



کارآیی روش ژئوپدولوژی در نقشه برداری خاک‌های زراعی اراضی پایاب سد آیدوغموش میانه

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۲، شماره ۱، صفحات ۲۳-۹
(بهار ۱۳۹۵)

محمدحسن مسیح آبادی

استادیار گروه خاکشناسی

واحد علوم و تحقیقات

دانشگاه آزاد اسلامی

تهران، ایران

نشانی الکترونیک: ✉

hmasih@yahoo.com

شهلا محمودی

استاد گروه خاکشناسی

واحد علوم و تحقیقات

دانشگاه آزاد اسلامی

تهران، ایران

نشانی الکترونیک: ✉

smahmodi@ut.ac.ir

ناصر نظری*

استادبار گروه خاکشناسی

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

واحد میانه

دانشگاه آزاد اسلامی

میانه، ایران

نشانی الکترونیک: ✉

nas.nazari@gmail.com

*مسئول مکاتبات

شناسه مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۸

واژه‌های کلیدی:

- تفرق خاک
- سطوح ژئومرفیک
- لندفرم
- نقشه خاک
- منطقه تعمیم
- منطقه نمونه

چکیده یکی از روش‌های سیستماتیک برای تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک در نقشه‌برداری خاک که عملیات صحرایی را عمدتاً بر مبنای کار در منطقه نمونه پایه‌ریزی می‌کند، روش ژئوپدولوژی می‌باشد. هدف این تحقیق تعیین میزان اعتبار تعمیم‌پذیری نتایج حاصل از روش ژئوپدولوژی برای اشکال اراضی مشابه در منطقه میانه-استان آذربایجان شرقی بود. به این منظور مطالعه تفرق خاک با استفاده از اندازه‌گیری آن در یک توالی سلسله‌مراتبی از سطوح رده‌بندی خاک و مقایسه‌ی واحدهای مشابه در روش ژئوپدولوژیک با استفاده از شاخص‌های تفرق صورت گرفت. پس از تهیه نقشه تفسیری اولیه روی عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، واحد HPu211 که بیشترین مساحت از محدوده مطالعاتی را دربرمی‌گرفت، انتخاب گردید و تعداد ۱۵ پروفیل خاک با فواصل تقریبی ۱۵۰ متر در این واحد، حفر، تشریح و نمونه‌برداری شدند. میزان قابلیت تعمیم نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحد مزبور، از طریق حفر ۱۵ پروفیل خاک دیگر در یک واحد مشابه موجود در خارج از منطقه‌ی نمونه که منطقه تعمیم نامیده شده است، مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج شاخص تفرق شانن از سطح رده به سمت فامیل خاک، در هر دو منطقه نمونه و تعمیم، افزایش می‌یابد؛ لیکن تنها در سطح فامیل، تفاوت معنی‌داری بین میانگین تفرق خاک‌های دو منطقه در سطح اعتماد ۹۵٪ وجود دارد. افزایش تفرق خاک‌ها در خلال سلسله مراتب رده‌بندی خاک، حتی با تغییر مقیاس درک و تمرکز بر توالی افق‌های ژنتیکی پروفیل‌های حفر شده در مناطق نمونه و تعمیم نیز به اثبات رسید. بنابراین، به منظور افزایش دقت نتایج روش ژئوپدولوژی، استفاده از فازهای لندفرم‌ها و نیز تعیین فاز خانواده خاک و یا فاز سری خاک برای هر یک از حالت‌های لندفرم توصیه می‌شود.

و سرزمین را نشان می دهند؛ آن گاه می توان کیفیت آن ها را در رویارویی با واقعیت بررسی کرد. به طور کلی کیفیت نقشه، تابعی از سه ویژگی قابل اعتماد بودن اطلاعات^۶، میزان ارتباط اطلاعات با اهداف^۷، و نحوه ارائه اطلاعات^۸ می باشد.^[۳] البته، وسترن^۹ ویژگی دیگری را نیز تحت عنوان کاربرد اطلاعات^{۱۰} مد نظر قرار داده است.^[۱۸] الگوی سنتی^{۱۱} یا معمول^{۱۲} مطالعات شناسایی و نقشه برداری خاک، بر اساس میزان توانایی و تجربه کارشناسان در تفسیر فرآیندهای اصلی خاک سازی و فاکتورهای محیطی دخیل در تشکیل سیمای سرزمین^{۱۳} و یا سیمای خاک پایه ریزی شده است. بنابراین، داده ها و نقشه های استخراج شده از چنین الگویی، معمولاً ناتوانی مطالعات خاک در تشریح ساختار خصوصیات دینامیکی و ممتد^{۱۴} سیمای سرزمین را آشکار می سازند.^[۲۰] از سوی دیگر، انجام نمونه برداری های زیاد به منظور بالا بردن دقت نقشه برداری یا پهنه بندی

مقدمه دیدگاه ژئوپدولوژیک، یک روش سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک است که سعی دارد با بررسی جامع روابط خاک و ژئومرفولوژی و برهم کنش آن ها اقدام به نقشه برداری خاک نماید و کوچکترین واحد نقشه را که دارای بالاترین مراتب همگنی و یکنواختی از نظر شکل اراضی، سنگ شناسی و خاک می باشد، تفکیک و معرفی کند به خصوص اگر رابطه بین ژئومرفولوژی و خاک های آن منطقه، به خوبی تعریف شده باشد.^[۱۱]

به طور کلی، هدف اصلی در ژئوپدولوژی، سازمان دهی و طبقه بندی خاک ها یا پدونها بر اساس شواهد ژئومرفولوژیکی آن ها در سطح زمین و استفاده از یک ساختار سلسله مراتبی می باشد.^[۲۱] که معمولاً چهار سطح طبقاتی مختلف شامل سیمای اراضی^۱، پستی و بلندی^۲، سنگ شناسی^۳ و شکل اراضی^۴ را در این ساختار مد نظر قرار قرار می دهند.^[۱۱] این روش بر اساس میزان درستی فرضیه های زیر استوار است. خاک ها در سطوح پایین تر سلسله مراتب ژئوپدولوژی، از یکنواختی بیشتری برخوردار هستند. سطوح پایین تر سلسله مراتب ژئوپدولوژی، بیانگر یکسانی واحدهای هم نام در منطقه می باشند. مرزهای ترسیم شده توسط تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین، عمده ی تغییرات موجود در خاک ها را جدا می کنند. منطقه نمونه^۵، نماینده درست و واقعی واحدهای مورد مطالعه می باشد؛ به طوری که بر اساس الگوی خاک موجود در آن می توان واحدهای بازدید نشده را برون یابی کرد.^[۱۱،۲۱]

منظور از منطقه نمونه، کوچک ترین سطحی است که تمام یا بخش هایی از انواع واحدهای اراضی تفکیک شده در محدوده ی مورد مطالعه را پوشش دهد. به عبارت دیگر، منطقه نمونه را بایستی طوری روی نقشه تفسیری اولیه طراحی نمود که از هر کدام از واحدهای تفکیک شده، حداقل یک واحد در آن وجود داشته باشد. چگونگی تعیین این منطقه، از طریق تفسیر عکس های هوایی و نیز بر اساس محیط ژئولوژیکی، سیمای اراضی، نوع توپوگرافی، نوع ماده مادری و قابلیت دسترسی به واحدهای تفکیک شده انجام می گیرد.^[۱۷] منطقه نمونه، حدود ۱۰٪ از کل منطقه مطالعاتی را می پوشاند؛ ولی اگر همه سیمای اراضی حالت یکنواخت داشته باشد، کمتر از ۱۰٪ نیز قابل قبول است.^[۱۱] کیفیت هر کار یا ابزاری، هنگام به کارگیری آن مشخص می شود. بنابراین، اگر نقشه های خاک را ابزاری بدانیم که ویژگی های خاک

⁶ reliability

⁷ relevance

⁸ presentation

⁹ western

¹⁰ application

¹¹ traditional

¹² conventional

¹³ landscape

¹⁴ continuum

¹ landscape

² relief

³ lithology

⁴ landform

⁵ sample area

ایبانز و همکاران (۱۹۹۵) برای اولین بار استفاده از شاخص‌های تنوع اکولوژیکی را به عنوان معیارهای اندازه‌گیری تفرق خاک معرفی نمودند. این شاخص‌ها شامل غنی-شدگی^۶، همواری^۷ و تفرق^۸ بودند. غنی‌شدگی، در ارتباط با تعداد پدیده‌های موجود مانند تعداد کلاس‌های خاک در یک سطح مشخص از سامانه‌ی رده‌بندی خاک در یک منطقه مطالعاتی می‌باشد. همواری، بیانگر فراوانی نسبی هر کدام از پدیده‌های موجود مانند مساحت نسبی اشغال شده توسط هر کاتاگوری خاک است. تفرق، شاخصی است که دربرگیرنده‌ی هر دو شاخص غنی‌شدگی و همواری است و وجود شاخص‌های غنی-شدگی و همواری بزرگ‌تر، دلیلی بر وجود تفرق بیش‌تر می‌باشند.^[۵،۷] تفرق خاک را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف، شامل تفرق رده‌بندی خاک^۹، تفرق ژنتیکی خاک^{۱۰}، تفرق کارکردی خاک^{۱۱}، و تفرق ویژگی-های خاک^{۱۲}، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.^[۱۳،۱۶] نتایج پژوهش ایبانز و

و تخمین خصوصیات مورد نظر خاک، اجتناب‌ناپذیر است که این نیز خود مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیادی می‌باشد.^[۴] به همین منظور، در راستای کاهش هزینه و زمان اجرای مطالعات خاک‌شناسی و نیز افزایش دقت آن‌ها، روش ژئوپدولوژی اولین بار توسط زینک در انیستیتو بین‌المللی هلند^۱ پایه‌گذاری شده است.^[۲۱] روزیتیر (۲۰۰۰) اعتقاد دارد این روش برای مطالعات نیمه‌تفصیلی کاربرد فراوانی دارد. در این روش از پنج فاکتور خاک‌سازی، سه عامل زمان، مواد مادری و توپوگرافی برای جداکردن واحدهای خاک استفاده می‌گردد به طوری که با بررسی لیتولوژی منطقه مواد مادری و سن آن‌ها شناسایی می‌گردد.^[۱۱] از آنجایی که هر کدام از روش‌های نقشه‌برداری، متکی به نگرش خود نسبت به شباهت بین خاک-هاست، توجه به مسائلی هم‌چون شاخص‌های شباهت^۲، تفرق خاک‌ها^۳ و جنبه‌های مختلف آن‌ها می‌تواند به منظور انجام قضاوت‌های کیفی و کمی در رابطه با میزان اعتبار و کیفیت یک نقشه‌ی خاک، مفید واقع شود.^[۱۵]

افزایش انقراض گونه‌ها در اثر فشار ناشی از فعالیت‌های انسانی بر روی محیط، تمایل شدید پژوهشگران به موضوع ارزیابی و نگهداری تنوع زیستی^۴ را در طی سال‌های اخیر به دنبال داشته است.^[۵] در نتیجه، بوم‌شناسان با به‌کارگیری شاخص‌ها و مدل‌های تنوع، فاکتورهای دربرگیرنده‌ی ساختار و سازمان اکوسیستم‌ها را در سطوح مختلف تفکیک مکانی، مطالعه نموده‌اند. علی‌رغم پتانسیل زیاد این شاخص‌ها، در موارد نادر، از این راه‌کارها به منظور مطالعه‌ی ساختارهای غیرزنده‌ی سیمای اراضی استفاده شده است. در همین حال، چنین راه‌کارهایی ممکن است به منظور کشف، کمی‌سازی و مقایسه‌ی پیچیدگی الگوهای خاکی موجود در محیط‌ها و مناطق مختلف، مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، توجه به مفهوم تفرق خاک مهم می‌باشد؛ زیرا عمدتاً به عنوان یک ویژگی از یک جامعه‌ی طبیعی سازمان‌یافته محسوب می‌گردد که در طی فرآیندهای تکامل اکولوژیکی، حادث می‌شود.^[۷] به طور کلی، تفرق خاک را می‌توان به عنوان معیاری از تغییرپذیری خاک و یا تابعی از فاکتورهای خاک‌سازی تعریف نمود.^[۱۰]

در دهه‌های اخیر، استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی، مانند شاخص شانون^۵، در راستای انجام مطالعات تفرق خاک، مورد توجه قرار گرفته است.^[۵،۸]

⁶ richness

⁷ evenness

⁸ diversity

⁹ taxonomic pedodiversity

¹⁰ genetic pedodiversity

¹¹ functional pedodiversity

¹² diversity of soil properties

¹ Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente (ITC)

² similarity indices

³ pedodiversity or soil diversity

⁴ biodiversity

⁵ Shannon index

مراتبی از سطوح رده بندی خاک و مقایسه واحدهای مشابه در روش ژئوپدولوژیک با شاخص های تفرق به منظور بررسی میزان اعتبار تعمیم پذیری نتایج این روش برای اشکال اراضی مشابه در منطقه میانه بود.

مواد و روش ها

منطقه مطالعاتی و جمع آوری داده

با توجه به وضعیت توپوگرافی، زمین شناسی و ژئومورفولوژی موجود در استان آذربایجان شرقی و شهرستان میانه که تکرارپذیری اشکال اراضی در آنها به وفور دیده می شود؛ بنابراین، منطقه مناسب برای دسترسی به اهداف تحقیق، در این شهرستان مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت منطقه ای به مساحت تقریبی ۱۵۰۰ هکتار و ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، واقع در پنج کیلومتری جنوب شرقی شهر میانه انتخاب شد. این منطقه برحسب یا سامانه تصویر جهانی مرکاتور^۲ در حد فاصل طول های جغرافیایی شرقی و عرض های جغرافیایی شمالی ۴۱۳۸۱۱۳ تا ۴۱۴۳۴۰۳ متر قرار گرفته و دارای میانگین بارش سالانه ۳۱۵/۷ میلی متر و متوسط دمای سالیانه ۱۰/۹ درجه سلسیوس

همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که با افزایش سطح نمونه برداری، میزان غنی شدگی طبقات خاک افزایش می یابد و در نتیجه می توان تصور نمود که تنوع زیستی و تفرق خاک، دارای رفتار مشابهی هستند.^[۷] بیانز و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که مقدار شاخص های همواری و تفرق برای نواحی اقلیمی موجود در عرض های جغرافیایی متوسط، بیش تر از عرض های پیرامون مدارهای استوا و شمالی می باشند و نتیجه گرفتند که الگوهای خاکی نواحی اقلیمی مختلف، بر اساس یک گرادیان وابسته به عرض جغرافیایی، کاملاً به یک دیگر اتصال دارند.^[۸] سالدانا و ایبانز (۲۰۰۴) با کاربرد شاخص های غنی شدگی و تفرق برای یک ردیف زمانی^۱ خاک تکامل یافته بر روی تراس های رودخانه ای موجود در شمال شرقی مادرید-اسپانیا- ملاحظه کردند که غنای خاک، از سمت تراس پایینی جوان تر به سمت تراس بالایی مسن تر افزایش می یابد. به علاوه، ایشان بیان کردند که با افزایش دقت طبقه بندی و نیز زیاد شدن مساحت مطالعاتی، تفرق خاک بیش تر می گردد. هم چنین، نتایج تحقیق آنها حاکی از آن بود که تفرق رده بندی خاک، متناسب با افزایش سن تراس ها زیاد می شود؛ در حالی که تفرق ژنتیکی آن، با افزایش سن تراس ها کاهش می یابد.^[۱۳] تومانیان و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از یک روش سلسله مراتبی ژئومرفیک، تفرق رده بندی و ژنتیکی خاک را برای دره ی زاینده رود مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با پایین رفتن از سطح سیمای اراضی به سمت سطوح ژئومرفیک، شاخص تفرق شانن افزایش می یابد. هم چنین، توالی افق های خاک در سطح فامیل نشان داد که فامیل های خاک، دارای شاخص های تفرق بالایی در درون سطوح ژئومرفیک هستند.^[۱۶]

در هر حال، زمانی که جوامع مورد مطالعه، از تفاوت بسیار زیادی برخوردارند؛ امکان معنادار نبودن مقایسه ی شاخص های تفرق وجود دارد. هم چنین، شاخص های تفرق معمولاً از تغییرپذیری لازم برای مکان هایی که دارای گونه های مشابه اما با نسبت های متفاوت هستند، برخوردار نیستند. در چنین مواردی، کاربرد شاخص های شباهت می تواند موجب رفع کاستی های مذکور شود.^[۱۹] این که تعمیم پذیری نتایج داده های خاک منطقه نمونه به خارج از آن، چقدر می تواند مفید باشد و واقعیت صحرا را به نمایش گذارد، موضوعی است که باید در مطالعات مختلف مورد آزمون قرار گرفته و قابلیت کاربرد روش ژئوپدولوژی، ارزیابی شود. هدف از پژوهش حاضر، مطالعه تفرق خاک با اندازه گیری آن در یک توالی سلسله-

² Universal Transverse Mercator (UTM)

¹ chronosequence

مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری واحدهای ژئومورفیک موجود در منطقه با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و روش ژئوپدولوژیک با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و با کمک نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی در سطوح مختلف تفکیک شدند. سپس مطالعات خاک‌شناسی از طریق انتخاب مناطق نمونه^۱ در بطن منطقه انجام شد. مناطق نمونه طوری انتخاب شدند که حداقل یک نقطه مشاهداتی در هر واحد نقشه حفر و مطالعه شود. مناطق نمونه به صورت تفصیلی مورد مطالعه قرار گرفتند. در خارج از مناطق نمونه، کار به نحوی انجام شد که هر واحد مجزا شده روی نقشه خاک در عملیات میدانی مورد بررسی قرار گرفته و چنانچه واحد جدیدی مشاهده شود که سری خاک آن با سری خاک تعیین شده در مناطق نمونه مغایرت داشته باشد، با حفر و مطالعه نقاط مشاهداتی نسبت به تعیین خصوصیات سری خاک جدید اقدام شود. پس از تشریح پروفیل‌ها، از افق‌های مشخصه نمونه‌برداری و برای انجام تجزیه شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه منتقل شدند.

طی عملیات صحرایی، ابتدا مرز

می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه مطالعاتی براساس روش فرانکلین نیوهال^۱ و روش توسعه یافته آن^۲ به ترتیب، زیرک خشک^۳ و مزیک^۴ هستند. منطقه مورد مطالعه، چهار سیمای سرزمینی مختلف شامل اراضی تپه‌ماهوری^۵ و پیدمونت^۶، دره^۷ و پلاتوهای مرتفع^۸ را دربرمی‌گیرد. پلاتو، بخش اعظم این منطقه را تشکیل می‌دهد که کنار جاده اختصاصی فولاد آذربایجان (جاده میانه-میاندوآب) قرار گرفته است.

در این مرحله، تمام لوازم و اطلاعات مورد نیاز برای تهیه نقشه ژئوپدولوژیک منطقه شامل عکس‌های هوایی به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ جمع‌آوری شد.

تهیه نقشه تفسیری اولیه (نقشه ژئوform) منطقه مطالعاتی

این تفسیر، براساس دیدگاه ژئومورفیک و با توجه به سطوح طبقاتی ارائه شده توسط زینک (۱۹۱۹) به صورت مرحله‌ای روی عکس‌های هوایی با مقیاس "۱:۲۰۰۰۰" انجام پذیرفت.^[۲۱] در این روش برای تفکیک واحدها از ارتباط خاک-سرزمین استفاده شد و براساس دانش ژئومورفولوژی و با در نظر گرفتن فاکتورهای زمین-شناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی، توزیع و پراکنش اشکال اراضی یک‌نواخت حاصل گردید. سپس عکس‌های هوایی با در نظر گرفتن عواملی از قبیل زمینه عکس‌ها، وضع کرت‌بندی اراضی، وضع ظاهری اراضی، شیب، پستی و بلندی، فرسایش و شبکه‌های زهکشی طبیعی اراضی و با استفاده از استریوسکوپ آئینه‌دار تفسیر شده، اسکن و وارد محیط نرم‌افزار ایلویس^۹ گردیدند. در مراحل بعد، عکس‌های وارد شده به محیط نرم‌افزار ایلویس، با استفاده از نقاط مرجع برداشت شده در صحرا و همچنین با کمک گرفتن از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و Aster منطقه مورد مطالعه، زمین‌مرجع شدند. در نهایت، با رقومی کردن مرزهای ترسیم شده روی تک‌تک عکس‌ها، نقشه اولیه اشکال اراضی منطقه مورد مطالعه به دست آمد. در نهایت، مرز واحدهای موجود در نقشه تفسیری اولیه در طی عملیات صحرایی، بازبینی و تصحیح گردید.

¹ Franklin Newhall, NSM

² A Vanvambeke

³ dry xeric

⁴ mesic

⁵ hilland

⁶ piedmont

⁷ valley

⁸ higher platueax

⁹ ILWIS 3.4

¹⁰ sample areas

جدول ۱) واحدهای تشخیص داده شده در منطقه مطالعاتی به روش ژئوپدولوژی، همراه با مساحت هر کدام از آنها

Table 1) Units identified in the study area by geopedological approach, along with an area for each them

Landscape	Relief	Lithology	Landform	Area(ha)
H _i Hilland	H _i 1 low-lying hills	H _i 11 Alternation of marl and metamorphosed marly limestone	H _i 111: A combination of shoulder and back slope	44.8
		H _i 13 Alluvial fans and Young alluvial terraces	H _i 131: A combination of shoulder and back slope	5.30
			H _i 132: Foot slope	4.72
P _i Piedmont	P _i 2 Fan-shaped alluvium	P _i 23 Alluvial deposits of limestone and dolomite	P _i 231: Active fan	234.25
	P _i 3 Connections of fans	P _i 32 Dolomite and limestone	P _i 322: stream terraces covered by a Green meadow	76.21
V _a Valley	V _a 2 River bed	V _a 21 River sediments	P _i 321: Dense network of surface drainage	211.33
HP _u Higher plateau	HP _u 2 Mesa	HP _u 21 Calcareous alluvial sediments	Va21: Set of stack and river terrace	2.75
			HP _u 211: High and flat plateau	412.55

شده و پس از هوا خشک نمودن نمونه‌های برداشت شده، آنالیزهای آزمایشگاهی لازم بر روی آنها صورت گرفت. در نهایت، رده‌بندی خاک‌ها تا سطح فامیل و سری بر اساس نتایج آزمایشگاهی نهایی گردید.

مطالعات تفرق خاک‌ها

اهمیت غیریکنواختی سیمای اراضی و شناسایی تفرق خاک، در مطالعات مختلف مد نظر قرار گرفته‌اند. [۷۸، ۱۳، ۱۶] در این پژوهش، تفرق رده‌بندی خاک در سطوح مختلف (رده، زیررده، گروه بزرگ، زیرگروه و فامیل) و تفرق ژنتیکی آن در سطح افق‌ها برای مناطق نمونه و تعمیم، مورد بحث قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل تفرق خاک‌ها از

واحدهای موجود در نقشه تفسیری اولیه، بازمینی و تصحیح شدند. سپس به منظور نمونه‌برداری از خاک، براساس اصول بیان شده برای تعریف منطقه نمونه در روش ژئوپدولوژی، بخشی از کل منطقه مطالعاتی موجود در نقشه تفسیری به عنوان منطقه نمونه انتخاب شد. به طوری که از انواع واحدهای نقشه تفسیری اولیه، حداقل یک مورد از هر کدام در این منطقه نمونه وجود داشت.

موقعیت واحد HPu211 که تکرارپذیری خوبی را در منطقه نشان می‌داد و نیز بالاترین سطح از محدوده مطالعاتی را دربر می‌گرفت (جدول ۱)، متفاوت در نظر گرفته شد. براساس روش نمونه‌برداری شبکه‌ای^۱ و در قالب مطالعات خاک‌شناسی رده دوم^[۱] اقدام به حفر پروفیل‌هایی به طول ۲، عرض ۱ و عمق ۱/۵ و با فواصل ۱۵۰ متر از یکدیگر شد؛ به طوری که تعداد ۱۵ پروفیل در واحد HPu211 حفر گردید. میزان اعتبار تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحد HPu211، از طریق حفر ۲ پروفیل دیگر در یک واحد مشابه موجود در خارج از منطقه نمونه که منطقه تعمیم^۲ نامیده شده است، مورد بررسی قرار گرفت.

در نهایت، تمامی پروفیل‌های حفر شده، براساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک‌ها در صحرا^[۱۴] تشریح شده و مطابق کلید رده‌بندی آمریکایی خاک^[۲] طبقه‌بندی گردیدند. با انجام نمونه‌برداری از افق‌های ژنتیکی تمامی پروفیل‌های حفر

1 grid sampling

2 generalization or validation area

است که در آن، توزیع شدیداً غیریکنواختی از فراوانی نسبی گونه-ها قابل رؤیت باشد؛ به عبارت دیگر، زمانی که یک گونه نسبت به کل گونه‌ها غالب باشد.^[۷]

آن گونه که *سالدانا* و *ایبانز* (۲۰۰۴) اظهار داشتند، اختلافی بین تفرق خاک محاسبه شده از روی سطحی که نمونه‌ها نماینده آن هستند و یا تفرق محاسبه شده از روی تعداد آن‌ها وجود ندارد. در نتیجه، در این مطالعه، تعداد کلاس‌های خاک، برای محاسبه و ارزیابی شاخص‌های تفرق رده‌بندی خاک‌ها و تعداد و توالی افق‌های خاک در هر سطح رده‌بندی، برای محاسبه تفرق ژنتیکی خاک‌ها استفاده شدند.^[۱۳]

اگر شاخص شانن برای جوامع یا واحدهای مختلف محاسبه گردد، شاخص‌های محاسبه شده از توزیع نرمال تبعیت خواهند نمود. این ویژگی، امکان استفاده از آمار کلاسیک در راستای مقایسه‌ی تفرق جوامع مختلف را فراهم می‌سازد. در نتیجه، به منظور آزمون آماری قابلیت اعتماد رویکرد جداسازی واحد تکرارپذیر در دو منطقه نمونه و تعمیم، از توزیع t به صورت زیر استفاده گردید.^[۶]

$$T = \frac{H_1 - H_2}{\sqrt{\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2}} \quad (۴)$$

طریق محاسبه‌ی شاخص‌های غنی‌شدگی (S)، شانن (H') و همواری (E) برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک صورت پذیرفت. تعداد طبقات خاک یا اجزای موجود در هر کدام از دو منطقه نمونه و تعمیم، به عنوان شاخص غنی‌شدگی در نظر گرفته شد. شاخص‌های مبتنی بر فراوانی نسبی موجودیت‌های مورد مطالعه، رایج‌ترین روش برای اندازه‌گیری تفرق می‌باشند.^[۹] یکی از پرکاربردترین شاخص‌های تفرق که در بوم‌شناسی، به عنوان معیاری از غیر یکنواختی^۱ ساختار یک جامعه استفاده شده است، شاخص شانن نام دارد.^[۱۳] معادله این شاخص بسیار شبیه به معادله‌ای است که توسط بولتزمن^۲ برای تعیین آنتروپی سامانه‌های ترمودینامیکی بیان شده است و این دلیلی است بر آن‌که چرا شاخص شانن را شاخص آنتروپی^۳ نیز نامیده‌اند.^[۷] بیان ریاضی شاخص شانن به صورت زیر است:

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln p_i \quad (۱)$$

که p_i نشانگر نسبت اجزای موجود در واحد اُم است. در حقیقت، مقدار واقعی p_i نامعلوم می‌باشد و در نتیجه، به جای آن از نسبت n_i/N استفاده می‌شود که n_i بیان‌گر تعداد اجزای متعلق به اُمین واحد می‌باشد و N ، عبارت از تعداد کل اجزای جمع‌آوری شده است.

حداکثر آنتروپی ممکن (H'_{\max}) برای شرایط به خصوصی از غنی‌شدگی، در وضعیتی اتفاق می‌افتد که تمام اجزاء یا طبقات مختلف، دارای احتمال برابر باشند.^[۷،۸]

به عبارت دیگر، از نظر ریاضیاتی، زمانی این اتفاق رخ می‌دهد که شرط زیر برقرار باشد:

$$\text{معادله (۲)}$$

$$H' = H'_{\max} = \ln S$$

تحت چنین شرایطی، نسبت تفرق مشاهده شده به حداکثر تفرق ممکن، به عنوان معیاری از همواری مد نظر قرار می‌گیرد،^[۷،۸،۱۳] که معادله ریاضی آن به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{معادله (۳)}$$

$$E = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

همواری می‌تواند دارای هر مقداری بین صفر و یک باشد. عدد یک بیانگر وضعیتی است که در آن تمام گونه‌ها یا موجودیت‌ها دارای احتمال برابر هستند. به عنوان مثال، زمانی که گونه‌ها یک سطح یکسان را اشغال کنند. عدد صفر بیانگر وضعیتی

^۱ heterogeneity

^۲ Boltzmann

^۳ entropy index

$$\text{Var}H_2)^{1/2}$$

که H_1 ، بیانگر شاخص تفرق محاسبه شده برای واحد μ_m است. $\text{Var} H_1$ ، نشان- دهنده ی واریانس تفرق محاسبه شده برای μ_m واحد می باشد که به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{Var}H_i = \{[\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2 / N] + (S-1)/2N^2\} \quad \text{معادله (5)}$$

در چنین شرایطی، درجه آزادی لازم برای قرائت μ_m جدول، از طریق فرمول زیر به دست می آید:

$$d.f = (\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2) / \{[(\text{var}H_1)^2 / N_1] + [(\text{Var}H_2)^2 / N_2]\} \quad \text{معادله (6)}$$

که N_i ، عبارت از تعداد نمونه های برداشت شده از واحد μ_m است.

در صورتی که مقدار μ_m محاسبه شده، بزرگ تر از μ_m جدول باشد؛ آنگاه فرض صفر مبنی بر یکسان بودن میانگین واحد تکرارپذیر (HPu211) در دو منطقه نمونه و تعمیم، رد می شود.

نتایج و بحث

نتایج شاخص های تفرق محاسبه شده در سلسله مراتب رده بندی خاک برای واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم در جدول ۲ ارائه شده- اند. شکل ۱، مقایسه تفرق شانن برای سطوح مختلف رده بندی خاک را در دو منطقه مزبور نشان می دهد. شاخص تفرق شانن از سطح رده به سمت فامیل خاک، در هر دو منطقه افزایش می یابد و این به خاطر افزایش توأم شاخص های غنی- شدگی و همواری در خلال استفاده از اطلاعات مقیاس کوچک تر برای تجزیه و تحلیل های مقیاس بزرگ تر^۱ در سلسله مراتب مزبور است. [۱۶] ایباز و همکاران (۱۹۹۸)، گو و همکاران (۲۰۰۳) و سالدان و ایباز (۲۰۰۴) نیز نشان داده اند که چگونه شاخص های غنی شدگی و شانن در خلال سلسله مراتب رده بندی خاک در مطالعات با مقیاس های کوچک و بزرگ افزایش یافته اند. [۱۳، ۱۵] نکته قابل توجه در شکل شماره ۱، این است که تا سطح گروه بزرگ، علی رغم تعداد پروفیل کم تر در منطقه تعمیم نسبت به منطقه نمونه (۱۵ پروفیل)، تفرق رده بندی محاسبه شده در منطقه تعمیم، به دلیل وجود همواری بیش تر، از منطقه نمونه بالاتر است؛ حال آن که در سطوح زیرگروه و فامیل خاک، این منطقه نمونه است که از تفرق بیش تری برخوردار است.

آنتروپی های محاسبه شده، نماینده ای از ذات درهم و پیچیده انواع خاک های موجود در سطوح مختلف رده بندی می باشند که این طبیعت پیچیده، منتج از ترکیب فرآیندهایی از محیط است که بخشی به صورت تصادفی و بخش دیگر به طور

مشخص رخ می دهد. [۱۶]

مقایسه آماری تفرق رده بندی شانن بین دو واحد مشابه HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم، نشان داد که بین میانگین تفرق خاک ها در سطح اعتماد ۹۵٪ برای طبقه فامیل تفاوت معنی دار وجود دارد (جدول ۳). به عبارت دیگر، تا سطح زیرگروه، تفرق خاک های موجود در دو منطقه مزبور، از نظر آماری یکسان است؛ لیکن در سطح فامیل، به دلیل تغییر در شاخص غنی شدگی، تفاوت خاک های دو واحد مشابه HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم آشکار می گردد و بالتبع وجود چنین تفاوت هایی برای سطوح پایین تر از فامیل (سری و فاز سری) مشخص تر خواهند بود. افزایش تفرق خاک ها در خلال سلسله مراتب رده بندی خاک، حتی با تغییر مقیاس درک و تمرکز بر توالی افق های ژنتیکی خاک رخ های حفر شده در مناطق نمونه و تعمیم نیز به اثبات رسید. جداول ۴ تا ۷، تفرق ژنتیکی شانن را برای سطوح

¹ downscaling

جدول ۲) تجزیه و تحلیل تفرق خاک‌ها برای واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم در سطوح مختلف رده‌بندی خاک

Table 2) Pedodiversity analysis for HPu211 unit within sample and validation areas in different categories of USDA soil taxonomy

Category	Location	N	S	H'	H' _{max}	E
Order	Sample area	15	2	0.58	0.69	0.83
	Validation area	9	2	0.67	0.69	0.97
Suborder	Sample area	15	2	0.58	0.69	0.83
	Validation area	9	2	0.67	0.69	0.97
Great group	Sample area	15	3	0.75	1.10	0.69
	Validation area	9	3	0.85	1.10	0.78
Subgroup	Sample area	15	4	1.23	1.39	0.89
	Validation area	9	4	1.17	1.39	0.84
Family	Sample area	15	12	2.33	2.48	0.94
	Validation area	9	17	1.71	1.95	0.88

N: کل نمونه‌ها، S: غنای پروفیلی خاک (تعداد تاکسون‌ها در هر کاتگوری)، H': شاخص تفرق شانن، H'_{max}: تفرق حداکثر، E: همواری
N: Total samples, S: Richness (Number of taxons in any category), H': Shannon's pedodiversity, H'_{max}: maximum diversity, E: Evenness

جدول ۳) مقایسه آماری تفرق خاک، بین واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک

Table 3) Statistical comparison of Pedodiversity between HPu211 unit in sample and validation areas in different categories of USDA soil taxonomy

Category	Shannon's diversity		Variance of Shannon's diversity		df	t
	Sample area	Validation area	Sample area	Validation area		
Order	0.576	0.673	0.012	0.005	31	0.74
Suborder	0.576	0.673	0.012	0.005	31	0.74
Great group	0.753	0.853	0.033	0.026	34	0.412
Subgroup	1.234	1.171	0.019	0.029	31	0.286
Family	2.333	1.709	0.032	0.043	32	2.276°

*: Significant at 5% level of probability

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۰۵

جدول ۴) مقایسه تفرق ژنتیکی شانن در واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم برای رده/زیررده‌های مختلف خاک

Table 4) Comparison of Shannon's genetic diversity in sample and validation areas in HPu211 unit for different soil orders/suborders

Location	Order/Suborder	Profile type	n _i	H'	S	H' _{max}	E
Sample area	Entisols/Orthents	A _p /C ₁ /C ₂	4	0.67	2	0.69	0.97
		A _p /C ₁ /C ₂ /C ₃	3				
	Inceptisols/Xerepts	A _p /B _{w1} /B _{w2} /B _{w3} /C	5	0.54	2	0.69	0.78
		A _p /B _{w1} /B _{w2} /B _{w3}	3				
Validation area	Entisols/Orthents	A _p /C ₁ /C ₂	3	0	1	0	0
		A _p /B _{k1} /B _{k2} /B _{k3}	2				
	Inceptisols/Xerepts	A _p /B _{k1} /B _{k2} /C/B _{yb}	2	1.04	3	1.1	0.95
		A _p /B _{w3} /B _k /C	2				

n_i: تعداد تکرار توالی افق‌ها، H': شاخص تفرق شانن، S: غنای خاک‌رخی خاک، H'_{max}: تفرق حداکثر، E: همواری

n_i: |Numbers of horizon's sequence frequency, S: Richness, H': Shannon's pedodiversity, H'_{max}: maximum diversity, E: Evenness

جدول ۵) مقایسه تفرق ژنتیکی شانن در واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم برای گروه های بزرگ مختلف خاک

Table 5) Comparison of Shannon's genetic diversity in sample and validation areas in HPu211 unit for different soil great groups

Location	Soil great group	Profile type	n _i	H'	S	H' _{max}	E
Sample area	Xerorthents	A _p /C ₁ /C ₂ /C ₃	4	0.68	2	0.69	0.98
		A _p /C ₁ /C ₂	3				
	Calcixerepts	A _p /B _{k1} / B _{k2} / B _{k3} A _p /B _{wss} / B _k / C	3 1	0.56	2	0.69	0.82
Haploxerepts	A _p /B _{w1} / B _{w2} / B _{w3}	4	0	1	0	0	
Validation area	Xerorthents	A _p /C ₁ /C ₂	2	0.64	2	0.69	0.92
		A _p /C ₁ /C ₂ /C ₃	1				
	Calcixerepts	A _p /B _{k1} / B _{k2} / B _{k3}	2	0.69	2	0.69	1
		A _p /B _{wss} / B _k / C	2				
	Haploxerepts	A _p /B _{w1} / B _{w2} / C	1	0.69	2	0.69	1
A _p /B _{w1} / B _{w2} / B _{w3}		1					

جدول ۶) مقایسه تفرق ژنتیکی شانن در واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم برای زیرگروه های مختلف خاک

Table 6) Comparison of Shannon's genetic diversity in sample and validation areas in HPu211 unit for different soil subgroups

Location	Soil subgroup	Profile type	n _i	H'	S	H' _{max}	E
Sample area	Typic Xerorthents	A _p /C ₁ /C ₂ /C ₃	4	0.64	2	0.69	0.92
		A _p /C ₁ /C ₂	2				
	Typic Calcixerepts	A _p /B _{k1} / B _{k2} / B _{k3} /B _{k4} A _p /B _{k1} / B _{k2} / B _{k3} /B _{km}	3 2	0.68	2	0.69	0.98
		Fluventic Haploxerepts	A _p /B _{w1} / B _{w2} / B _{w3} A _p /B _{w1} / B _{w2} / C	1 1	0.69	2	0.69
	Gypsic Haploxerepts	A _p /B _{y1} / B _{y2} / C	2	0	1	0	0
Validation area	Typic Xerorthents	A _p /C ₁ /C ₂	2	0.64	2	0.69	0.92
		A _p /C ₁ /C ₂ /C ₃	1				
	Typic Calcixerepts	A _p /B _{k1} / B _{k2} / B _{k3}	1	1.10	3	1.10	1
		A _p /B _{k2} / B _k / C	1				
		A _p /B _k / B _{km}	1				
Fluventic Haploxerepts	A _p /B _{w1} / B _{w2} / C	1	0.69	2	0.69	1	
	A _p /B _{w1} / B _{w2} / B _{w3}	1					
Vertic Haploxerepts	A _p /B _{wss} / B _k / C	1	0	1	0	0	

n_i: تعداد تکرار توالی افق ها، H': شاخص تفرق شانن، S: غنای خاک رخی خاک، H'_{max}: تفرق حداکثر، E: همواری

n_i: Numbers of horizon's sequence frequency, S: Richness, H': Shannon's pedodiversity, H'_{max}: maximum diversity, E: Evenness

بیشتر است.

در سطح گروه های بزرگ، گروه بزرگ Xerorthents، بالاترین تفرق ژنتیکی را در منطقه نمونه به خود اختصاص داده است؛ در حالی که گروه بزرگ Haploxerepts که کمترین میزان تفرق را در منطقه نمونه دارد؛ ولیکن در منطقه تعمیم همراه با دو گروه بزرگ

رده بندی مختلف موجود در دو منطقه مزبور نشان می دهد. نتایج به دست آمده در این زمینه، با نتایج مطالعه تفرق واحدهای نقشه خاک در اسپانیا توسط ایبازو و همکاران (۱۹۹۵) و نیز اطلاعات کسب شده از مطالعه تفرق خاک های دره زاینده-رود در اصفهان توسط تومانیان و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارند. شکل ۲ تفرق ژنتیکی شانن را برای واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم، در سطوح رده/زیررده خاک، گروه بزرگ، زیرگروه و فامیل خاک مقایسه نموده است.

در سطح رده/زیررده خاک، تفرق انتی سول های موجود در منطقه نمونه، بیشتر از اینسپتی سول ها است؛ در حالی که در منطقه تعمیم، نتیجه تفرق محاسبه شده، برعکس منطقه نمونه می باشد، به عبارت دیگر در منطقه تعمیم تفرق اینسپتی سول ها

جدول ۷) مقایسه تفرق ژنتیکی شانن در واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم برای فامیل‌های مختلف خاک

Table 7) Comparison of Shannon's genetic diversity in sample and validation areas in HPu211 unit for different soil family

Location	Soil family	Profile type	n_i	H'	S	H'_{max}	E
Sample area	Loamy- skeletal, mixed (calcareous), superactive, mesic Typic Xerorthents(A)	$A_p/C_1/C_2/C_3$ $A_p/C_1/C_2$	3 1	0.56	2	0.69	0.81
	Loamy- skeletal, mixed(calcareous), mesic Typic Xerorthents(B)	$A_p/C_1/C_2/C_3/C_4$	2	0	1	0	0
	Fine- Loamy, mixed(calcareous), superactive,mesic Typic Calcixerepts(C)	$A_p/B_{k1}/ B_{k2}/ B_{k3}/B_{k4}$	2	0	1	0	0
	Fine- Loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts(D)	$A_p/B_{k1}/ B_{k2}/ B_{k3}/B_{km}$	2	0	1	0	0
	Fine, mixed, superactive, mesic Gypsic Haploxerepts(E)	$A_p/B_{y1}/ B_{y2}/ C$	1	0	1	0	0
	Fine, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts(F)	$A_p/B_k/ CB_k/B_{km}$	2	0	1	0	0
	Loamy- skeletal, mixed (calcareous), superactive, mesic Typic Xerorthents(G)	$A_p/C_1/C_2$	2	0	1	0	0
	Fine- loamy, carbonatic, mesic Typic Calcixerepts(H)	$A_p/B_k/C$ $A_p/B_{k1}/ B_{k2}/ CB_k$	1 2	0.63	3	1.10	0.57
	Fine- loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts(I)	$A_p/B_{w1}/ B_{w2}/ B_{w3}$	1	0	1	0	0
	Fine- loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts(D)	$A_p/B_{k1}/ B_{k2}/ B_{k3}/B_{k4}$	1	0	1	0	0
Validation area	Fine, mixed, superactive, mesic Vertic Calcixerepts(J)	$A_p/B_{wss}/ B_k/ C$	1	0	1	0	0
	Fine, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts(K)	$A_p/B_{w1}/ B_{w2}/ B_{w3}$ $A_p/B_{w1}/ B_{w2}$	1 1	0.69	2	0.69	1
	Fine- loamy, mixed(calcareous), superactive, mesic Typic Calcixerepts(C)	$A_p/B_{k1}/ B_{k2}/ B_{k3}/B_{k4}$	2	0	1	0	0
	loamy- skeletal, mixed(calcareous), superactive, mesic Typic Xerorthents(B)	$A_p/C_1/C_2$	2	0	1	0	0
	Fine, carbonatic, mesic Typic Calcixerepts(L)	$A_p/B_k/C$	1	0	1	0	0

n_i : تعداد تکرار توالی افق‌ها H' : شاخص تفرق شانن، S: غنای خاک‌رخی خاک، H'_{max} : تفرق حداکثر، E: همواری

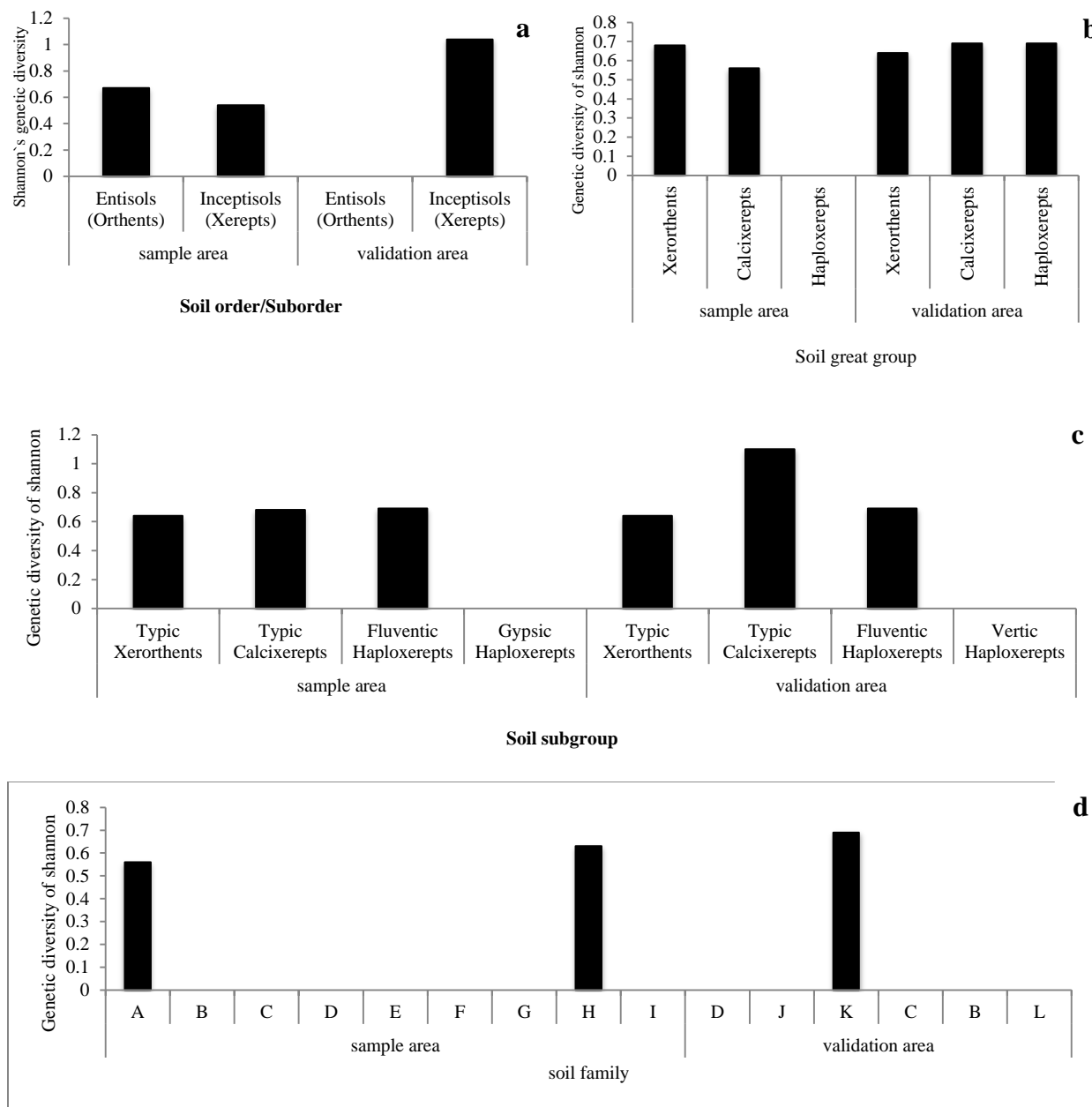
n_i : Numbers of horizon's sequence frequency, S: Richness, H' : Shannon's pedodiversity, H'_{max} : maximum diversity, E: Evenness

*: به منظور سهولت ترسیم نمودار تفرق ژنتیکی، هر فامیل با یک حرف لاتین نمایش داده شده است.

*:To ease charting the genetic diversity, every family with a Latin letter is displayed.

مطالعه در مناطق نمونه و تعمیم، بررسی تفرق ژنتیکی سلسله‌مراتب رده‌بندی خاک ارایه شده در اشکال ۲ تا ۵، وجود تفاوت‌هایی را در اطلاعات دریافتی از نوع خاک‌ها و تغییرپذیری آن‌ها آشکار می‌سازد. تنها تا سطح گروه بزرگ، نوع خاک‌های موجود در منطقه نمونه و منطقه تعمیم یکسان هستند اما در تفرق ژنتیکی آنها، حتی در بالاترین سطوح، در مناطق مزبور تفاوت مشاهده می‌شود.

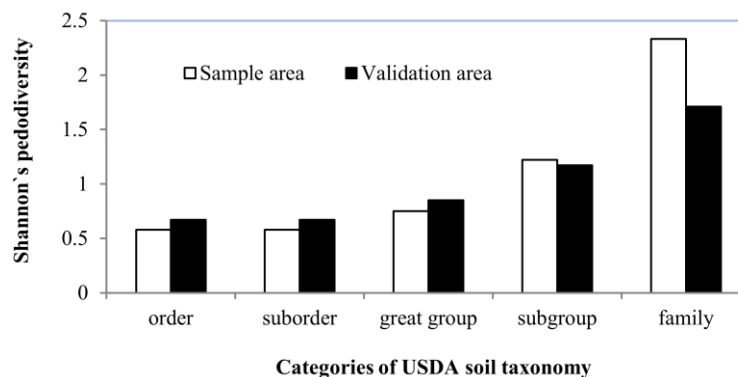
Calcixerepts و Xerorthents از مقدار تفرق ژنتیکی برابر و بالایی برخوردار می‌باشند. در سطح زیرگروه‌های خاک، زیرگروه Fluventic Haploxereps و Gypsic Haploxereps، به ترتیب، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تفرق ژنتیکی در منطقه نمونه هستند؛ لیکن در منطقه تعمیم، زیرگروه Typic Calcixerepts از بالاترین میزان تفرق ژنتیکی برخوردار است و سه زیرگروه Fluventic Haploxerepts، Typic Xerorthents و Vertic Haploxerepts به ترتیب پایین‌ترین میزان تفرق ژنتیکی را دارند. در سطح فامیل خاک، شش خاک (A, E, F, G, H و I) در منطقه نمونه مطالعه و شناسایی شدند که این خاک‌ها هرگز در منطقه تعمیم رویت نشدند. به علاوه، سه فامیل جدید خاک (J, K و L) در منطقه تعمیم تشخیص داده شدند که قبلاً در منطقه نمونه مشاهده نشده بود. این سه فامیل خاک متعلق به اینسپتی‌ها می‌باشند و نکته جالب این که فامیل K، بیش‌ترین تفرق ژنتیکی را در دو منطقه به خود اختصاص داد. در منطقه نمونه نیز فامیل H بیش‌ترین تفرق را داشت. در نتیجه، علی‌رغم مشابهت واحد ژئومرفیک مورد



شکل ۲) مقایسه تفرق ژنتیکی شانن در مناطق نمونه و تعمیم برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک، رده یا زیررده (a)، گروه بزرگ (b)، زیرگروه (c) و خانواده (d)

Figure2) Comparison of Shannon's genetic diversity in sample and validation areas for different categories of USDA soil taxonomy: order or suborder (a), great group (b), subgroup (c) and family (d)

وجود یا عدم وجود پوشش رسی، میزان رس و رس و درصد کربنات کلسیم که از دیدگاه رده‌بندی خاک-ها مهم هستند و گاهی نیز می‌توانند باعث تفاوت‌های فاحش، حتی در سطح راسته، شوند، باعث می‌شود که چنین خاک‌هایی از نظر مدیریتی و کاربردی مشابه باشند. بنابراین، احتمال آن وجود دارد که تعمیم-پذیری مدیریتی در این روش، حتی در مقیاس تفصیلی بتواند پاسخگوی نیازهای مربوط باشد. بدین منظور، خلوص تفسیری یا مدیریتی واحدهای ژئوپدولوژیک بایستی در تحقیقات بعدی مورد توجه واقع شوند.



شکل ۱) مقایسه واحد HPu211 موجود در مناطق نمونه و تعمیم بر اساس شاخص تفرق شانون برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک

Figure 1) Comparison of HPu211 within the sample and validation areas using Shannon index in different categories of USDA soil taxonomy

نتیجه‌گیری کلی رده‌بندی پروفیل‌های حفر شده در منطقه تعمیم با پروفیل‌های شاهد منطقه نمونه در سطح فامیل خاک متفاوت می‌باشد. همچنین موقعیت منطقه نمونه، تأثیر قابل توجهی بر رده‌بندی خاک‌ها، نوع واحد نقشه و میزان تعمیم‌پذیری واحدهای مشابه دارد. بنابراین، تعمیم‌پذیری تاکسونومیکی نتایج ژئوپدولوژی برای لندفرم‌های مشابه، نمی‌تواند الگوی خوبی را در رابطه با مدیریت منطقه، به دست دهد. لیکن وجود تفاوت‌های جزئی در مقدار ویژگی‌هایی نظیر درصد سنگریزه،

References

1. Anonymous (1993) Soil Survey Manual, Soil Survey Staff, Handbook 18, Government printing Office Publishers, Washington DC.
2. Anonymous (2014) Keys to Soil Taxonomy (12th edition) Soil Survey Staff, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, United States Department of Agriculture, Lincoln, Nebraska.
3. Dent D, Young A (1981) Soil survey and land evaluation. Georg Allen and Unwin Publishers: London.
4. Esfandiarpour Borujeni I, Toomanian N, Salehi M H Mohammadi J (2009) Assessing Geopedological Soil Mapping Using Diversity and Similarity Indices (A case study: Borujen area, Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province). Journal of Water and Soil 23(4): 100-114. [in Persian with English abstract]
5. Guo Y, Gong P, Amundson R (2003) Pedodiversity in the United States of America. Geoderma 117: 99-115.
6. Hutcheson K (1970) a test for comparing diversities based on the Shannon formula. Journal of Theoretical Biology 29: 151-154.
7. Ibanez JJ, De Alba S, Bermudes FF, Garsia-Alvarez A (1995) Pedodiversity: concepts and measurements. Catena 24: 215-232.
8. Ibanez JJ, De Alba S, lobo A, Zucarello V (1998) Pedodiversity and global soil patterns at coarse scales (with discussion). Geoderma 83: 171-214.
9. Maguran AE (2004) Measuring biological diversity. Blackwell Publishing: Oxford.
10. McBratney AB, Minasny B (2007) On measuring pedodiversity. Geoderma. 141: 149-154.

11. Rossiter, DG (2000) Lecture notes and reference methodology for soil resource inventories. Second revised version, Institute for aerospace survey and earth sciences (International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation), Enschede.
12. Rossiter DG, Girma A, Henneman R, Siderus W (2001) Summary of investigation, 1997-2000 by ITC. Technical report, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Soil Science Division, Netherlands, 31pp.
13. Saldana A, Ibanez JJ (2004) Pedodiversity analysis at large scales: An example of there fluvial terrain of the Henares River (Central Spain) *Geoderma* 62: 123-138.
14. Schoenberger PJ, Wysocki DA, Benham EC, Broderson WD (2012) *Field Book for Describing and Sampling Soils* (3rd edition.) Natural resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.
15. Sharma VAK (2006) *Mapping of the Soil*. Science Publishers: New Hampshire.
16. Toomanian N, Jalalian A, Khademi H, Eghbal Mk, Papritz A (2006) Pedodiversity and pedogenesis in Zayandeh-rud valley, Central Iran. *Geomorphology* 81: 376-393.
17. 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 Doi Ang Khang, Ang Khang Royal Agricultural Station, Thailand. Master Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
18. Western S (1978) *Soil survey contracts and quality control*. Clarendon Press: Oxford, England.
19. Wolda H (1981) Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* 50: 296-302.
20. Zhu JX, Hudson B, Burt J, Lubich K, Simonson D (2001) Soil mapping using GIS, expert knowledge and fuzzy logic, *Soil Science Society of American Journal* 65: 1463-1472.
21. Zinck JA (1989) *Physiography and soils, Lecture notes for soil students*. Soil Science Division, Soil survey courses subject matter, K6 ITC, Enschede, The Netherlands.

Performance of geopedology approach in mapping of agricultural soils within Aidoghmoush dam downstream lands in Miyaneh, Iran



Agroecology Journal

Volume 12, Issue 1, pages: 9-23
spring, 2016

Naser Nazari*

Assistant professor of Soil Science Department
Agriculture and Natural Resources Faculty
Miyaneh Branch
Islamic Azad University
Miyaneh, Iran

Email ✉: nas.nazari@gmail.com
(*corresponding author)

Shahla Mahmoodi

Professor of Soil Science Department
Tehran University and Science and
Research Branch
Islamic Azad University
Tehran, Iran

Email ✉: smahmodi@ut.ac.ir

Mohammad Hasan Masihabadi

Assistant Professor
Soil and Water Research Institute
and Science and Research Branch
Islamic Azad University
Tehran, Iran

Email ✉: hmasih@yahoo.com

Received: 04 October 2015

Accepted: 08 March 2016

ABSTRACT The geopedological method is one of the systematic methods for analyzing geomorphic surfaces in soil mapping in which field work is mainly based on work in the sample area. This research intended to investigate the degree of validity generalization of results obtained in the geopedological method for similar landforms in the Miyaneh region of East Azarbaijan Province. For this purpose, soil diversity study was conducted through measuring it in a hierarchical sequence in USDA soil taxonomy levels and by comparing similar units in the geopedological method through employing diversity and similarity indices. After preparing the initial interpretative map (based on aerial photographs) at a scale of 1:20000, the HPu211 unit that covered the greatest delineation of study area was selected and 15 soil profiles, about 150 meters apart, were excavated, described, and sampled in this unit. The degree of validity generalization of geopedological results for the mentioned unit was determined by digging nine other soil profiles in a similar unit, called the generalization area, which was located outside of the sample area. Results indicated the value of Shannon's diversity index increased from the level of soil order to soil family in both the sample and the generalization areas; however, only at the soil family level were there significant differences between soil diversity in the two areas at the confidence level of 95%. Even by changing the understanding level, and through concentrating on the sequence of genetic horizons in the excavated profiles in the sample and generalization areas, increased soil diversity in the soil taxonomic hierarchy was proved. Therefore, it is recommended that landform phases be used, and soil family phase and/or soil series phase be determined for each landform phase, to increase the accuracy of the geopedological method.

Keywords:

- generalization area
- geomorphic surfaces
- landform
- sample area
- soil diversity
- soil map