

## بررسی کارایی روش ژئوپدولوژی در تهیه نقشه خاک و مقایسه آن با روش فیزیوگرافی

اصغر فرج نیا\* - استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی  
جمشید یاراحمدی - استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۵/۱۹

### چکیده

هدف از این تحقیق به کارگیری روش ژئوپدولوژی در تهیه نقشه خاک دشت هرزندات مرند در استان آذربایجان شرقی و مقایسه آن با نقشه خاکی است که قبلاً با روش فیزیوگرافی تهیه شده بود. ابتدا نقشه‌های پایه شامل عکس‌های هوایی، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی، تصویر لندست ETM منطقه، رقومی و سپس نقشه‌های اولیه مانند مدل ارتفاع رقومی، جهات و درصد شیب، سنگ‌شناسی و مدل سه‌بعدی تصاویر منطقه (3D) تهیه شد سپس با استفاده از آن‌ها واحدهای زمین‌نما بر اساس تفسیر رقومی و پس از تست زمینی مرزبندی و نام‌گذاری شدند در مرحله بعد مطالعات خاکشناسی در مناطق نمونه صورت گرفت. با تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی و اطلاعات حاصل از مطالعات صحرایی، خاک‌ها طبق روش طبقه‌بندی جامع خاک‌ها یا روش آمریکائی طبقه‌بندی و نیز لند فرم‌های مختلف تشخیص و نام‌گذاری شدند. نتایج نشان داد که منطقه مطالعاتی از سه واحد ژئومورفولوژیک کوهستان، دشت‌های دامنه‌ای و دره تشکیل شده‌اند. در این پژوهش، با توجه به الگوی پراکنش خاک‌های منطقه دو نوع واحد نقشه خاک شامل واحد همگون و واحد اجتماع یا مجموعه‌ها که خلوص واحدهای نقشه را نشان می‌دهد تشخیص داده شد که در روش فیزیوگرافی این ناخالصی‌ها در خاک‌های غالب ادغام و در نقشه خاک هیچ اشاره‌ای به آن‌ها نمی‌شود. در روش ژئوپدولوژی ۸ فامیل خاک در سه رده انتی سولز، اینسپتی سولز و اریدی سولز و ۶۹ واحد اراضی و ۱۴۵ مرزبندی نقشه تفکیک شد. در حالیکه در روش فیزیوگرافی تنها ۳۷ واحد اراضی و ۶۳ مرزبندی نقشه در دو رده انتی سولز و اینسپتی سولز تشخیص داده شده بود. از کیفیت بهتری برخوردار است. همچنین در این روش تنها ۳۷ پروفیل حفر شد که در مقایسه با روش فیزیوگرافی که ۱۸۰ پروفیل در آن حفر و مطالعه و نمونه‌برداری گردیده‌است هزینه کمتری صرف شده و زمان لازم برای تهیه نقشه خاک نیز به مراتب کمتر از روش فیزیوگرافی است. تعیین حدود و ترکیب واحدهای نقشه خاک در روش فیزیوگرافی در نظر گرفته نشده و تعیین حدود واحدها و مرزبندی‌های نقشه عاری از جنبه‌های آماری است. اما در روش ژئوپدولوژی مرزبندی واحدهای تفکیکی با واقعیت زمین منطبق است. لذا کارایی این روش به مراتب از روش فیزیوگرافی بیشتر بوده و توصیه می‌شود که در تهیه نقشه خاک روش ژئوپدولوژی جایگزین روش فیزیوگرافی شود.

واژگان کلیدی: ژئوپدولوژی، روش فیزیوگرافی، نقشه خاک، دشت هرزندات مرند.

## مقدمه

مطالعات خاکشناسی به عنوان پایه‌ای برای انجام مطالعات مربوط به بهره‌برداری بهینه از منابع زمینی از جمله کشاورزی، منابع طبیعی، برنامه‌ریزی شهری و محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت این مطالعات که مکملی برای سایر علوم مرتبط با خاک می‌باشد، تهیه نقشه‌ای جامع و همگن که در عین حال با هزینه پائینی تهیه شده باشد از اهمیت زیادی برخوردار است. روش ژئوپدولوژی<sup>۱</sup> می‌تواند مطالعات خاکشناسی را تسهیل نماید و تصویر دقیقی از پراکنش خاک‌های یک منطقه را با هزینه معقول ارائه نماید (رازیتیر، ۲۰۰۰). در این روش موقعیت خاک‌ها بر روی شیب، که بر روی خواص شیمیایی، حاصلخیزی و در نتیجه مدیریت آن‌ها نقش اساسی دارد، به عنوان مهم‌ترین فاکتور مؤثر در تفکیک واحدهای خاک مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین در این روش نقش توأم فرایندهای پدولوژیک و ریخت‌شناسی که در پیدایش، توزیع، نقشه‌برداری و رده‌بندی، توان تولیدی و مدیریت خاک‌ها مؤثرند، در تفکیک واحدهای نقشه و افزایش درجه خلوص آن‌ها از طریق تجزیه و تحلیل فرایندهای پدولوژیک بسیار زیاد است (الفرد زینگ، ۲۰۱۳). بنابراین اجرای پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های فوق، صرف‌نظر از اختصاصات آن‌ها تا حد زیادی تابع کیفیت نقشه خاک می‌باشد. فاکتور مهمی که در تهیه نقشه خاک مورد توجه قرار می‌گیرد وجود تغییرات درون و بین واحدهای اجرایی نقشه خاک است. هرچه مقدار تغییرات درون واحدها کمتر و تغییرات بین واحدهای نقشه بیشتر باشد درجه خلوص این واحدها افزایش می‌یابد (قلی زاده، ۱۳۸۰).

روش ژئوپدولوژی که به ابتکار موسسه بین‌المللی ITC هلند متداول شده و اعتبار جهانی دارد در ساختار سلسله مراتبی این روش شش سطح دقت در نظر گرفته شده است که به ترتیب زمین ساختار<sup>۲</sup>، ریخت‌زایش<sup>۳</sup>، زمین‌نما<sup>۴</sup> پستی‌وبلندی<sup>۵</sup> سنگ‌شناسی<sup>۶</sup> و لندفرم<sup>۷</sup> می‌باشد (الفرد زینگ، ۱۹۸۹). در سطح زمین‌ساختار بخش‌های قاره‌ای متشکل از زمین‌ساختارهای پهناور مانند کوردیلرها<sup>۸</sup> و زمین‌ناودیسها<sup>۹</sup> در سطح ریخت‌زایش تیپ‌های پهناور محیط‌های بیوفیزیکی که توسط جنبش‌های درون و برون‌زمینی ایجاد و کنترل می‌شوند مانند ژئوفرمهای ساختاری، ژئوفرمهای رسوبی و ژئوفرمهای بادی، در سطح زمین‌نما که عملاً در مطالعات منطقه‌ای تقسیم‌بندی از این سطح آغاز می‌شود بخش‌های وسیعی از سرزمین است که در آن‌ها تیپ‌های پستی‌وبلندی مشابه مرتباً تکرار می‌شوند باینکه از مجموعه‌ای از تیپ‌های پستی‌وبلندی غیرمشابه تشکیل شده‌اند مانند کوه‌ها، پلاتوها و دره‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در سطح پستی‌وبلندی قالب برجستگی‌ها که توسط ترکیبی از پستی‌وبلندی و ساختار زمین‌شناسی تعیین می‌شوند مانند خرپشته‌ها<sup>۱۰</sup> و فرازمین‌ها<sup>۱۱</sup> و یا قالب موادی که در تحت تأثیر شرایط مورفوکلیماتیک و یا فرایندهای ریخت‌زایش ایجاد می‌شوند مانند دشت‌سرها، تراس‌ها و دلتاها مورد مطالعه قرار

1- geopedology approach

2- Geostructure

3- Morphogenetic environments

4- Landscape

5- Relief/molding

6- Lithology/origin

7- Land form

8- Cordillera

9- Geosynclines

10- Hogback

11- Horst

می‌گیرند. در سنگ‌شناسی، منشاء پتروگرافی صخره‌های سخت مانند گنیس، سنگ‌آهک و یا منشاء و طبیعت سازندهای سطحی مانند ته‌نشست‌های پیرامون یخچالی، رسوبات دریاچه‌ای و آبرفتی (در کلیه سطوح) قابل تفکیک هستند. در سطح لندفرم تیپ‌های اصلی و واضح ژئوform که دارای ترکیبی از ویژگی‌های منحصر به فرد هندسی، دینامیکی و تاریخی هستند تفکیک می‌گردند. همان‌گونه که در سیستم طبقه‌بندی جامع خاک‌ها سری‌های خاک دارای حداکثر یکنواختی بوده و تغییرات جزئی در آن‌ها به صورت فاز تفکیک می‌شوند، در روش ژئوپدولوژیک واژه لندفرم دارای مفهوم منشائی و اختصاصاً به آخرین سطح تقسیم‌بندی سیستم اطلاق می‌گردد که دارای حداکثر درجه همگنی است. به طوری که زیر تقسیم‌های آن فقط در سطح فاز قابل انجام است که در تهیه نقشه خاک می‌توان متناسب با مقیاس و سطح دقت پدیده‌ها را متناسب با این شش سطح مورد تجزیه و تحلیل قرارداد (بنی نعمة و همکاران، ۱۳۸۴). اسفندیار پور و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند تغییر مکان منطقه نمونه در سطوح طبقه‌بندی مشابه (رده، زیر گروه و یا فامیل) و در واحدهای نقشه (کمپلکس و یا همگون) در دو واحد مشابه، به رغم شباهت پروفیل‌های انتخاب شده توسط کارشناس طبقه‌بندی خاک در مقایسه با بدون شاهد (در سطح فامیل) تفاوت اساسی در خصوصیات خاک‌ها نشان داد. بنابراین، شکل زمین برای افزایش دقت و صحت نتایج مطالعات در روش ژئوپدولوژی بایستی مهم قلمداد شود. همچنین گزارش شده است که موقعیت زمین‌نما بر روی شیب اثر قابل توجهی در تعیین واحد نقشه خاک در روش ژئوپدولوژی دارد به طوری که این موقعیت می‌تواند برای ارزیابی تغییرات خصوصیات خاک در یک واحدهای مشابه مورد استفاده قرار گیرد. (سرمدیان و همکاران، ۲۰۱۴).

آدامسری و همکاران (۲۰۰۶) منطقه دویی آینگ<sup>۱</sup> در تایلند را با روش ژئوپدولوژی مطالعه و ۱۶ لندفرم را در این اراضی تفکیک کردند و بر اساس خصوصیات عوامل خاکی مانند بافت خاک، عمق خاک و مواد آلی این اراضی را به سه کلاس دارای حساسیت کم، متوسط و زیاد به فرسایش تقسیم‌بندی نمودند. هنگل و رازیتز (۲۰۰۳) در تحقیقی که برای مطالعه خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه بارانجا<sup>۲</sup> در یوگسلاوی انجام دادند ۲۱ کلاس در سطح لندفرم تفکیک کرده و اعلام کردند این روش که بر اساس تفکیک لند فرم‌ها و تفسیر بر اساس روش ژئوپدولوژیک می‌باشد از کارایی بالایی در تفکیک واحدهای خاک برخوردار می‌باشد. شپانده (۲۰۰۲) مطالعه خاکشناسی حوضه آبخیز دریاچه ناواشا را در کنیا جهت تعیین نوع کاربری اراضی به روش ژئوپدولوژیک انجام داد. منطقه مورد مطالعه متشکل از سه واحد ژئوform شامل فلات، دره و دشت دریاچه‌ای بود. وی طبقه‌بندی متناسب اراضی برای محصولات عمده منطقه را که شامل یونجه، ذرت آبی، هویج، گل سرخ و گوجه‌فرنگی بود با کمک نرم‌افزار الس<sup>۳</sup> انجام داد. بیرکلند (۱۹۷۴) در ایالت آیووا در امریکای شمالی نشان داد که در خاک‌های با مواد مادری لسی که روی ۳ قسمت از شیب، شامل قله، شانه شیب و دامنه پرشیب تشکیل شده‌اند، اکثر خصوصیات خاک با شدت شیب همبستگی معنی‌دار دارند. به‌ویژه او دریافت که با افزایش شیب، ضخامت افق‌های خاک و مقدار مواد آلی در افق A کاهش می‌یابد.

مؤمنی (۱۹۹۴) برای اولین بار در ایران نقشه خاک‌های دشت همدان - بهار را با اعمال روش ژئوپدولوژیک تهیه کرد. در این تحقیق که مبتنی بر تجزیه زمین‌نما است تعداد هفت واحد ژئومورفیک در سطح زمین‌نما، دوازده

<sup>۱</sup>- Doi Ang

<sup>۲</sup>- Baranja

<sup>۳</sup>-Aless

واحد در سطح پستی و بلندی و سی و پنج واحد در سطح لندفرم در اراضی مورد مطالعه تفکیک شد. ویژگی عمده نقشه خاک تهیه شده به روش فوق، نقش آن در ایجاد همخوانی در لایه های اطلاعاتی بود که بر مبنای واحد دارای خصوصیات همگن (لندفرم) تهیه شده بودند. سازگاری لایه های اطلاعاتی شامل اطلاعات خاکشناسی، زمین شناسی، هیدرولوژی، جامعه گیاهی و اطلاعات حاصل از آنالیز رقوم تصاویر ماهواره ای، امکان استفاده از تکنیک های سامانه های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) را فراهم آورده و منجر به گروه بندی اراضی منطقه همدان - بهار بر حسب استعداد آنها برای برنامه ریزی استفاده بهینه از اراضی و نیز طبقه بندی تناسب اراضی برای اعمال روش های مختلف آبیاری گردید. همچنین نقشه خاک منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ تهیه شد. همچنین او همین روش را برای تهیه نقشه خاک منطقه مرودشت در استان فارس بکار گرفت (مؤمنی، ۱۹۹۹). خیر و خادمی (۱۳۸۰) تغییر پذیری برخی از خصوصیات خاک را در مقیاس زمین نما در اراضی شیب دار سمیرم بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که از نقطه نظر رده بندی، تفاوت خاکها در محدوده مورد بررسی آن قدر شدید است که خاک های متعلق به سه رده آنتی سولزها، آلفی سولزها و اینسپتی سولزها در فواصل بسیار کوتاه تکرار می شوند. قلی زاده و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که در منطقه گنبد کاووس انجام دادند، روش خاکشناسی معمول ایران را با روش ژئوپدولوژیک مقایسه نمودند. در مطالعات خاکشناسی انجام شده طبق روش معمول ایران، دو رده خاک در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شده و تعداد واحدهای نقشه خاک جدا شده ۶ واحد بود، در حالی که طبق روش ژئوپدولوژیک در همان منطقه ۳ رده خاک و ۱۳ واحد نقشه خاک شناسایی شد. از این مطالعه نتیجه گیری شد که روش فیزیوگرافی فاقد استاندارد و ترمینالوژی برای تفکیک لندفرم ها در اراضی تپه - ماهوری است و از مزایای مهم استفاده از روش خاکشناسی ژئوپدولوژیک، توانایی آن در تفکیک لندفرم ها در قسمت های مختلف اراضی به ویژه اراضی شیب دار می باشد و امکان بهتری برای طبقه بندی تناسب اراضی در این گونه واحدها را فراهم می آورد. بنی نعمه و همکاران (۱۳۸۴) مطالعه خاکشناسی اراضی حوضه آبخیز منطقه روضه چای در ارومیه را به وسعت ۲۸۰۰۰ هکتار جهت ارزیابی اراضی براساس روش ژئوپدولوژیک انجام دادند. واحدهای جدا شده شامل ۵ واحد در سطح زمین نما، ۱۳ واحد در سطح پستی و بلندی و ۱۸ واحد در سطح لندفرم بود که به عنوان مبنای طبقه بندی تناسب اراضی منطقه برای محصولات عمده منطقه مورد استفاده قرار گرفت. ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۷) در یک تحقیق در منطقه رجین میانه گزارش نمودند که نقشه خاک تهیه شده با روش ژئوپدولوژی در مقایسه با روش فیزیوگرافی دقیق تر است به طوری که نقشه خاک تهیه شده با روش فیزیوگرافی دارای ۱۷ واحد اراضی و ۲۵ مرز بندی نقشه بود در صورتی که نقشه خاک در روش ژئوپدولوژیک، دارای ۲۲ واحد اراضی و ۵۱ مرز بندی نقشه است لذا در روش ژئوپدولوژیک، واحدهای نقشه خاک دارای درجه خلوص بالاتر نسبت به روش معمول ایران است. تجزیه و تحلیل های این تحقیق نشان داد که امکان تبدیل مطالعات خاکشناسی قدیم به روش ژئوپدولوژیک امکان پذیر است ولی توجیه اقتصادی ندارد، بطوریکه هزینه و زمان مورد نیاز معادل انجام مطالعات جدید است.

## مواد و روش ها

### معرفی منطقه

دشت هرزندات مرند از توابع استان آذربایجان شرقی بوده و فاصله آن تا شهرستان مرند حدود ۳۰ کیلومتر و تا تبریز که مرکز استان است حدود ۱۰۰ کیلومتر است این منطقه با مساحتی بالغ بر ۲۷۰۰۰ هکتار در حاشیه جنوبی

کوه‌های اردوج که مرز شهرستان‌های جلفا و مرند است، قرار دارد. مرز جنوبی به ارتفاعات قزل داش و الله‌اکبر و سر حد غربی به کوه‌های عبدالعلی داش و در مرز شرقی به ارتفاعات هرزند جدید و بوقداداغ محدود شده و ارتفاع متوسط منطقه حدود ۱۴۵۰ متر است و جاده اصلی مرند - جلفا از میان این محدوده می‌گذرد. بر اساس اطلاعات موجود در گزارش مطالعات خاکشناسی رژیم رطوبتی منطقه زریک و رژیم حرارتی آن مزیک است (بی نام، ۱۳۸۶). به لحاظ زمین‌شناسی منطقه می‌توان گفت که بخش جنوبی و غربی آن را تشکیلات قرمز بالائی<sup>۱</sup> تشکیل می‌دهد که عمدتاً شامل آهک، سنگ ماسه و مارن می‌باشد و در بخش‌های شمالی و شرقی این محدوده، تشکیلات آذرین متعلق به کرتاسه فوقانی شامل فلیش در گستره وسیعی دیده می‌شود و بعلاوه تشکیلات کالر و ملانژ شامل سنگ‌های آذرین خروجی وجود دارد. در ارتفاعات قسمت شمالی محدوده که ارتفاعات اردوج است تشکیلات دونین زیرین شامل سنگ‌های آهکی و دولومیت در گستره وسیعی دیده می‌شود.

### روش پژوهش

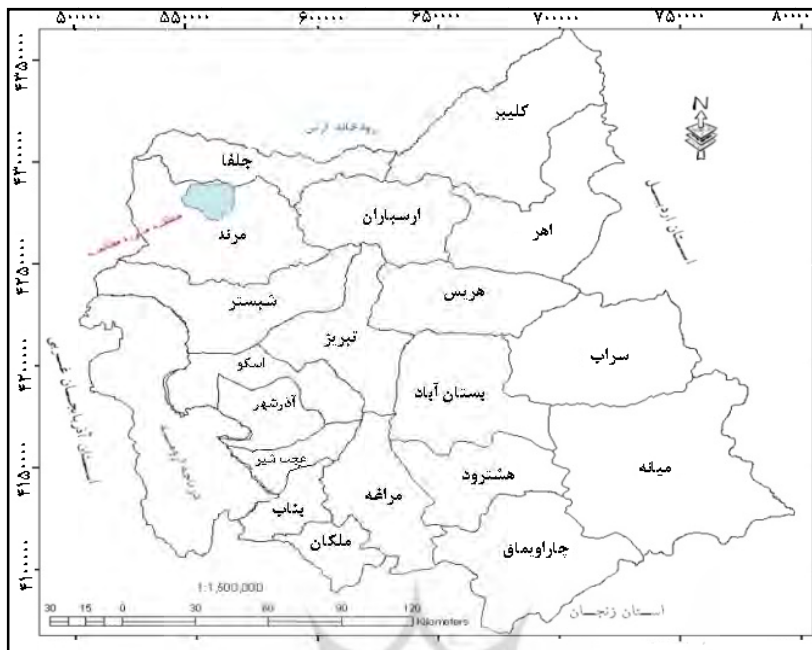
جهت انجام این تحقیق نقشه‌های پایه منطقه از قبیل توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی (سازمان زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰)، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۴۷) و تصویر لندست ETM منطقه با استفاده از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور رقومی شدند. سپس نقشه‌های همچون مدل ارتفاع رقومی<sup>۲</sup>، جهات شیب و درصد شیب، سنگ‌شناسی و مدل سه‌بعدی تصاویر منطقه (3D) تهیه شدند. بر اساس تفسیر رقومی از تصویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی واحدهای زمین‌نما<sup>۳</sup> از هم تفکیک و نام‌گذاری شدند. در ادامه، مطالعات خاکشناسی از طریق انتخاب مناطق نمونه صورت گرفت. مناطق نمونه طوری انتخاب می‌شوند که حداقل یک نقطه مشاهداتی (پروفیل) در هر واحد نقشه حفر گردد (بی نام، ۱۹۹۹). در خارج از مناطق نمونه کار به نحوی انجام شد که هر واحد مجزا شده بر روی نقشه خاک در عملیات میدانی مورد بررسی قرار گیرد و چنانچه واحد جدیدی مشاهده شد که سری خاک آن با سری خاک تعیین شده در مناطق نمونه مغایرت داشت با حفر و مطالعه نقاط مشاهداتی جدید نسبت به تعیین خصوصیات سری خاک آن ناحیه اقدام شد. پروفیل‌های حفر شده تشریح و نمونه خاک از لایه‌های مختلف تهیه و به آزمایشگاه منتقل شدند. تشریح پروفیل‌های خاک و مطالعات مورفولوژیکی پروفیل‌ها طبق روش معمول موسسه تحقیقات خاک و آب انجام گرفت با تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و براساس اطلاعات حاصل از مطالعات مورفولوژیکی در عملیات خاکشناسی، خاک‌ها طبق روش طبقه‌بندی جامع خاک‌ها<sup>۴</sup> طبقه‌بندی و نیز لند فرم‌های مختلف تشخیص و نام‌گذاری شدند. نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی خاک‌های موجود در لند فرم‌های مختلف به سایر لند فرم‌های مشابه موجود در سایر قسمت‌های منطقه تعمیم و هر جا لازم بود با حفر نیم چاله و مته، ترکیب واحدهای نقشه و حدود آن‌ها کنترل گردید. پس از تهیه نقشه خاک با روش ژئوپدولوژی دقت این روش با نقشه خاک تهیه شده در روش فیزیوگرافی (یا روش ماہلر) مقایسه گردید.

<sup>15</sup> - Upper red formations

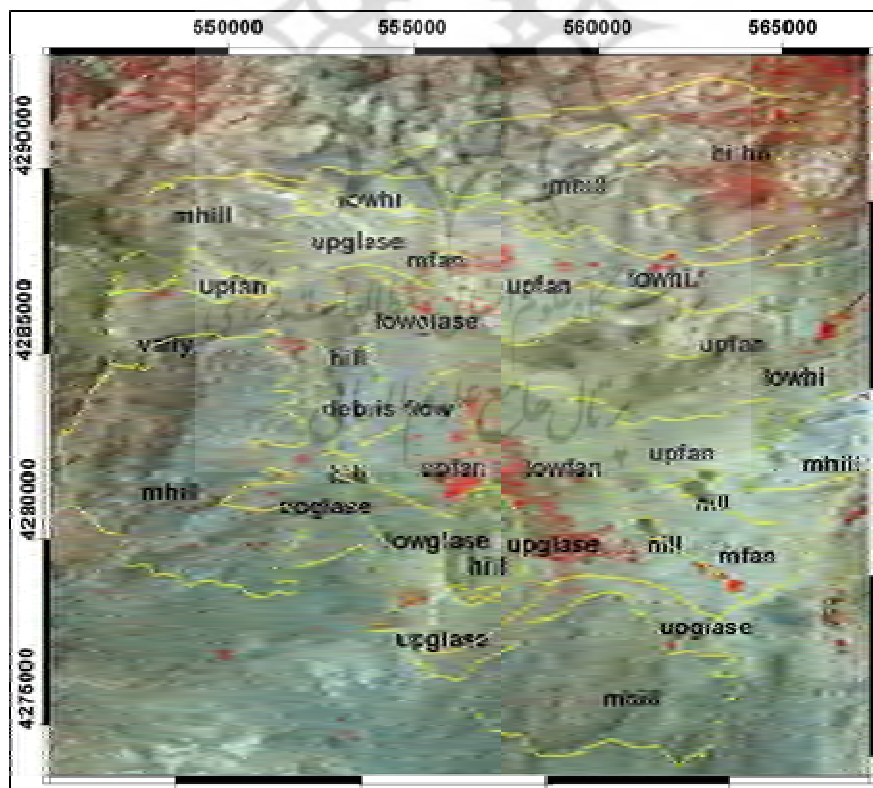
<sup>16</sup> - Digital Elevation Model (DEM)

<sup>17</sup> - landscape

<sup>18</sup> - Soil Survey Staff, 1998



شکل ۱: نقشه محدوده منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: نقشه واحدهای زمین‌نمای تفکیکی بر روی تصویر لندست

## نتایج

در منطقه مورد مطالعه ۳ واحد ژئومورفولوژیک شامل کوهستان، دره و دشت‌های دامنه‌ای تشخیص داده شد. واحد کوهستان ارتفاعات حاشیه منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود این واحد با مساحت ۱۴۳۳۴/۳ هکتار ۵۲/۷ درصد منطقه را تشکیل می‌دهد که دارای شیب‌های تندی است (عمدتاً بیش از ۵۰ درصد). این واحد خود به چهار زیر واحد تفکیک شد. در این واحد خاک‌های بسیار کم‌عمق همراه با بیرون‌زدگی‌های سنگی غالب است و تنها در بخش کوچکی از آن بانام واریزه‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار داخل کوهستان خاک نسبتاً عمیقی وجود دارد در صورتی که در مطالعات خاکشناسی قبلی که با روش ژئوپدولوژی صورت گرفته است کلیه واحدهای کوهستان و تپه مشترکاً با علامت T تفکیک و از اراضی مورد مطالعه حذف شدند به طوری که هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد خاک‌های این واحدها وجود ندارد. دومین واحد در این اراضی از نظر مساحت دشت دامنه‌ای است که با ۱۲۱۹۹ هکتار ۴۴/۹ درصد منطقه را شامل می‌شود. این واحد با شیب کمتر از ۱۰ درصد اراضی زراعی و باغی را در خود جای داده است. در این واحد در سطح پستی و بلندی ۸ واحد تشخیص داده شد. سطوح پائین افتاده روی این واحد در سطح لندفرم بنام اراضی پست تفکیک شدند که به علت گود بودن و بالا بودن سطح آب زیرزمینی مقداری نمک در طول پروفیل خاک انباشته شده است که در سطح فاز تحت عنوان خاک‌های شور از لندفرم‌های مشابه تفکیک شد. سومین واحد تفکیک شده در این اراضی واحد دره است که طبق تعریف بخشی از اراضی مسطح که بین دو ناحیه پست و بلند امتداد یافته، اطلاق می‌شود. این واحد زمین‌نما با ۶۶۰/۵ هکتار سطح کوچکی از منطقه را شامل می‌شود. این واحد نیز در مطالعات قبلی از اراضی مورد مطالعه تفکیک و با سیمبل R.W حذف شده‌اند. در این مطالعات با توجه به الگوی پراکنش خاک‌های منطقه دو نوع واحد نقشه خاک شامل واحد همگون<sup>۱</sup> و واحد اجتماع<sup>۲</sup> یا مجموعه‌ها که خلوص واحدهای نقشه را نشان می‌دهد تشخیص داده شده است که در روش فیزیوگرافی معمولاً این ناخالصی‌ها در خاک‌های غالب ادغام و در نقشه خاک هیچ اشاره‌ای به آن‌ها نمی‌شود (فرج نیا، ۱۳۹۰). به عبارت دیگر هر یک از واحدهای نقشه در روش فیزیوگرافی دارای ناخالصی‌هایی هستند که در روش ژئوپدولوژی هر کدام به عنوان یک واحد نقشه یا مرزبندی نقشه تفکیک شده‌اند. در روش ژئوپدولوژی ۸ فامیل خاک در سه رده انتی سولز<sup>۳</sup>، اینسپتی سولز<sup>۴</sup> و اریدی سولز<sup>۵</sup> تشخیص داده شد که مشخصات آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. در این نقشه خاک ۶۹ واحد اراضی و ۱۴۵ مرزبندی نقشه تفکیک شد که در مقایسه با روش فیزیوگرافی که در آن ۳۷ واحد اراضی و ۶۳ مرزبندی نقشه تشخیص داده شده است از کیفیت بهتری برخوردار است (شکل ۴). همچنین در این روش تنها ۳۷ پروفیل حفر شد که در مقایسه با روش فیزیوگرافی که ۱۸۰ پروفیل در آن حفر و مطالعه و نمونه‌برداری گردیده است هزینه کمتری صرف شده و زمان لازم برای تهیه نقشه خاک نیز به مراتب کمتر از روش فیزیوگرافی است. همچنین در روش فیزیوگرافی تجزیه سیستماتیک زمین‌نما و تفکیک سطوح ژئومورفولوژیکی انجام نمی‌شود و نقش واحدهای ژئومورفولوژیک و موقعیت آن‌ها روی شیب و نیز فرآیندهای پدولوژیک مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. علاوه بر آن، تعیین حدود و ترکیب واحدهای نقشه خاک در این روش در نظر گرفته نشده و تعیین حدود واحدها و

1 - Consociation

2 - Association

3 - Entisols

4 - Inceptisols

5 - Aridisols

مرزبندی‌های نقشه مبتنی بر آزمون و خطا بوده، عاری از جنبه‌های آماری است. به طوری که تعمیم نتایج تحقیقاتی را برای مدیریت کاربری‌های مختلف نمی‌توان بر مبنای تکرار واحدهای مشابه در نقشه خاک انجام داد. اما در روش ژئوپدولوژی همان طوری که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود مرزبندی واحدهای تفکیکی با واقعیت زمین منطبق است. در جدول شماره ۲ روابط بین خصوصیات زمین و خاک با محل پروفیل‌های حفر شده نشان داده شده است همان طور که ملاحظه می‌شود از قله کوهستان (High hill) تا خطالقدر منطقه (Low land) ارتباط بسیار نزدیک و معنی‌داری بین زمین‌نما و خصوصیات خاک تشکیل شده بر روی آن وجود دارد در کوهستان خاک‌های بسیار کم عمق سنگریزه‌دار همراه با بیرونزدگی‌های سنگی دیده می‌شود هر چه به پایین دست حرکت می‌کنیم از میزان و اندازه سنگریزه‌ها کاسته شده و عمق خاک افزایش پیدا می‌کند و همچنین میزان رس خاک نیز افزایش پیدا کرده و بافت خاک به سمت بافت‌های متوسط در واحدهای واریزه‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار، سنگین در دشت‌های دامنه‌ای و خیلی سنگین در اراضی پست سوق پیدا می‌کند. همچنین با حرکت به پایین دست شیب، خاک‌های کم عمق، جوان و فاقد تکامل پروفیلی (انٹی سولز) که خاک‌های غالب در کوهستان است به تدریج تکامل پروفیلی پیدا نموده و افق‌های کامبیک<sup>۱</sup> کلسیک<sup>۲</sup> که افق‌های مشخصه خاک‌های نسبتاً تکامل یافته (اینسپتی سولز) و افق سالیک<sup>۳</sup> که افق مشخصه خاک‌های تکامل یافته (اریدی سولز) می‌باشند تشخیص داده شده‌اند. لذا روش ژئوپدولوژی قادر به تفکیک تغییرات خاک در سطح زمین‌نما و سطوح پایین تر را دارد لذا مطالعات خاکشناسی با این روش به تولید نقشه‌های با کیفیت خوب و قابل قبول منجر می‌شود در صورتی که روش فیزیوگرافی فاقد این ویژگی است.

### بحث نتیجه‌گیری

در مطالعات خاکشناسی در سطح دقت نیمه تفصیلی<sup>۴</sup> اعمال روش ژئوپدولوژی منجر به تشخیص ۸ فامیل خاک در سه رده انٹی سولز، اینسپتی سولز و اریدی سولز و ۶۹ واحد اراضی و ۱۴۵ مرزبندی نقشه تفکیک شد که در مقایسه با روش فیزیوگرافی که در آن ۳۷ واحد اراضی و ۶۳ مرزبندی نقشه در دو رده تشخیص داده شده است از کیفیت بهتری برخوردار است. همچنین در این روش تنها ۳۷ پروفیل حفر شد که در مقایسه با روش فیزیوگرافی که ۱۸۰ پروفیل در آن حفر و مطالعه و نمونه برداری گردیده است هزینه و زمان کمتری صرف است. علاوه بر این تعیین حدود و ترکیب واحدهای نقشه خاک در روش فیزیوگرافی در نظر گرفته نشده و تعیین حدود واحدها و مرزبندی‌های نقشه عاری از جنبه‌های آماری است. اما در روش ژئوپدولوژی مرزبندی واحدهای تفکیکی با واقعیت زمین منطبق است. بنابراین روش ژئوپدولوژی در مقایسه با روش فیزیوگرافی یا روش مرسوم خاکشناسی در ایران از دقت بیشتری برخوردار بوده و زمان و هزینه لازم برای تهیه نقشه خاک در این روش به مراتب کمتر است و توصیه می‌شود این روش جایگزین روش فیزیوگرافی در مطالعات خاکشناسی شود. این نتایج با پژوهش‌های قلی زاده و همکاران (۲۰۰۲)، هنکل و رازیتر (۲۰۰۳) و ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۸۷) همخوانی دارد که گزارش نمودند روش ژئوپدولوژی نسبت به روش فیزیوگرافی علاوه بر صرفه‌جویی در زمان و

1 - Cambib

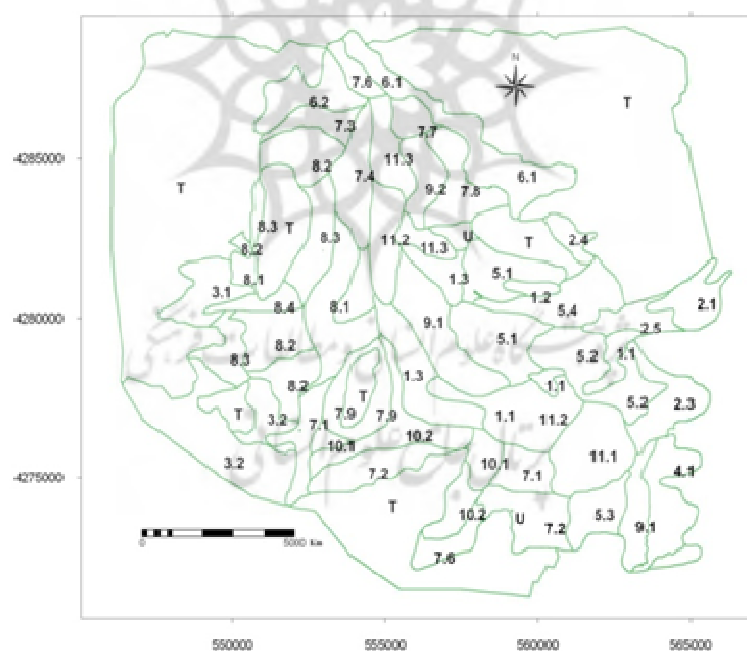
2 - Calcic

3 - Salic Horizon

4 - Semi detail



هزینه گارایی بیشتری داشته و نقشه‌های دقیق‌تری تولید می‌کند. سطح سوم رده‌بندی در روش ژئوپدولوژی نوع سنگ‌های مادری خاک‌های تشخیص داده شده روی زمین‌نما است (جدول ۱) که در تعیین خصوصیات خاک‌ها و استعداد حاصلخیزی اراضی نقش مهمی دارد و به کشاورزان در مدیریت اراضی کمک شایانی می‌نماید. در واحد کوهستان به‌غیر از واحد واریزه‌های سنگریزه دار بالادست که دارای خاک نسبتاً عمیقی است و برای کشت دیم اختصاص یافته‌اند اراضی زراعی وجود ندارد ولی در واحدهای دشت دامنه‌ای و دره قسمت عمده اراضی به کشت محصولات دیم اختصاص یافته‌اند که مهم‌ترین محدودیت آن‌ها برای کشاورزی آب است و در صورت تأمین آب آبیاری مناسب وجود سنگریزه، شیب‌دار بودن اراضی و بالا بودن سطح آب زیرزمینی و شور بودن اراضی از محدودیت‌های عمده هستند که در نقشه خاک با روش ژئوپدولوژی مقدار و محدوده آن‌ها با دقت از هم تفکیک شده است رفع یا تقلیل این محدودیت‌ها که عمدتاً از محدودیت‌های قابل اصلاح هستند می‌تواند به ترفیع کلاس اراضی و در نهایت افزایش عملکرد محصول در این واحدها منجر شود. وجود یک آبراهه اصلی که از خطالعر منطقه می‌گذرد فرصت مناسبی برای آبشویی و خروج زه آب‌ها از منطقه به‌خصوص اراضی شور را فراهم آورده است. لذا کارایی روش ژئوپدولوژی به‌مراتب از روش فیزیوگرافی بیشتر بوده و توصیه می‌شود که در تهیه نقشه خاک روش ژئوپدولوژی جایگزین روش فیزیوگرافی شود.



شکل ۳: نقشه سری‌های خاک با روش فیزیوگرافی

جدول ۱- موقعیت و خصوصیات زمین و خاک در پروفیل‌های احداثی

شماره پروفیل	زمین نما	درصد رس	بافت خاک	عمق خاک	میزان سنگریزه	اندازه ذرات درشت (cm)	شیب (%)	گروه بزرگ خاک (Soil taxonomy)
۱	Mountain (Mid Hill)	۴	شن لومی	<۵۰	۵۵-۷۵	۲۵<	>۴۰	Lithic Xerorthents
۲	Mountain (Low Hill)	۴	شن لومی	<۵۰	۵۵-۷۵	۲۵<	۲۵-۴۰	Lithic Xerorthents
۳	Isolated Hill	۸	شن لومی	۵۰-۸۰	۳۵-۲۵	۲۵<	۱۲-۲۵	Typic Xerorthents
۴	Up fan	۱۵	شن لومی	۱۲۰-۱۵۰	۵۵-۷۵	۲۵<	۸-۱۲	Typic Xerorthents
۵	Middle fan	۱۵	لوم شنی	>۱۵۰	۳۵-۲۵	۷/۵-۲۵	۸-۱۲	Typic Xerorthents
۶	Low fan	۱۷	لوم شنی	>۱۵۰	۳۵-۱۵	۷/۵-۲۵	۵-۸	Typic Xerorthents
۷	PMP (High glassy)	۲۲	لوم	>۱۵۰	۳-۱۵	۷/۵-۲۵	۵-۸	Typic Haplocambids
۸	PMP (Mid. glassy)	۳۲	لوم رسی سیلتی	>۱۵۰	۳-۱۵	۲/۵-۷/۵	۲-۵	Typic Haplocambids
۹	PMP (Low glassy)	۳۶	لوم رسی سیلتی	>۱۵۰	-	-	۲-۵	Typic Haplocalcids
۱۰	PMP (Low land)	>۴۰	رسی و رس سیلتی	>۱۵۰	-	-	--۲	Typic Haplosalids

جدول شماره ۲: راهنمای واحدها و زیر واحدهای ژئومورفولوژیک در منطقه هرزندات

Land scape	Relif/molding	Lithology	Land form	Map unit Type	Polypedon		Inclusion		Area
					Name	%	Name	%	
Mountain (MO)	High hill (MO1)	MO11: Thin bedded vermicular limston, calcareous	Slop facet complex	Consociation	Rock outcrop	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰	۱۰۲۲/۲
	High hill (MO1)	MO11: Thin bedded vermicular limston, calcareous	Slop facet complex	Consociation	Rock outcrop	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰	۱۰۲۲/۲
	High hill (MO1)	MO11: Thin bedded vermicular limston, calcareous	Slop facet complex	Consociation	Rock outcrop	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰	۱۰۲۲/۲
		MO21: Thin bedded vermicular limston, calcareous	Slop facet complex	Consociation	Rock outcrop	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰	۸۴۲/۸
		MO22: Red gray conglomerate with	Slop facet complex	Consociation	Rock outcrop	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰	۳۹۷/۴
		MO23: Old terraces	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۶۷۱/۶
		MO24: Young terraces	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۵۱۱/۴
		MO25: Tuff, pyroclastic	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۲۱۷۷/۱
		MO26: Thich bedded gray and light brown dolomite	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۴۲۴/۲
		MO27 Thin bedded yellow dolomite	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۳۳۵/۸
Middle hill (MO2)		MO28: Dacitic volcanic dome	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۷۳۱/۱
		MO29: Dark gray limston and gray marl in upper part	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۷۲۸
		MO210: Rhiodacit	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rock outcrop	۳۰	۲۶۲۲/۸

ادامه جدول شماره ۲: راهنمای واحدها و زیر واحدهای ژئومورفولوژیک در منطقه هرزندات

Land scape	Relif/molding	Lithology	Land form	Map unit Type	Polypedon Name	%	Inclusion	Area
Mountain (MO)	Lowhill (Mo3)	MO31: Dark gray limestone and gray marl	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۳۶۲/۶
		MO32: Dark red sandstone	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۱۱۷/۵
		MO33: Red gray conglomerate with	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۹۰۵/۷
		MO34: Old terraces	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۱۰۳۷/۳
Vally(va)	Terraces (Va1)	MO35: Young terraces	Slop facet complex	Consociation	Shalow Typic erorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۲۳۸
		Va11: Young terraces	Tread rise complex	Consociation	Typic Xerorthents	۹۰	Lithic Xerorthents	۱۰ ۶۶۰/۵
Piedmont (Pi)	Upglassy (Pi1)	Pi11: Young terraces	Slop facet complex	Consociation	Fluentic Haploxerepts	۸۰	Typic Xerorthents	۲۰ ۲۱۰۶/۸
		Pi12: Old terraces	Debris flow	Consociation	Typic Xerorthents	۸۵	Fluentic Haploxerepts	۱۵ ۶۰۲/۷۵
		Pi13: Rhiodacit	Slop facet complex	Consociation	Typic Xerorthents	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰ ۴۸/۴
		Pi14: Red and green gypsiferous marl	Slop facet complex	Consociation	Typic Xerorthents	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰ ۱۱۲/۹
		Pi15: Thich bedded gray and light brown	Riser	Consociation	Typic Xerorthents	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰ ۲۰/۵
	Low glassy (Pi2)	Pi21: Young terrace	Riser	Consociation	Typic Xerorthents	۷۰	Lithic Xerorthents	۳۰ ۱۶۶۲/۲
	Upfan (Pi3)	Pi31: Young terrace	Apical part	Consociation	Typic Xerorthents	۹۰	Lithic Xerorthents	۱۰ ۸۴۲/۳
Pi32: Old terrace		Apical part	Consociation	Typic Xerorthents	۹۰	Lithic Xerorthents	۱۰ ۱۲۶۴/۵	

ادامه جدول شماره ۲: راهنمای واحدها و زیر واحدهای ژئومورفولوژیک در منطقه هرزندات

Land scape	Relif/molding	Lithology	Land form	Map unit Type	Polypedon Name	%	Inclusion	Area
Piedmont (Pi)	Up fan (Pi3)	Pi33: Red gray conglomerate with Inteter bedded marl	Apical part	Consociation	Typic Calcixerepts	۸۵	Typic Xerorthents	۱۵ ۹۲/۲
		Pi41: Young terrace	Torrential salt effected	Consociation	Aquic Haploxerepts	۸۵	Typic Xerorthents	۱۵ ۱۰۲۷/۵
	Middle fan (Pi4)	Pi42: Old terrace	Distal part	Consociation	Typic Xerorthents	۹۰	Typic Xerfluents	۱۰ ۲۵۱/۴
		Pi43: Clay flat	Distal part salt effected	Consociation	Aquic Haploxerepts	۸۰	Typic Xerorthents	۲۰ ۱۰۲/۵۳
	Up fan (Mo4)	MO35: Young terraces	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۲۳۸
	Low fan (pi5)	Pi51: Young terrace	Distal part, salt effected	Association	Aquic Haploxerepts	۷۰	Typic Xerorthents	۳۰ ۲۴۸۳/۵
		Pi52: Clay flat	Distal part, salt effected	Consociation	Aquic Haploxerepts	۸۵	Typic Xerorthents	۱۵ ۷۷/۷
		Pi53: Travertine	Distal part	Consociation	Lithic Xerofluents	۸۵	Typic Xerorthents	۱۵ ۵۵/۸
	Isolated hill (Pi6)	Pi61: Young terrace	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۲۸/۵
		Pi62: Rhiodacit	Slop facet complex	Consociation	Lithic Xerorthents	۷۰	Rocky outcrop	۳۰ ۶۵۱/۱
Pi63: Young terrace		Debris felw	Consociation	Typic Xerorthents	۸۵	Lithic Xerorthents	۱۵ ۴۲/۷	
Total								۳۷۲۰۰

## منابع

- ابراهیم پور، رمضانعلی و عزیز مؤمنی. ۱۳۸۷. بررسی هم‌خوانی نقشه‌های خاکشناسی تولیدشده به روش متداول ایران و روش ژئوپدولوژی با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، در منطقه قره بلاغ استان زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد زنجان.
- بنی‌نعمه جمال، عزیز مؤمنی، راب‌هنمن و عباس فرشاد. ۱۳۸۴. کاربرد روش ژئوپدولوژیک و سنجش‌ازدور در ارزیابی قابلیت اراضی برای تولید علوفه در حوضه آبخیز روضه چای ارومیه - ایران. نهمین کنگره علوم خاک ایران. تهران.
- بی‌نام. ۱۳۸۴. مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی دشت هرزندات مرنند. مهندسین مشاور بوم‌آباد. وزارت نیرو. آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی.
- خیر، ح و ح. خادمی. ۱۳۸۰. بررسی تغییرپذیری برخی از خصوصیات خاک در مقیاس زمین‌نما (Landscape) در اراضی شیب‌دار سمیرم. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد. صفحه ۱۶۹-۱۷۰.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۷۰. عکس‌های هوایی دشت هرزندات مرنند به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی. ۱۳۸۵. نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ دشت هرزندات مرنند.
- قلی‌زاده، عبدالغفور، عزیز مؤمنی، حسینعلی بهرامی و محمدحسن بنائی. ۱۳۸۰. بررسی کارایی روش ژئوپدولوژیک و روش خاکشناسی معمول در ایران در افزایش خلوص واحدهای نقشه خاک و کاهش هزینه‌های مطالعات خاکشناسی. مجله علوم خاک و آب، ویژه‌نامه خاکشناسی و ارزیابی اراضی. ص: ۲۷-۱۳.
- فرج‌نیا، اصغر. ۱۳۹۰. نقشه‌برداری خاک‌ها. چاپ اول. انتشارات سومر. ص: ۱۰۵-۱۴۹.
- Esfandiarpour J, Salehi M, Tomanian N, Mohamadi J. The Effect of Location of Sample Area and Expert Knowledge on the Geopedological Approach in Soil Mapping (A Case Study: Borujen Area, Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province). JWSS - Isfahan University of echnology. 2009; 13 (49) :113-127.
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. FAO soil bulletin. 32: Rome.71 p.
- Hangle, T., and Rossiter, D.G. 2003. Supervised landform classification to enhance and replace photo interpretation in semi-detailed soil survey. Soil Science Society. Journal of Am, 67: 1810-1822.
- Jackson, M.L. 1975. Soil chemical analysis- advanced course. University of Wisconsin, college of Agric, Department of soils, Madison, WL, USDA.
- Mahler, P. J.1970. Manual of land classification for irrigation. Pub. N. 205. Soil Instituteof Iran. Ministry of Agriculture, Tehran,105p.
- Moameni, A. 1999. Soil quality changes under long term wheat cultivation in the Marvdasht plain, south-central Iran. Ph.D. dissertation, Gent University, Gent Belgium. 284 P.
- Momeni, A. 1994. Assesment of prevailing irrigation practices and their relaotin to soil, using remot sensing and GIS in the HAMADAN AREA(Iran). M. SC. Thesis, I.T.C. Ensched, The Netherland, 137 p
- Rossiter, D.G. 2000. Lecture notes and reference methodology for soil resource inventories. 2 nd Revised version. Institute for aerospace survey and earth sciences (ITC), Enscheda, and the Netherlands. 132 p. 16-Fereydoon Sarmadian, S.R. Mousavi , Munawar Iqbal , Ali Keshavarzi and Mostafa Sadeghnejad .2014. Investigation the variation of soil mapping units using geopedological approach. Acta Advances in Agricultural Sciences . AAAS - Volume 02 - Issue 05 - 25, Pages 01-09.
- Shepande, C. 2002. Soil and land use with particular attention to land evaluation for selected land use types in the lake Neivasha Basin, Kenya. International Institute for aerospace survey and earth Sciences (ITC), Enscheda, the Netherlands. 106 p.
- Soil Survey Staff.1999. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey .USDA-SCS Agric. Hand book No.436. US Govt.Printing Office, Washington, D.C.

- 19- Udomsri Satira, A. Farshad and D.P. Shrestha. 2006. Computer Assisted Geopedology for Digital Soil Mapping: A Case Study of Doi Ang Khang, Ang Khang Royal Agricultural Station, Chiang Mai, Thailand. MSc thesis. ITC. Netherland.
- 20- Zink, J. Alfred. 2013. *Geopedology, elements of geomorphology for soil and geohazard studies. Faculty of Geo- Information Science and Earth observation, Enscheda. The Netherlands.*
- 21- Zink, J.A. 1989. *Physiography and soils. Lecture notes for k6 course. Soils Division, ITC, Enscheda, the Netherlands. 156 P.*

