ تا ۲۵ سانتی متری	
		کاهش مواد آلی خاک و هدررفت عناصر غذایی (Cn)	فعالیت کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی	متوسط	زیاد	مقدار ماده آلی خاک کمتر از ۵ درصد و مقدار بسیار کم ازت، فسفر و پتاس	
	تخریب خواص شیمیایی خاک	شورشدن (Cs)	فعالیت کشاورزی و مواد مادری	زیاد	بسیار زیاد	میانگین وزنی شوری عصاره اشباع خاک در عمق ۱۰۰ سانتی متری ۸ تا ۱۶ دسی زیمنس بر متر	
		قلیائیت (Ca)	فعالیت کشاورزی	متوسط	زیاد	مقدار ESP خاک بیش از ۱۵ درصد، SAR بیش از ۱۳ و واکنش خاک کمتر از ۸/۵	
	تخریب فیزیکی خاک	فشرده شدن خاک و تشکیل سله در سطح (Pc)	فعالیت کشاورزی	زیاد	متوسط	علائم تشکیل سخت لایه و سله در سطح خاک بین ۱۰ تا ۱۵ درصد از اراضی	
		زهکشی (Pw)	فعالیت کشاورزی	متوسط	زیاد	عمق آب زیرزمینی در کمتر از ۱ متر	
	۴. خیلی زیاد	فرسایش آبی	کاهش عمق خاک سطحی (Wt)	فعالیت کشاورزی، از بین رفتن پوشش گیاهی و شیب	بسیار زیاد	زیاد	شیارهایی با عمق بیش از ۵۰ سانتی متری و فاصله کمتر از ۲۵ سانتی متری
			کاهش مواد آلی خاک و هدررفت عناصر غذایی (Cn)	فعالیت کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی	بسیار زیاد	زیاد	مقدار ماده آلی خاک کمتر از ۱ درصد و مقدار بسیار کم ازت، فسفر و پتاس
		تخریب خواص شیمیایی خاک	شورشدن (Cs)	فعالیت کشاورزی و مواد مادری	بسیار زیاد	زیاد	میانگین وزنی شوری عصاره اشباع خاک در عمق ۱۰۰ سانتی متری بیش از ۱۶ دسی زیمنس بر متر
			قلیائیت (Ca)	فعالیت کشاورزی	متوسط	زیاد	مقدار ESP خاک بیش از ۱۵ درصد، SAR بیش از ۱۳ و واکنش خاک بیش از ۸/۵
تخریب فیزیکی خاک		فشرده شدن خاک و تشکیل سله در سطح (Pc)	فعالیت کشاورزی	زیاد	متوسط	علائم تشکیل سخت لایه و سله در سطح خاک در بیش از ۲۰ درصد اراضی	
		زهکشی (Pw)	فعالیت کشاورزی	متوسط	زیاد	عمق آب زیرزمینی در بعضی از بخشها کمتر از ۱ متر	

۴. بحث و نتیجه گیری

در کلاس کم تخریب خاک، مؤثرترین عامل مربوط به تخریب خواص شیمیایی خاک (Cn) است؛ که از نظر درجه تخریب متوسط و از نظر گسترش کم است. این واحد نقشه تخریب خاک برای کاربردهای کشاورزی مناسب است. خاک‌های این کلاس توان تولید زیاد و محدودیت کمی دارند و معمولاً، از نظر تخریب، توانایی بازسازی و عملکرد زیستی فراوانی دارند. وسعت این کلاس در کل منطقه ۴۰۲۷/۸۷ هکتار است.

کلاس متوسط تخریب خاک با مساحت ۵۹۸۷ هکتار بخش اعظم منطقه را پوشش می‌دهد. مؤثرترین عامل در تخریب خاک‌های این واحد مربوط به کاهش مواد آلی خاک و هدررفت عناصر غذایی (Cn) است؛ این یافته با نتایج مطالعه‌ای [۶] در دشت ابهر - خرم‌دره مطابقت دارد. این عامل تخریب از نظر درجه تخریب متوسط و از نظر گسترش زیاد است. این کلاس برای کاربردهای کشاورزی مناسب و دارای محدودیت متوسط است. همچنین، از نظر تخریب، توانایی بازسازی متوسطی دارد؛ به گونه‌ای که عملکرد زیستی آن تا حدی از بین رفته است. خاک‌های کلاس تخریب زیاد عملکرد زیستی و قابلیت بازسازی خود را تا حد زیادی از دست داده‌اند و مهم‌ترین عامل مؤثر در تخریب خاک‌های این واحد تخریب خواص شیمیایی خاک (Cs) است که از نظر درجه تخریب زیاد و از نظر وسعت بسیار زیاد است. از اراضی این کلاس می‌توان برای کاربری مراتع استفاده کرد. این واحد ۸۶۵/۸۱ هکتار از اراضی منطقه را شامل می‌شود.

زوال کامل عملکرد زیستی در اراضی‌ای با کلاس تخریب بسیار زیاد موجب شده تا آن‌ها به آسانی مستعد تخریب شوند؛ این نتیجه با یافته‌های مطالعه‌ای [۱۴] برای تهیه نقشه جهانی تخریب خاک مطابقت دارد. از این اراضی تحت مدیریت‌های اصلاحی می‌توان به عنوان مرتع استفاده کرد. مهم‌ترین عوامل مؤثر در تخریب خاک‌های این کلاس تخریب خواص شیمیایی خاک (Cn و Cs) است، که از نظر درجه و گسترش تخریب خاک بسیار زیاد است. خاک‌های این کلاس فاقد توانایی بازسازی‌اند؛ این یافته با نتایج مطالعه‌ای [۲۶]، که به بررسی تخریب و بازسازی خاک در شمال چین پرداخته بودند، هم‌خوانی دارد. این واحد با مساحت ۶۲۰/۳۸ هکتار بخش کمی از اراضی منطقه را پوشش می‌دهد.

در نقشه تخریب خاک تهیه شده در این تحقیق بر مبنای روش ژئوپدولوژی و مدل گلاسود جنبه‌های مختلف تخریب خاک ارائه شد. خاک‌های کلاس تخریب زیاد و بسیار زیاد عملکرد زیستی و قابلیت بازسازی خود را تا حد زیادی از دست داده‌اند؛ به طور کلی، نتایج تحقیق بیانگر این موضوع است که ۷۵ درصد از مساحت منطقه، که بخش بسیار زیادی است، تخریب شده و انحطاط یافته است و فقط در ۲۵ درصد از منطقه شواهد مشخصی از تخریب به صورت فعلی مشاهده نمی‌شود. تخریب خواص شیمیایی خاک - شامل کاهش مواد آلی، هدررفت مواد غذایی و شوری خاک‌ها - از مهم‌ترین جنبه‌های تأثیرگذار بر روند تخریب خاک‌های منطقه است؛ بنابراین، لازم است که با مدیریت‌های ویژه و توجه بیشتر مسئولان از تشدید بیشتر این فرایند در این نواحی از منطقه جلوگیری شود. این راهبردهای

منطقه است؛ کاربرد این راهبردها می‌تواند کیفیت این خاک‌ها را افزایش دهد و از تخریب بیشتر آنها جلوگیری کند.

مدیریتی شامل مصرف متعادل کودهای شیمیایی، افزایش مصرف کودهای آلی، زهکشی مناسب و کاشت گیاهان مقاوم به شوری در بخش‌های جنوبی

References

- [1] Bannai, M.H. (1998). *Soil moisture and temperature map*, Soil and Water Research Institute of Iran.
- [2] Baver, L.D., Gardner, W.H. and Gardner, W.R. (1973). *Fisica de suelos*, Mexico, *Union Tipografica Editorial Hispano Americana*, 529p.
- [3] Black, C.A. (1982). *Method of soil analysis, Chemical and microbiological properties*, *American Society of Agronomy, INC*, 2, 1965.
- [4] Blum, W.E.H. (1998). *Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation*. In: Lal R, Blum WEH (eds) *Methods for Assessment of Soil Degradation*, *Advances in Soil Science*, CRC Press, Boca Raton, Pp. 1-16.
- [5] Darwish, M.K. and Abdel Kawy, W.A. (2008). *Quantitative Assessment of Soil Degradation in Some Areas North Nile Delta*, Egypt, *International Journal of Geology*.
- [6] Eftekhari, K. and Moameni, A. (2011). The sensitivity of the soil resource degradation caused by human activities based on combining Geopedological approach and GLASOD in abhar plain-Khorramdarreh, *Soil Research Journal (Soil and Water Science)*, 25(2).
- [7] FAO. (1983). *Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture*, FAO Soils Bulletin n° 52 (FAO, Rome).
- [8] FAO/UNEP. (1984). *Provisional methodology for assessment and mapping of desertification*, Food and Agriculture Organization, United Nations Environmental Programmer. Rome, 84 p.
- [9] Gee, G.W. and Bauder J.W. (1986). Particle size analysis In, A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, 2010. Part 1. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA. Pp. 383-411.
- [10] Geological Survey and Mineral Exploration of Interior (2013). *Geology map of Qazvin Province*, scale 1:100,000.
- [11] Gholizadeh, A. and Moameni, A. (2002). Application of a geopedological approach and the prevailing method in Iran to land suitability classification for major crops in the Gonbad-e-Ghabous area, Golestan Province, *Iranian Journal of Soil and Water*, 15(3), 328-343.
- [12] Hengl, T. and Rossiter, D.G. (2003). Supervised landform classification to enhance and replace photo-interpretation in semi-detailed soil survey, *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 67(6), 1810-1822.
- [13] Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion, *Land Degradation and Development*, 12, 519-539.
- [14] Oldman, L.R., Hakkeling, R.T.A. and Sombrock, W.G. (1991). *World Map of the Statuses of Human-Induced Soil Degradation*, An Explanatory Note, ISRIC and UNEP.
- [15] Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate*, USDA. Circ. 939. U.S. GOV. Print Office, Washington, DC.
- [16] Organization Map of Iran, 1:40000 scale aerial photography (1998). Abyek region of Qazvin, Iran.
- [17] Ramankutty, N., Foley, J.A. and Olejniczak, N.J. (2008). *Land-use change and global food production*, In *Land use and soil resources*, Chapter3, Braimoh and Vlek (Eds). Springer.
- [18] Rossiter, D.G. (2000). *Lecture notes and reference methodology for soil resource inventories 2nd revised version*, Institute for Areospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, the Netherlands. 132 p.

- [19] Shaetzl, R.J. and Anderson, S. (2005). *Soils: Genesis and Geomorphology*, Cambridge University Press, New York, USA.
- [20] Sonneveld, B.G.J.S. (2003). Formalizing Expert Judgments in Land Degradation Assessment: A Case Study for Ethiopia, *Land Degrad. Develop*, 14, 347-361.
- [21] Soil Survey Staff (2010). *Keys to Soil Taxonomy*, 10th Edition, USDA. USA.
- [22] The nation's weather, climate data stations Klimatvlvzhy Garden of Kaosar, power station at the Shahid Rajai, Hashtgerd synoptic station of Qazvin (2013).
- [23] Udomsri, S. (2006). Application of computer assisted geopedology to predictive soil mapping and its use in assessing soil erosion prone areas: a case study of DoiAngKhang, AngKhang Royal Agricultural Station, Thailand. MSc. Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
- [24] Van Wambeke, A. (1985). *Soil Moisture and Temperature Regimes*, SMSS. Technical Monograph.
- [25] Van Wambeke, A.R. (2000). *The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes*, Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY USA.
- [26] Zhao, W.Z., Xiao, H.L., Liu, Z.M. and Li, J. (2005). Soil degradation and restoration as affected by land use change in the semiarid Bashang area, northern China, *Catena*, 59, 173-186.
- [27] Zinck, J.A. (1989). *Physiography and Soils, Lecture-notes for soil students, Soil Science Division*, Soil survey courses Subject matter: K6 ITC, Enschede, The Netherlands.
- [28] Zinck, J.A. (2013). *Physiography and Soils, Lecture-notes for soil students*, Soil Science Division, Soil survey courses Subject matter: K6 ITC, Enschede, The Netherlands.