تأثیرپذیری نتایج روش ژئوپدولوژی از موقعیت منطقه نمونه در نقشهبرداری خاک (مطالعه موردی: منطقه میانه، استاناآذربایجانشرقی)

ناصر نظری[*۱]، شهلا محمودی[۲] و محمدحسن مسیح آبادی[۳]

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. با توجه به نامشخص بودن میزان دقت و صحت نقشههای ایجاد شده به روش ژئوپدولوژی در مقیاسهای بزرگ، این تحقیق با هدف بررسی موقعیت منطقه نمونه به منظور تعیین قابلیت تعمیم نتایج حاصل از روش ژئوپدولوژی برای اشکال اراضی مشابه، در منطقه میانه انجام شد. پس از تهیه نقشه تفسیری اولیه روی عکسهای هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، با توجه به موقعیتهای مختلف واحد HPu211 که بیشترین مساحت از محدوده مطالعاتی را در بر میگرفت، منطقه نمونه در سه موقعیت مختلف در نظر گرفته شد و تعداد پنج پروفیل خاک با فواصل تقریبی ۱۵۰ متر در هر کدام از موقعیتهای سهگانه این واحد، و در مجموع ۱۵ پروفیل خاک تشریح و نمونهبرداری شدند. میزان قابلیت تعمیم نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحد مزبور، از طریق حفر سه پروفیل خاک دیگر در یک واحد مشابه موجود در خارج از منطقه نمونه (منطقه تعمیم) انجام شد و در مجموع نه پروفیل خاک مورد بررسی قرار گرفت. نقشه خاک در قالب مطالعات خاکشناسی رده دوم نهایی گردید. نتایج نشان داد که تغییر موقعیت منطقه نمونه، تفاوت های تاکسونومیکی را در سطوح مختلف (راسته، زیرگروه و یا خانواده خاک) و نوع واحد نقشه (کمپلکس و خاک مجموعه همسان) برای واحد HPu211 باعث شده است. بنابراین، به منظور افزایش دقت نتایج روش ژئوپدولوژی، استفاده از فازهای لندفرمها و نیز تعیین حالت (فاز) خانواده خاک و یا حالت سری خاک برای هر یک از حالتهای لندفرم توصیه میشود.

واژههای کلیدی: سطوح ژئومرفیک، عملیات صحرایی، منطقه تعمیم، نقشه خاک، مطالعات خاکشناسی، لندفرم .

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۸

۱- دانشجوی دوره دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تهران و دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران .

۳- استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران .

[*] مسئول مکاتبات: n.nazari@srbiau.ac.ir

مقدمه

دیدگاه ژئوپدولوژیک، یک روش سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک است که سعی دارد با بررسی جامع روابط خاک و ژئومرفولوژی و برهمکنش آنها اقدام به نقشهبرداری خاک نماید و کوچکترین واحد نقشه را که دارای بالاترین مراتب همگنی و یکنواختی (از نظر شکل اراضی، سنگشناسی و خاک) میباشد، تفکیک و معرفی کند ، به خصوص اگر رابطه بین ژئومرفولوژی و خاکهای آن منطقه، به خوبی تعریف شده باشد (Rossiter, 2000).

به طور کلی، هدف اصلی در ژئوپدولوژی، سازماندهی و طبقهبندی خاکها (پدونها) بر اساس شواهد ژئومرفولوژیکی آنها در سطح زمین و استفاده از یک ساختار سلسله مراتبی میباشد (Zinck, 1989) که معمولاً چهار سطح طبقاتی مختلف شامل سیمای اراضی ، پستی و بلندی ، سنگشناسی و شکل اراضی را در این ساختار مد نظر قرار می دهند (Rossiter, 2000). این روش بر اساس میزان درستی فرضیههای زیر استوار است (Rossiter, 1989; Rossiter and Zinck, 2000):

- خاکها در سطوح پایینتر سلسلهمراتب ژئوپدولوژی، از یکنواختی بیشتری برخوردار هستند.
- سطوح پایینتر سلسله مراتب ژئوپدولوژی، بیانگر یکسانی واحدهای همنام در منطقه میباشند.
- مرزهای ترسیم شده توسط تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین، عمدهی تغییرات موجود در خاکها را جدا میکنند.
- منطقه نمونه ، نماینده درست و واقعی واحدهای مورد مطالعه میباشد ، به طوری که بر اساس الگوی خاک موجود در آن میتوان واحدهای بازدید نشده را برونیابی کرد.

منظور از منطقه نمونه، کوچکترین سطحی است که تمام یا بخشهایی از انواع واحدهای اراضی تفکیک شده در محدوده 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 عکسهای هوایی و نیز بر اساس محیط ژئولوژیکی، سیمای اراضی، نوع توپوگرافی، نوع ماده مادری و قابلیت دسترسی به واحدهای تفکیک شده انجام میگیرد (Udomsri, 2006). منطقه نمونه، حدود ۱۰ درصد از کل منطقه مطالعاتی را میپوشاند، ولی اگر همه سیمای اراضی حالت یکنواخت داشته باشد، کمتر از ۱۰ درصد نیز قابل قبول است (Rossiter, 2000).

کیفیت هر کار یا ابزاری، هنگام بهکارگیری آن مشخص میشود. بنابراین، اگر نقشههای خاک را ابزاری بدانیم که ویژگیهای خاک و سرزمین را نشان میدهند؛ آن گاه میتوان کیفیت آنها را در رویارویی با واقعیت بررسی کرد. به طور کلی کیفیت نقشه، تابعی از سه ویژگی "قابل اعتماد بودن اطلاعات"[6]، "میزان ارتباط اطلاعات با اهداف"[7]، و "نحوه ارایهی اطلاعات"[8] میباشد (Dent and Young, 1981). البته، وسترن (Western, 1978) ویژگی دیگری را نیز تحت عنوان " کاربرد اطلاعات"[9] مد نظر قرار داده است.

الگوی سنتی[10] یا معمول[11] مطالعات شناسایی و نقشهبرداری خاک، بر اساس میزان توانایی و تجربه کارشناسان در تفسیر فرآیندهای اصلی خاکسازی و فاکتورهای محیطی دخیل در تشکیل سیمای سرزمین [12] و یا سیمای خاک پایهریزی شده است. بنابراین، دادهها و نقشههای استخراج شده از چنین الگویی، معمولاً ناتوانی مطالعات خاک در تشریح ساختار خصوصیات دینامیکی و ممتد [13] سیمای سرزمین را آشکار میسازند (Zhu *et al.*, 2001). از سوی دیگر، انجام نمونهبرداریهای زیاد به منظور بالا بردن دقت نقشه برداری (پهنهبندی) و تخمین خصوصیات مورد نظر خاک، اجتنابناپذیر است که این نیز خود مستلزم صرف زمان و هزینههای زیادی میباشد (Esfandiarpoor Borujeni, 2009). به همین منظور، در راستای کاهش هزینه و زمان اجرای مطالعات خاکشناسی و نیز افزایش دقت آنها، روش ژئوپدولوژی اولین بار توسط زینک (Zinck, 1989) در انیستیتو بینالمللی هلند (ITC) پایهگذاری شده است. روزیتر

[1] landscape
[2] relief
[3] lithology
[4] landform
[5] Sample area

[6] reliability
[7] relevance
[8] presentation
[9] application
[10] traditional
[11] conventional
[12] landscape
[13] continium

(Rossiter, 2000) اعتقاد دارد این روش برای مطالعات نیمه‌تفصیلی کاربرد فراوانی دارد. این روش از پنج فاکتور خاکسازی، سه عامل زمان، مواد مادری و توپوگرافی برای جداکردن واحدهای خاک استفاده می کند، به طوری که با بررسی لیتولوژی منطقه مواد مادری و سن آنها شناسایی می‌گردد. در استفاده از این روش برای مطالعات خاکشناسی ، تحقیقات و مطالعات متعددی توسط روزیتر (Rossiter, 2000)، روزیتر و همکاران (Rossiter *et al.*, 2001) و شپانده (Shepandeh, 2002) در سطح دنیا صورت گرفته است. در ایران نیز مطالعات محدودی توسط مومنی (Moameni, 1999)، صالحی (Salehi, 1994) و فرشاد (Farshad, 1997) در ارتباط با استفاده از این روش در نقشه‌برداری خاک انجام شده است که در تمامی این مطالعات، از چهارچوب ژئوپدولوژی به منظور جداسازی واحدهای خاک یکنواختتر استفاده شده است. بنابراین قابلیت تعمیم نتایج دادههای خاک حاصل از مطالعه منطقه نمونه به خارج از آن، چقدر میتواند مفید باشد و واقعیت صحرا را به نمایش گذارد، موضوعی است که باید در مطالعات مختلف مورد آزمون قرار گیرد و قابلیت کاربرد روش ژئوپدولوژی، ارزیابی شود. بنابراین، با توجه به نامشخص بودن میزان دقت و صحت نقشههای ایجاد شده به روش ژئوپدولوژی برای مقیاسهای بزرگ، هدف از تحقیق حاضر، بررسی موقعیت منطقه نمونه در تعیین موقعیت نقاط مشاهداتی در منطقه تعمیم (مناطق مشابه خارج از منطقه نمونه)، به منظور بررسی قابلیت تعمیم نتایج حاصل از روش ژئوپدولوژی برای اشکال اراضی مشابه در منطقه میانه میباشد.

مواد و روشها

الف) انتخاب منطقه مطالعاتی

با توجه به وضعیت توپوگرافی، زمینشناسی و ژئومورفولوژی موجود در استان آذربایجانشرقی و شهرستان میانه ، تکرارپذیری اشکال اراضی در آنها به وفور دیده میشود؛ لذا منطقهای مناسب برای دسترسی به اهداف تحقیق، در شهرستان میانه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت منطقهای به مساحت تقریبی ۱۵۰۰ هکتار و ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، واقع در پنج کیلومتری جنوبشرقی شهر میانه انتخاب شد. این منطقه برحسب UTM در حد فاصل طولهای جغرافیایی ۷٤۰۰۰۰/۹۰ تا ۷٤۷۳٦۹/٤۰ متر شرقی و عرضهای جغرافیایی ٤۱۳۸۱۱۳ تا ٤۱٤۳٤۰۳ متر شمالی قرار گرفته است و دارای میانگین بارش سالانه ۳۱۵/۷ میلیمتر و متوسط دمای سالیانه ۱۰/۹ درجه سلسیوس میباشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه مطالعاتی براساس روش NSM (Franklin Newhall) و روش توسعه یافته آن Vanvambeke به ترتیب، زریک خشک و مزیک هستند. منطقه مورد مطالعه، چهار سیمای سرزمینی مختلف شامل اراضی تپهماهوری[1] و پیدمونت[2]، دره[3] دره[4] و پلاتوهای مرتفع[4] را در بر میگیرد. پلاتو، بخش اعظم این منطقه را تشکیل میدهد که در کنار جاده اختصاصی فولاد آذربایجان (جاده میانه- میاندوآب) قرار گرفته است.

ب) جمعآوری دادهها

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.

ج) تهیه نقشه تفسیری اولیه (نقشه ژئوفرم) منطقه مطالعاتی

این تفسیر، براساس دیدگاه ژئومرفیک و با توجه به سطوح طبقاتی ارائه شده توسط زینک (Zinch, 1989) به صورت مرحلهای روی عکسهای هوایی با مقیاس "۱:۲۰۰۰۰" انجام پذیرفت. در این روش برای تفکیک واحدها از ارتباط خاک- سرزمین استفاده شد و براساس دانش ژئومرفولوژی و با در نظر گرفتن فاکتورهای زمینشناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی، توزیع و پراکنش اشکال اراضی یکنواخت حاصل گردید. سپس عکسهای هوایی با در نظرگرفتن 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[5] گردیدند. در مراحل بعد، عکسهای وارد شده به محیط نرمافزار ایلویس، با استفاده از نقاط مرجع برداشت شده در صحرا و هم چنین با کمک گرفتن از تصاویر ماهوارهای ETM+ و ASTER منطقه مورد مطالعه، زمینمرجع شدند. در نهایت، با رقومی کردن مرزهای ترسیم شده بر روی

[1] hilland
[2] piedmont
[3] valley
[4] Higher platueax
[5] ILWIS 3.4

تک تک عکسها، نقشه اولیه اشکال اراضی منطقه مورد مطالعه به دست آمد. در نهایت، مرز واحدهای موجود در نقشه تفسیری اولیه در طی عملیات صحرایی، کنترل و تصحیح گردید.

د) مطالعات صحرایی و نمونهبرداری خاک

واحدهای ژئومورفیک موجود در منطقه مورد مطالعه با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی و تکنیکهای روش ژئوپدولوژیک با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و با کمک نقشههای توپوگرافی و زمینشناسی در سطوح مختلف تفکیک شدند. سپس اقدام به انجام مطالعات خاکشناسی از طریق انتخاب مناطق نمونه[1] در بطن منطقه مورد مطالعه گردید. 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 قرارگرفتند. 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 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 تجزیههای شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه منتقل شدند.

در طی عملیات صحرایی، ابتدا مرز واحدهای موجود در نقشه تفسیری اولیه، کنترل 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.

از آن جایی که هدف عمده این تحقیق، بررسی موقعیت منطقه نمونه در تعمیمپذیری نتایج روش ژئوپدولوژی بود، بنابراین، منطقه نمونه در سه موقعیت مختلف طراحی گردید. به طوری که در هر کدام از موقعیتهای سهگانه منطقه نمونه، 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.

پس از تعیین موقعیتهای منطقه نمونه، براساس روش نمونهبرداری شبکهای[2] و در قالب مطالعات خاکشناسی رده دوم اقدام به حفر پروفیلهایی به طول ۲، عرض ۱ و عمق ۱/۵ متر و با فواصل ۱۵۰ متر از یکدیگر شد ، به طوری که تعداد پنج پروفیل در موقعیت اول، پنج پروفیل در موقعیت دوم و پنج پروفیل در موقعیت سوم واحد HPu211 حفر گردید. بعد از حفر این ۱۵ پروفیل در سه موقعیت مختلف، میزان اعتبار تعمیمپذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحد HPu211 ، از طریق حفر سه پروفیل برای هر کدام از موقعیتهای مختلف منطقه نمونه و در مجموع با حفر نه پروفیل دیگر در یک واحد مشابه موجود در خارج از منطقه نمونه، که منطقه تعمیم[3] نامیده شده است، مورد بررسی قرار گرفت.

در نهایت، تمامی پروفیلهای حفر شده، براساس راهنمای تشریح و نمونهبرداری خاکها در صحرا (Schoenberger *et al.*, 2012) تشریح شده و مطابق کلید ردهبندی آمریکایی خاک طبقهبندی گردیدند. با انجام نمونهبرداری از افقهای ژنتیکی تمامی پروفیلهای حفر 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.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازهگیری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پروفیلهای شاهد واحد HPu211 در هر یک از موقعیتهای سهگانه در جدول ۲ آورده شده است. ردهبندی پروفیلهای شاهد واحد HPu211 در هر یک از موقعیتهای سهگانه در جدول ۳ و نیز ردهبندی سایر پروفیلهای حفر شده در این واحد (به غیر از پروفیلهای شاهد) با توجه به موقعیتهای مختلف منطقه نمونه در جدول ٤ نشان میدهند که خاکهای واحد مزبور در دو رده انتیسول و اینسپتیسول قرار گرفتهاند. همچنین، نوع واحد HPu211 در موقعیتهای اول و دوم منطقه نمونه، کمپلکس و در موقعیت سوم، همگون بوده است. در واقع، تغییر موقعیت منطقه نمونه، تفاوتهای

[1] Sample areas

[2] Grid sampling

[3] Generalization or validation area

تاکسونومیکی و نوع واحد نقشه را برای واحد HPu211 در بر داشته است. البته تفاوت تاکسونومیکی مزبور، گاهی بسیار وسیع و در حد رده و گاهی نیز اندک و تنها در حد کلاس توزیع اندازه ذرات فامیل بود که نتیجه به دست آمده با نتایج کار اسفندیارپور و همکاران (Esfandiarpoor *et al.*, 2002) مطابقت دارد. با این وجود، ملاحظه میگردد که تغییر موقعیت منطقه نمونه، تفاوت‌های تاکسونومیکی را رقم زده است. حال، پرسشی که به ذهن میآید این است که روش ژئوپدولوژی چگونه تفاوت‌های تاکسونومیکی مزبور را توجیه مینماید؟

نتایج مربوط به اندازهگیری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پروفیلهای حفر شده در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. جدول شماره ٦ نیز نشانگر ردهبندی هر کدام از پروفیلهای در نظر گرفته شده میباشد. ملاحظه میگردد که خاکهای شناسایی شده ردهبندی متفاوتی در سطح فامیل دارند. حال اگر قرار باشد میزان همخوانی نتایج حاصل برای واحد HPu211 در هر کدام از موقعیتهای سهگانه منطقه نمونه را به صورت مجزا بررسی نمود، سه حالت مختلف به شرح زیر به وجود خواهد آمد:

۱) پروفیل A- واحد HPu211 در موقعیت اول منطقه نمونه

در این حالت (ردهبندی پروفیلA در منطقه تعمیم تا سطح فامیل) با این که به طور کامل با یکی از پروفیلهای شاهد منطقه نمونه تا سطح زیرگروه همخوانی دا شت، ولیکن، از آن جایی که در روش ژئوپدولوژی، تعمیمپذیری نتایج حاصل از مناطق نمونه برای واحدهای مشابه خارج از این مناطق، عمدتاً با آگر یا مته بررسی میگردد و از طرفی، انجام مطالعات تفصیلی صرفاً در مناطق نمونه صورت میپذیرد (Golizadeh, 2002)، بنابراین، در صورتی که مرفولوژی صحرایی در پروفیلهای حفرشده، بدون توجه به ردهبندی آنها تا سطح فامیل و تنها بر اساس شباهت پروفیلی (از قبیل توالی افقها و عمق قرارگیری آنهاف مقدار نسبی سنگریزه و کربنات کلسیم قابل رویت)، ملاک قضاوت بصری قرار گیرد، آنگاه ملاحظه میشود که پروفیل حفر شده در منطقه تعمیم با یکی از پروفیلهای شاهد منطقه نمونه همخوانی دارد. از سوی دیگر، براساس نتایج جدول شماره ۵، دلیل قرارگیری پروفیل A در کلاس مینرالوژی مخلوط، عدم کفایت درصد کل کربناتهای خاک موجود در بخش کنترل فامیل برای کلاس مینرالوژی کربناتیک[1] بود که البته اختلاف موجود، ناچیز و برابر با ۲ درصد درصد است. بنابراین، در صورتی که اختلاف جزئی مزبور ناشی از خطاهای احتمالی در اندازهگیری درصد کل کربناتهای خاک فرض شود، آنگاه ملاحظه خواهد شد که در این حالت نیز ردهبندی این پروفیل، با ردهبندی یکی از پروفیل‌های شاهد منطقه نمونه یکسان میباشد، یعنی دو خاک را میتوان مشابه در نظر گرفت. به عبارت دیگر، پروفیل A منطقه تعمیم با پروفیل شاهد منطقه نمونه مشابه بود.

۲) پروفیل B- واحد HPu211 در موقعیت دوم منطقه نمونه

در این حالت، با در نظر گرفتن ردهبندی خاکها تا سطح فامیل، مشاهده شد که پروفیل B با یکی از پروفیلهای شاهد منطقه نمونه همخوانی ندارد. چرا که کلاس توزیع اندازه ذرات آنها در سطح فامیل خاک متفاوت از یکدیگر شده ، و لیکن تا سطح زیرگروه با همدیگر مطابقت داشتند.

۳) پروفیل C- واحد HPu211 در موقعیت سوم منطقه نمونه

این حالت نیز مشابه حالت قبل بود، یعنی تطابقپذیری پروفیل مطالعه شده B در منطقه تعمیم با پروفیل شاهد منطقه نمونه (تا سطح فامیل)، همخوانی نداشت، در حالی که تا سطح زیرگروه کاملاً با هم مطابق بودند. در صورتی که توالی افقها و عمق قرارگیری آنها در پروفیل C بدون توجه به ردهبندی آن‌ها تا سطح فامیل خاک، ملاک قضاوت بصری قرار گیرد ، آنگاه ملاحظه میشود که پروفیل تعیین شده در منطقه تعمیم با پروفیل شاهد منطقه نمونه همخوانی دارد.

به طور کلی، مشاهده میگردد که در تعمیمپذیری نتایج روش ژئوپدولوژی، موقعیت منطقه نمونه بسیار مهم است، به طوری که میزان همخوانی پروفیلهای مطالعه شده با پروفیل‌های شاهد منطقه نمونه در هر کدام از حالات سهگانه مزبور، براساس معیارهای تاکسونومیکی تا سطح فامیل، حداقل از لحاظ یکی از کلاسهای بخش فامیل خاک متغیر بود. بنابراین، اگر شواهد مورفولوژیکی پروفیلها و شباهت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها، صرفنظر از ردهبندی آنها تا سطح فامیل، ملاک عمل قرار گیرد ، آنگاه میزان

[1] carbonatic

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 their area

Landscape	Relief	Lithology	Landform	Area (ha)
H_i Hilland	H_i1 low-lying hills	H_i11 Alternation of marl and metamorphosed marly limestone	H_i111: A combination of shoulder and back slope	44.8
			H_i112: Foot slope	52.92
		H_i13 Alluvial fans and young alluvial terraces	H_i131: A combination of shoulder and back slope	5.30
			H_i132: Foot slope	4.72
P_i Piedmont	P_i2 Fan-shaped alluvium	P_i23 Alluvial deposits of limestone and dolomite	P_i231: Active fan	234.25
	Pi3 Connections of fans		P_i231: stream terraces covered by a green meadow	76.21
		P_i32 Dolomite and limestone	P_i321: Dense network of surface drainage	211.33
V_a Valley	V_a2 River bed	V_a21 River sediments	Va21: Set of stack and river terrace	2.75
HP_u Higher plateau	HP_u2 Mesa	HP_u21 Calcareous alluvial sediments	HP_u211: High and flat plateau	412.55

هم‌خوانی پروفیلها در تمام حالات سهگانه فوقالذکر، افزایش خواهد یافت.

آن چه مهم مینماید، این است که چرا این همه تغییرپذیری و عدم همخوانی نتایج برای حالات مختلف منطقه نمونه موجود میباشد؟ که پاسخ را میتوان در دلایل زیر جستجو نمود:

۱ -وابستگی فرآیندهای محیطی به مقیاس و عدم توانایی تفکیک آنها در مقیاس مطالعاتی

۲ -طبیعت کئوتیک[1] (Philips, 1993) تغییرات اراضی و خاکها در منطقه مطالعاتی، به دلیل پیشینههای تکاملی متفاوت

۳ -عدم کارایی روش ژئوپدولوژی در تفکیک دقیق و تعمیم اطلاعات به واحدهای مشابه خارج از منطقه نمونه که به نظر می رسد واحدهای ژئومورفیک حاضر، قبلاً تحت فرایندهای متفاوتتری بودهاند که فرآیند جدیدتر، آنها را پوشانده و امکان تفکیک قبلیها وجود ندارد.

۴ -روشهای پلیگونی ارائه تغییرات خاکها، توانایی نشان دادن کل جوامع خاک و تغییرات پیوسته محیط را دارا نمیباشند.

از آنجایی که مناسبترین مقیاس برای چنین روشی، نیمه‌تفصیلی (۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰) تا اجمالی (۱:۱۰۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰۰) بیان شده است (Udomseri, 2006; Rossiter, 2000) و اعتقاد بر این است که به منظور مطالعه در مقیاسهای بزرگتر، نیاز به تغییر و ویرایش راهکار مورد استفاده میباشد (Rossiter, 2000)، بنابراین، انجام پژوهش حاضر در مقیاس تفصیلی (۱:۱۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰) (Rossiter, 2000)، خود به نوعی بر گفتههای محققین مذکور صحه می گذارد، چرا که مطابق با روش مزبور، نتایج ردهبندی حاصل از منطقه نمونه، قابل تعمیم به اشکال اراضی مشابه نمیباشد. بنابراین، یکی از روشهای احتمالی به منظور ویرایش راهکار مورد استفاده در روش ژئوپدولوژی برای مقیاسهای تفصیلی و بزرگتر، تعریف فازهای شکل اراضی[2] است، بدین معنی که دریافت اطلاعات بیشتر به همراه جزئیات دقیقتر از مقیاسهای اخیر

[1] Chaotic nature

[2] Landform phases

میتواند تفکیک سیمای سرزمین را بهتر و تحت واحدهای یکنواختتر (همگنتر) انجام دهد. لذا در صورت اعمال چنین روشی، میتوان موقعیتهای سهگانه ترسیم شده برای منطقه نمونه (با توجه به تغییرپذیری موقعیت واحد HPu211 در آن‌ها) را در لوای یک شکل واحد، اما با فاز اشکال اراضی مختلف نمایش داد. در این صورت، هر فاز شکل اراضی، در واقع، بیانگر یک واحد نقشه مجزا خواهد بود که تغییرپذیری منطقه مطالعاتی را بهتر و دقیقتر نشان میدهد.

به طور کلی نتایج نشان داد که ردهبندی پروفیلهای حفر شده در منطقه تعمیم با پروفیلهای شاهد منطقه نمونه در سطح فامیل خاک متفاوت میباشد. ه م چنین موقعیت منطقه نمونه، تاثیر قابل توجهی بر ردهبندی خاکها، نوع واحد نقشه و میزان تعمیم‌پذیری واحدهای مشابه دا شت. لذا تعمیمپذیری تاکسونومیکی نتایج ژئوپدولوژی برای لندفرمهای مشابه، نمی‌تواند الگوی خوبی را در رابطه با مدیریت منطقه بدست دهد. لیکن وجود تفاوتهای جزئی در مقدار ویژگیهایی نظیر درصد سنگریزه، وجود یا عدم وجود پوشش رسی، میزان رس و درصد کربنات کلسیم که از دیدگاه ردهبندی خاکها 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 تعمیمپذیری 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 گیرد.

جدول ۲- نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پروفیلهای شاهد واحد HPu211 در هر یک از موقعیتهای سهگانه

Table 2. Results of the physical and chemical properties of the control profiles of HPu211 unit in each of the three main positions

Status of HPu211 unit	Horizon	Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Particle (0.1-2 mm) (%)	Particle (2-75mm) (%)	T.N.V (%)	Organic carbon (%)	Texture	Soil pH	EC (ds/m)
First status	A_p	0-25	60	20	20	5	11	15	0.67	FSaL	7.6	0.39
	C_1	25-80	88	2	10	7	15	15	0.46	LSa	7.8	0.22
	C_2	80-115	60	20	20	28	34	14	0.19	CSaL	7.9	0.20
	C_3	115-150	68	20	10	30	35	8	0.08	CSaL	8.0	0.5
Second status	A_p	0-20	52	26	22	25	12	12	0.78	SaCL	7.7	0.39
	C_1	20-65	58	16	26	17	14	10	0.52	SaCL	7.9	0.23
	C_2	65-95	76	6	18	2	28	21	0.26	FSaL	8	0.20
	C_3	95-140	80	2	18	17	53	14	0.35	CSaL	8	0.26
	C_4	140-160	88	2	10	13	28	14	0.11	LSa	8.1	0.31
	A_p	0-20	50	34	16	7	11	10	0.71	L	7.4	0.36
	B_{k1}	20-65	42	20	38	5	27	16	0.82	CL	7.6	0.28
	B_{k2}	65-80	44	24	32	11	36	18	0.55	CL	7.6	0.22
	B_y	80-150	72	18	10	25	45	10	0.35	SaL	7.8	0.25

جدول ۳- ردهبندی پروفیلهای شاهد و نوع واحد نقشه برای واحد **HPu211** در هر یک از موقعیتهای سهگانه

Table 3. Classification of control profiles and kind of map unit for unit of HPu211 in each of the three positions

Status of HPu211 unit	Soil type according to USDA (2010)	Kind of map unit
First status	Loamy- skeletal, mixed (calcareous), mesic Typic Xerorthents	Complex
	Fine- Loamy, mixed (calcareous), superactive,mesic Typic Calcixerepts	
Second status	Fine- Loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts	Complex
Third status	Fine, mixed, superactive, mesic Gypsic Haploxerepts	
	Fine, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts	Consociation

جدول ٤- ردهبندی سایر پروفیلهای حفر شده در واحد **HPu211** (به غیر از پروفیلهای شاهد) با توجه به موقعیتهای مختلف منطقه نمونه

Table 4. Classification of other excavated profiles in the HPu211 unit (except for control profiles) depending on different positions of the sample area

Soil type according to USDA (2010)	Status of HP_u211 unit
Loamy- skeletal, mixed (calcareous), superactive, mesic Typic Xerorthents	
Fine- loamy, carbonatic, mesic Typic Calcixerepts	First status
Fine- loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts	
Fine- loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts	
Fine, mixed, superactive, mesic Vertic Haploxerepts	Second status
Fine, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts	
Fine- loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts	
Fine- loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts	Third status
Fine, carbonatic, mesic Typic Calcixerepts	

جدول ۵- نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پروفیلهای حفر شده به منظور بررسی قابلیت تعمیم نتایج روش ژئوپدولوژی

Table 5. Results of the physical and chemical properties of excavated profiles to evaluate the validity of generalization of geopedological approach results

Profile	Horizon	Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Particle (0.1-2 mm) (%)	Particle (2-75 mm) (%)	T.N.V (%)	Organic carbon (%)	Texture	Soil pH	EC (ds/m)
A	A_p	0-30	12	46	42	7	4	31	0.74	SiCL	7.7	0.40
	B_{k1}	30-95	16	44	40	9	15	38	0.26	SiC	8.1	0.22
	B_{k2}	95-40	15	35	50	13	35	54	0.15	C	8.1	0.24
B	A_p	0-22	15	41	44	8	22	31	0.74	SiC	7.7	0.37
	B_k	22-48	17	35	48	9	42	43	0.79	C	7.7	0.34
	B_{km}	48-95	–	–	–	–	–	88	–	-	–	–
C	A_p	0-25	15	45	40	8	7	24	0.89	SiC	7.4	0.43
	B_k	25-65	15	35	50	13	25	48	0.60	C	7.7	0.24
	B_{km}	65-100	–	–	–	–	–	85	–	-	–	–

جدول ٦- ردهبندی پروفیلهای حفر شده به منظور بررسی میزان اعتبار تعمیمپذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحد **HPu211**

Table 6. Classification of excavated profiles to evaluate the validity of generalization of geopedological approach results for P_i122 unit

Profile	Soil type according to USDA (2010)
A	Fine, mixed, mesic Typic Calcixerepts
B	Clayey-skeletal, carbonatic, mesic Petrocalcic Calcixerepts
C	Fine, carbonatic, mesic Petrocalcic Calcixerepts

References

Anonymous (2010) Keys to soil taxonomy (11th ed.). Soil Survey Staff NRCS, USDA, 338 pp.

Barbercheck ME, Neher DA, Anas O, El-Allaf SM, Weicht TR (2008) Response of invertebrates to disturbance across three resource regions in North Carolina. Environmental Monitiring and Assessment, Online publication. DOI 10. 1007/s 10661- 008-0315-5.

Dent D, Young A (1981) Soil survey and land evaluation. Georg Allen and Unwin Pub., London.

Eftekhari K, Moameni A, Esfandiari M, Pazira A (2011) Sensitivity of soil resources to degradation caused by human activities in Abhar-Khorramdarreh plain based on combining geopelogic and glasood approaches. Journal of Soil Researchers (Soil and Water Sciences) 25 (2): 27-39.

Esfandiarpoor Borujeni I, Salehi MH, Toomanian N, Mohammadi J (2009) 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). Water and Soil Science 49: 66-79.

Farshad A (1997) Analysis of integrated soil and water management practices within different agricultural systems under semi-arid conditions of Iran and evaluation of their sustainability. PhD. Thesis, Gent University, Belgium.

Farshad A, Udomsri S, Hansakdi E, Shrestha DP (2006) GIS-based geopedology: a way to predictive soil mapping: poster. Presented at the 18th World Congress of Soil Science WCSS: Frontiers of Soil Science, Technology and the Information Age, 9-15 July, Philadelphia, USA.

Moemeni 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 pp.

Nayanaka VGD, Vitharana WAU, Mapa RB (2010) Geostatical analysis of soil properties to support spatial sampling in a paddy growing alfisols. Tropical Agricultural Research 22 (1): 34-44.

Rossiter DG (2000) Lecture notes and reference methodology for soil resource inventories. 2 nd Revised Version. Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, the Netherlands. 132 p.

Rossiter DG, Girma A, Henneman R, Siderus W (2001) Summary of investigation, 1997-2000 by ITC. Technical Report, ITC. Soil Science Division, the Netherlands, 31 pp.

Salehi J (1994) Application of remote sensing and geographic information systems for evaluation of soil and water resources for development planning in the Hamadan-Bahar plain, Hamadan Province, Iran. MSc. Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Enschede, The Netherlands.

Sarma VAK (2006) Mapping of the Soil. Science Publishers, NH, USA, 411 pp.

Schoenberger PJ, Wysocki DA, Benham EC, Broderson WD (2012) Field book for describing and sampling soils (3nd ed.). Natural resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, 228 pp.

Shakeri S, Pashaei A, Moameni A (2008) Semi-detailed soil survey for boosting land suitability classification in Aq Qaleh area, using a geopedologic approach. Agricultural and Natural Resources Sciences 14 (5): 23-37.

Shepande C (2002) Soil and land use types in the lake Neivasha basin, Kenya, ITC, Enschede, The Netherlands, 106 pp.

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. MSc. Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, the Netherlands.

Western S (1978) Soil survey contracts and quality control. Clarendon Press, Oxford, England.

Zinck JA (1989) Physiography and soils. Lecture-notes for soil students. Soil Science Division. Soil survey courses subject matter, K6 ITC, Enschede, The Netherlands.