بسم اللہ الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

تأثیر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی در نقشه‌برداری خاک

زکیه رشیدی کوچی

اساتید راهنما:

دکتر علی عباس‌پور

دکتر عیسی اسفندیارپور بروجنی

اساتید مشاور:

مهندس علی اصغر نادری

دکتر اردوان کمالی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به همه ی کسانی که علمشان در راه خاک و اکنون

وجودشان در خاک است.

تشکر و قدردانی:

سپاس خداوند مهربان را که در لحظه لحظه ی زندگی، یاریم نمود. و توانی به من ارزانی داشت تا این مرحله از تحصیل را با رضایت به پایان برم. این پژوهش حاصل حمایت های بی دریغ اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر عباس پور، دکتر نادری و دکتر کمالی می باشد. فرصت را مغتنم شمرده و با کوچکترین واژه ی سپاس، زحمات مشتاقانه ی استاد ارجمندم جناب آقای دکتر اسفندیار پور را ارج می نهم؛ که از ابتدا تا پایانی ترین لحظات همراهیم نمودند. در اینجا وظیفه ی خود می دانم از حمایت های معنوی پدر و مادر عزیزم تشکر نمایم و از خداوند متعال درک جبران گوشه ای از مهربانی های آن ها را مسئلت دارم. از همسرم، همپای همیشه ی راهم، به خاطر همه ی بودنش ممنونم. در انتها از همه ی کسانی که حتی با یک لبخند یاریم نمودند سپاس گذارم.

تعهدنامه

اینجانب زکیه رشیدی کوچی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی در نقشه‌برداری خاک تحت راهنمایی دکتر علی عباس‌پور و دکتر عیسی اسفندیارپور بروجنی متعهد می‌شوم.

تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.

در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.

مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.

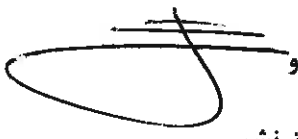
کلیه‌ی حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.

حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.

در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه‌ی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل راز داری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ



امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

ژئوپدولوژی یک روش سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک برای نقشه‌برداری خاک است که به‌منظور صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ی مطالعات خاک، نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده در یک واحد ژئومرفیک را به سایر واحدهای مشابه موجود در منطقه‌ی مطالعاتی تعمیم می‌دهد. پرسش مهم این است که این برون‌یابی (تعمیم‌پذیری) داده‌های خاک تا چه حد می‌تواند صحیح و قابل اعتماد باشد؟ در این راستا تأثیر مقیاس، نوع شکل اراضی و نیز نوع سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک، بر قابلیت اعتماد نتایج روش ژئوپدولوژی مورد تحقیق قرار گرفت. برای این منظور، منطقه‌ای به وسعت حدوداً ۱۵۰۰ هکتار در شرق دماوند انتخاب گردید. پس از تهیه‌ی نقشه تفسیری اولیه‌ی منطقه‌ی مطالعاتی بر روی عکس‌های هوایی با دو مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۵۵۰۰۰، دو محدوده‌ی مشابه **A** و **D** از سیمای سرزمینی پیدمونت و دو محدوده‌ی مشابه **B** و **C** از سیمای اراضی تپه-ماهوری انتخاب گردید. سپس، تعداد ۱۳ خاک‌رخ در چهار محدوده‌ی انتخابی برای مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و نیز تعداد ۲۲ خاک‌رخ برای مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ حفر گردید. با تشریح و نمونه‌برداری از تمامی افق‌های ژنتیکی خاک‌رخ‌های مطالعاتی و انجام آزمایش-های فیزیکی و شیمیایی لازم بر روی نمونه‌ها، رده‌بندی خاک‌رخ‌ها بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) تا سطح فامیل و بر مبنای سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) تا سطح زیرواحد (شامل توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی) نهایی گردید. در نهایت، نتایج طبقه‌بندی خاک‌های موجود در واحدهای ژئومرفیکی مشابه مورد مطالعه، برای هر مقیاس به‌طور جداگانه به دو روش استفاده از شاخص شباهت نسبی و نیز شاخص شباهت سورنسون، مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاکی از تأثیر قابل ملاحظه‌ی مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی بود؛ به‌طوری‌که میزان شباهت‌های تاکسونومیکی میان خاک‌های دو واحد مشابه موجود در پیدمونت‌ها و تپه‌ماهورها (با استفاده از هر دو روش شباهت نسبی و سورنسون) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، همواره و در همه‌ی سطوح، کمتر از مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ بود. از آن‌جایی‌که مناسب‌ترین مقیاس مطالعاتی برای روش ژئوپدولوژی، نیمه‌تفصیلی تا اجمالی ذکر شده است، باید گفت که نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در بازه‌ی مطالعات نیمه‌تفصیلی نیز تغییر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی اثرگذار بوده است. به‌علاوه، نتایج نشان داد که میزان شباهت میان محدوده‌های موجود در شکل اراضی پیدمونت نسبت به تپه‌ماهورها بیشتر می‌باشد. به دیگر سخن، کارایی روش ژئوپدولوژی برای سیمای اراضی پیدمونت بالاتر بوده است. دلیل احتمالی این موضوع را می‌توان به تغییرپذیری کمتر شیب در اراضی پیدمونت (نسبت به اراضی تپه‌ماهوری) مرتبط دانست. هم‌چنین، برخلاف قابلیت بیشتر سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در ارایه‌ی خصوصیات و واقعیات خاک‌های مطالعاتی، سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی در برآورد شباهت بین واحدهای ژئوپدولوژیک مشابه موفق‌تر عمل نموده است. یکی از دلایل احتمالی این موضوع را می‌توان انطباق سطوح سلسله‌مراتبی شش‌گانه‌ی موجود در روش ژئوپدولوژی، با سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی عنوان نمود. در هر حال، به‌منظور افزایش کارایی روش ژئوپدولوژی برای مقیاس‌های نیمه‌تفصیلی و بزرگ‌تر، اضافه نمودن یک سطح مطالعاتی جدیدتر و دقیق‌تر تحت عنوان "فاز شکل اراضی" به این روش توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ژئوپدولوژی، نقشه‌برداری خاک، مقیاس، برون‌یابی، شکل اراضی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... د

فهرست جدول‌ها ..... ز

فهرست شکل‌ها ..... ش

فصل اول- مقدمه

۱- ۱- مقدمه ۲

۱- ۲- بیان مسئله ۶

۱- ۲- اهداف پژوهش ۶

فصل دوم- مروری بر پژوهش‌های انجام شده

۲- ۱- مروری بر تعاریف خاک و عوامل خاک‌سازی ۸

۲- ۱- ۱- تعریف خاک ۸

۲- ۱- ۲- عوامل خاک‌سازی ۱۰

۲- ۱- ۳- تأثیر پستی و بلندی، موقعیت سیمای اراضی و شیب بر روی خصوصیات خاک ۱۱

۲- ۲- نقشه‌ی خاک ۱۳

۲- ۲- ۱- مروری بر نقشه‌برداری خاک و تعاریف آن ۱۴

۲- ۲- ۲- مقیاس نقشه ۱۶

۲- ۲- ۳- رابطه‌ی بین نوع مطالعات خاک‌شناسی و مقیاس ۱۷

۲- ۲- ۴- مقیاس طبیعت ۱۷

۲-۲-۵- تغییرپذیری خاک ۱۷

۲- ۳- مفاهیم و چهارچوب ادارکی روش ژئوپدولوژی ۱۹

۲- ۳- ۱- تعریف ژئومرفولوژی ۲۰

۲- ۳- ۲- رابطه‌ی ژئومرفولوژی با خاک ۲۱
۲- ۴- شرح و تفسیر روش ژئوپدولوژی ۲۳
۲-۴-۱- کدگذاری واحدهای نقشه در روش ژئوپدولوژی..... ۳۰
۲- ۵- پیشینه‌ی مطالعات انجام‌شده..... ۳۱
۲- ۵- ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌گرفته در جهان..... ۳۱
۲- ۵- ۲- مروری بر پژوهش‌های انجام‌گرفته در ایران..... ۳۲

فصل سوم- مواد و روش‌ها

۳- ۱- معرفی منطقه‌ی مطالعاتی ۳۷
۳- ۲- مطالعات ستادی (قبل از عملیات صحرایی) ۴۰
۳- ۲- ۱- جمع‌آوری داده‌ها..... ۴۰
۳- ۲- ۲- تهیه نقشه تفسیری اولیه (نقشه‌ی ژئوفرم) منطقه مطالعاتی..... ۴۱
۳- ۳- مطالعات صحرایی..... ۴۱
۳- ۴- مطالعات آزمایشگاهی..... ۴۳
۳- ۵- مطالعات نهایی..... ۴۳

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج حاصل از تفسیر عکس‌های هوایی منطقه‌ی مطالعاتی در مقیاس‌های مختلف..... ۴۶
۴-۲- مقایسه‌ی واحدهای مشابه موجود در سیماهای اراضی منطقه‌ی مطالعاتی ۴۷
۴-۲-۱- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی
در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۴۸
۴-۲-۲- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی
در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۵۴
۴-۲-۳- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی
در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۵۶
۴- ۲-۴- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی

در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۶۵

۴-۲-۵- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی

در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ ..... ۶۹

۴-۲-۶- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی

در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ ..... ۷۶

۴-۲-۷- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی

در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۸۰

۴-۲-۸- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی

در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۸۷

۴-۳- بررسی کارایی دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و جهانی در ارتباط با طبقه‌بندی خاک‌های موجود در

محدوده‌های A و D و محدوده‌های B و C ۹۲

۴-۴- برآورد درصد شباهت نسبی میان پیدمونت‌های محدوده‌های A و D و تپه‌ماهورهای محدوده‌های B و C

در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰، بر اساس سامانه‌های آمریکایی و جهانی خاک‌ها ۹۶

۴-۵- برآورد میزان شباهت میان خاک‌های محدوده‌های A و D و محدوده‌های B و C در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

و ۱:۴۰۰۰۰، بر اساس شاخص شباهت سورنسون ۱۰۶

فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۳

۵-۲- پیشنهادها ۱۱۴

منابع مورد استفاده ۱۱۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

فصل دوم

جدول ۲-۱: ساختار کلی سامانه‌ی طبقه‌بندی ژئوفرم‌ها..... ۲۹

فصل چهارم

جدول ۴-۱: واحدهای ژئوپدولوژیک منطقه‌ی مطالعاتی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، به همراه مساحت هر کدام از آن‌ها..... ۴۶

جدول ۴-۲: واحدهای ژئوپدولوژیک منطقه‌ی مطالعاتی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، به همراه مساحت هر کدام از آن‌ها..... ۴۷

جدول ۴-۳: نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۵۰

جدول ۴-۴: نتایج برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۵۱

جدول ۴-۵: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D براساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۵۱

جدول ۴-۶: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D براساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۵۴

جدول ۴-۷: نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۵۸

جدول ۴-۸: نتایج برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۵۹

جدول ۴-۹: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۶۰

جدول ۴-۱۰: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفر شده در محدوده‌های A و D بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۶۵

جدول ۴-۱۱: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۷۱

جدول۴-۱۲: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۷۲

جدول۴-۱۳: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی

(۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ ..... ۷۳

جدول ۴-۱۴: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C براساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی

(۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ ..... ۷۶

جدول ۴-۱۵: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۸۲

جدول ۴-۱۶: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۸۳

جدول ۴-۱۷: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفر شده در محدوده‌های B و C بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی

(۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۸۴

جدول۴-۱۸: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی

(۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ ..... ۸۸

جدول ۴-۱۹: طبقه‌بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در مناطق A و D بر اساس دو سامانه‌ی مختلف ۹۳

جدول ۴-۲۰: طبقه‌بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در مناطق B و C بر اساس دو سامانه‌ی مختلف ۹۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل سوم

شکل ۳-۱: موقعیت منطقه‌ی مطالعاتی..... ۳۹

شکل ۳-۲: سیمای اراضی تپه‌ماهوری موجود در منطقه‌ی مطالعاتی..... ۴۰

شکل ۳-۳: سیمای اراضی پیدمونت موجود در منطقه‌ی مطالعاتی..... ۴۰

فصل چهارم

شکل۴-۱: موقعیت محدوده‌های A و D از واحد نقشه‌ی Pi111 به‌همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۴۹

شکل ۴-۲: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) ۵۲

شکل ۴-۳: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) ۵۵

شکل۴-۴: موقعیت محدوده‌های A و D از واحد نقشه‌ی Pi111 به‌همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۵۷

شکل ۴-۵: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) ۶۱

شکل ۴-۶: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) ۶۶

شکل ۴-۷: موقعیت محدوده‌های B و C از واحد نقشه‌ی Hi111 به همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰..... ۷۰

شکل ۴-۸: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های B و C

(در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) ۷۴

شکل ۴-۹: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های B و C

(در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) ۷۷

شکل ۴-۱۰: موقعیت محدوده‌های B و C از واحد نقشه‌ی Hi111 به همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه

شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰..... ۸۱

شکل ۴-۱۱: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های B و C

(در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) ۸۵

شکل ۴-۱۲: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های B و C

(در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) ۸۹

شکل ۴-۱۳: شباهت رده‌بندی خاک بین محدوده‌های A و D در سطوح مختلف سامانه رده‌بندی آمریکایی..... ۹۷

شکل ۴-۱۴: شباهت نسبی رده‌بندی خاک بین محدوده‌های A و D در سطوح مختلف سامانه طبقه‌بندی جهانی..... ۹۹

شکل ۴-۱۵: شباهت نسبی رده‌بندی خاک بین محدوده‌های B و C در سطوح مختلف سامانه رده‌بندی آمریکایی..... ۱۰۱

شکل ۴-۱۶: شباهت رده‌بندی خاک بین محدوده‌های B و C در سطوح مختلف سامانه طبقه‌بندی جهانی..... ۱۰۲

شکل ۴-۱۷: مقایسه‌ی شاخص شباهت سورنسون در محدوده‌های A و D برای سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی..... ۱۰۷

شکل ۴-۱۸: مقایسه‌ی شاخص شباهت سورنسون در محدوده‌های B و C برای سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی..... ۱۰۸

فصل اول

مقدمه

۱- ۱- مقدمه

بی‌شک یکی از مهمترین منابع طبیعی مورد استفاده‌ی انسان خاک می‌باشد که برآورده‌کننده‌ی بیشترین نیازهای بشر در طول زندگی است. بنابراین، بستر حیات، گویاترین مفهوم برای این موهبت الهی است. اهمیت شناسایی همه‌جانبه‌ی خاک و توجه به ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و طبقه‌بندی آن برای اهداف مختلف، واقعیتی اجتناب‌ناپذیر است. این اهمیت با افزایش جمعیت و نیاز به استفاده‌ی بیشتر از سطح زیرکشت، برای افزایش تولید در واحد سطح و همچنین لزوم استفاده‌ی پایدار و بهینه از اراضی و حفظ آن دوچندان می‌شود. به‌عبارتی، فشار روز افزون به منابع خاکی با ازدیاد جمعیت و به دنبال آن تخریب و آلودگی خاک، نیاز به استفاده‌ی اصولی از آن را ضروری می‌نماید که این موضوع، تنها با مطالعه، شناسایی و تعیین دقیق ویژگی‌ها و تغییرات خاک‌ها امکان‌پذیر می‌باشد.

شناسایی خاک[1]، اولین گام برای پی‌بردن به خصوصیات خاک می‌باشد که از این طریق ویژگی‌ها و ارزش اراضی برای کاربری‌های مختلف مشخص می‌شود. در عمل، بدون توجه به شناسایی خاک، دستیابی به این هدف، کاری مشکل و شاید بتوان گفت غیرممکن می‌باشد. بنابراین، توجه به شناسایی خاک به‌عنوان روشی برای تعیین الگوی پراکنش خاک، توصیف و نمایش آن به شکل قابل فهم و تفسیر برای کاربران مختلف، در این راستا ضروری است (اسفندیارپور و باقری، ۱۳۸۵). بر اساس تعریف سازمان کشاورزی آمریکا (USDA، ۱۹۹۳) شناسایی خاک عبارت است از تشریح و بیان خصوصیات خاک در یک منطقه‌ی خاص و طبقه‌بندی خاک‌ها بر اساس یک سامانه‌ی طبقه‌بندی استاندارد، به‌گونه‌ای که حد و مرزهای خاک را مشخص و ترسیم نماید. در هر حال، هدف کلی از شناسایی خاک، فراهم‌آوری اطلاعات در مورد خاک‌های مختلف سطح زمین می‌باشد (آوری، ۱۹۸۷) و نقشه‌برداری خاک، یک بخش اساسی از شناسایی خاک محسوب می‌شود. تهیه‌ی نقشه‌ی خاک یک منطقه، دسترسی سریع و آسان به الگوی پراکنش خاک‌ها و خصوصیات مختلف آن‌ها را برای برنامه-

1- Soil survey

ریزی و توسعه‌ی مطلوب و پایدار میسر خواهد نمود؛ چرا که پاسخگویی به نیازها و کاربری‌های مختلف، مستلزم دسترسی به مجموعه‌ی اطلاعات و داده‌های متنوع از خاک است (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

نقشه‌های خاک‌شناسی، یکی از اصلی‌ترین منابع اطلاعات خاک در هر کشوری می‌باشند. این نقشه‌ها برای اهداف مختلف (مانند کشاورزی پایدار، منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آبی و دیگر تحقیقات) مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهره‌برداری بیشتر از این منابع حیاتی، نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی بهینه برای استفاده از سرزمین می‌باشد. این نقشه‌ها، برآورد مناسبی از ظرفیت تولید انواع محصولات زراعی را در سراسر جهان ارایه می‌دهند (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

به گفته‌ی کولای (۲۰۰۰) اهداف مختلف نقشه‌برداری خاک به شرح زیر می‌باشند:

۱) طبقه‌بندی خاک‌ها در داخل واحدهای نقشه‌ی خاک

۲) یافتن بهترین کاربری برای خاک‌ها

۳) پیش‌بینی ویژگی‌های بارز خاک‌ها تحت عملیات مدیریتی مختلف

برای مرزبندی و تفکیک واحدهای مختلف نقشه‌ی خاک می‌توان از اطلاعات و داده‌های محیطی و فرآیندهای سیمای اراضی[1] به نحوی استفاده نمود که اختلاف بین واحدهای نقشه، حداکثر و تغییرپذیری درونی آن‌ها حداقل باشد (زینک، ۱۹۸۹).

استفاده از داده‌های علم ژئومرفولوژی برای ترسیم مرزها یکی از روش‌های مهم تفکیک اراضی و واحدهای نقشه می‌باشد که به این شیوه اصطلاحاً "روش ژئوپدولوژی[2]" می‌گویند (رزیتر، ۲۰۰۰).

روش ژئوپدولوژی اولین‌بار توسط زینک (۱۹۸۹) ابداع و گسترش یافت. این روش، بیان‌گر کاربرد سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک برای نقشه‌برداری خاک است (رزیتر، ۲۰۰۰). در این روش، نقش توأم فرآیندهای پدولوژیکی و مرفولوژیکی (که در پیدایش، توزیع، نقشه‌برداری، رده‌بندی،

1- Landscape
2- Geopedological approach

توان تولید و مدیریت خاک‌ها مؤثر هستند)، در تفکیک واحدهای نقشه و افزایش درجه خلوص آن‌ها بسیار زیاد است (مؤمنی، ۱۹۹۹).

در روش ژئوپدولوژی، عملیات صحرایی به‌طور عمده بر مبنای کار در منطقه‌ی نمونه[1] و تعمیم نتایج حاصل به مناطق مشابه در خارج از منطقه‌ی نمونه پایه‌ریزی می‌شود. بنابراین، ژئوپدولوژی می‌کوشد تا مطالعات خاک‌شناسی را تسهیل کند و علاوه بر انتخاب واحدهای نقشه‌ی یکنواخت و ارایه‌ی دقیق پراکنش خاک‌های یک منطقه، هزینه‌ی انجام مطالعات را به میزان زیادی کاهش دهد (زینک، ۱۹۸۹).

طبق پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر، مشخص شده است که فرآیندهای پدولوژیکی و ژئومرفولوژیکی، ارتباط بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند؛ به‌طوری که تغییرات در اشکال اراضی، پوشش خاک را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد (فیلیپس، ۲۰۰۱). جرارد (۱۹۹۲) عقیده دارد که خاک‌ها وابستگی شدیدی به موقعیت‌های سیمای اراضی دارند و به همراه این عقیده، مفهوم کاتنا[2] را مد نظر قرار داد. فرشاد و همکاران (۲۰۰۵) بیان می‌کنند که ورود داده‌های ژئومرفولوژیکی در مراحل مختلف عملیات نقشه‌برداری خاک می‌توانند اطلاعات مفیدی را در اختیار قرار دهند. ایشان ژئومرفولوژی را یک سازماندهی مناسب برای کاربرد در نقشه‌برداری خاک بر می‌شمرند.

با توجه به این‌که عوامل خاک‌سازی در طول سیمای اراضی به‌طور پیوسته تغییر می‌کنند، خاک‌ها نیز دارای تغییرپذیری مکانی[3] می‌باشند و به‌صورت پیوسته تغییر می‌کنند. به‌طور کلی، تغییرات سیمای اراضی وابسته به مقیاس می‌باشند و از نظر سلسله‌مراتبی، سامانه‌های پیچیده‌ای را ایجاد می‌کنند که از تعداد زیادی اجزای غیرهمگن دارای روابط غیرخطی تشکیل می‌شوند (هی و همکاران، ۲۰۰۲). با وجود پژوهش‌های زیاد منتشرشده در سه دهه‌ی گذشته، هنوز اطلاعات قابل دسترس در مورد تغییرپذیری خاک‌ها از انسجام کافی برخوردار نبوده و نیازمند یافته‌های علمی بیش‌تر و بهتر

1- Sample area
2- Catena
3- Spatial variability

هستند؛ چرا که چنین یافته‌هایی برای مدل‌سازی‌های اکولوژیکی، پیشگویی‌های زیست‌محیطی، کشاورزی دقیق و مدیریت منابع طبیعی اهمیت فراوانی دارند (لین و همکاران، ۲۰۰۵).

پوشش خاک، ویژگی‌های مهمی از تغییرپذیری در هر دو بُعد افقی و عمودی را دارا می‌باشد (مک‌برتنی، ۱۹۹۲). تغییرپذیری مکانی خاک می‌تواند بر روی قابلیت اطمینان نتایج منطقی، تجربی و فیزیکی مدل‌های خاک و فرآیندهای سیمای اراضی، به‌شدت تأثیرگذار باشد (بارو، ۱۹۹۳). با گسترش تحقیقات در زمینه‌ی چشم‌انداز سیمای اراضی و مدل‌سازی آن برای یافته‌های گوناگون زیست محیطی، اکولوژی، کشاورزی و منابع طبیعی، اطلاعات کافی در مورد تغییرپذیری خاک به‌عنوان تابعی از مکان و زمان ضروری می‌باشد. همچنین این تحقیقات نیازمند آن هستند که کمّیت و کیفیت تغییرپذیری خاک با مقیاس‌های مختلف تعیین شود (لین و همکاران، ۲۰۰۵).

روش ژئوپدولوژی یک سامانه‌ی طبقه‌بندی سیستماتیک برای سطوح ژئومرفیک می‌باشد که دارای شش سطح طبقاتی مختلف است. از آن‌جایی که تمامی این سطوح، وابسته به مقیاس می‌باشند؛ بنابراین می‌توان عنوان نمود که ژئوپدولوژی، نوعی طبقه‌بندی تغییرپذیری خاک است که بین سطوح و مقیاس آن رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد. بارو (۱۹۸۳) و سیلا و همکاران (۱۹۹۶) عنوان کرده‌اند که کمّی‌سازی تغییرپذیری خاک در مقیاس‌های متعدد اغلب برای مدل‌سازی و پیشگویی رفتار خاک مطلوب خواهد بود. همچنین آنها اظهار داشتند که این اَعمال، پایه‌ای را برای بهبود و توسعه‌ی ادراک در مورد مقیاس‌های مؤثر بر تغییرپذیری خاک ایجاد خواهند نمود. بنابراین، استفاده از الگوی نمونه-برداری سلسله‌مراتبی، اجازه‌ی ارزیابی تغییرپذیری خاک را در مقیاس‌های مختلف صادر می‌کند (لین و همکاران، ۲۰۰۵)

۱- ۲- بیان مسئله

در گذشته، خاک‌ها را تنها برای اهداف مالیاتی طبقه‌بندی و نقشه‌برداری می‌کردند، ولی با پیشرفت دانش بشر از یک طرف و نیاز به بهره‌وری بیشتر از خاک، از طرف دیگر، نقشه‌برداری خاک مانند سایر علوم جنبه‌ی علمی پیدا نمود. بنابراین، این نوع مطالعات باعث می‌شود تا خاک ضمن پاسخ‌گویی به نیاز بشر، به‌صورت پایدار و بهینه در دسترس نسل‌های آینده قرار بگیرد. با توجه به مطالب مذکور، به‌نظر می‌رسد که روش ژئوپدولوژی با تفکیک الگوهای ژئومرفیک و جداسازی واحدهای خاک یکنواخت‌تر (اسفندیارپور و همکاران، ۱۳۸۷) بتواند پاسخ‌گوی نیاز کشور برای بهبود کیفیت و کمّیت نقشه‌های خاک و بالا بردن دقت آن‌ها باشد. با عنایت به این‌که مقیاس نقشه می‌تواند عامل مؤثری در راستای نقشه‌برداری ژئوپدولوژیکی خاک‌ها محسوب گردد؛ در پژوهش حاضر، اثر این عامل بر نتایج روش ژئوپدولوژی، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اهداف زیر، در این پژوهش منطقه‌ی دماوند از نظر ژئوپدولوژی مورد مطالعه قرار گرفت تا در نهایت بتوان پاسخی برای سؤال‌هایی چون "آیا مقیاس بر تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه اثرگذار است؟" و یا "ارتباط بین مقیاس و سطح مطالعاتی انتخاب‌شده از سلسله مراتب روش ژئوپدولوژی چگونه است؟"، پیدا نمود.

۱- ۳- اهداف پژوهش

به‌طور کلی، مهم‌ترین هدف‌های این مطالعه عبارتند از:

۱. بررسی اثر مقیاس بر تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه.

۲. بررسی تأثیر نوع سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک بر قابلیت اعتماد نتایج برون‌یابی‌های انجام‌شده در روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه.

۳. مشخص نمودن تأثیر نوع شکل اراضی بر نتایج روش ژئوپدولوژی.

فصل دوم

مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده

۲- ۱- مروری بر تعاریف خاک و عوامل خاک‌سازی

۲-۱-۱- تعریف خاک

خاک در علوم مختلف تعاریف متفاوتی دارد. در علم کشاورزی نیز تعاریف متفاوتی از دیدگاه‌های مختلف برای خاک ارایه شده است. در یکی از این تعاریف (دیدگاه کاربرد زراعی خاک)، خاک به مواد خرد شده در قشر خارجی پوسته زمین گفته می‌شود که قادر به حمایت و رشد گیاه باشد. از دیدگاه رده‌بندی و پدولوژی، خاک، به قشر خارجی پوسته‌ی زمین گفته می‌شود که در اثر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، دست‌خوش تغییر قرار می‌گیرد و این تغییر را با لایه‌ها (افق‌های) مختلفی نشان می‌دهند. در این تعریف، به حمایت از رشد و نمو گیاه به‌طور مستقیم اشاره‌ای نشده است (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

به‌طور کلی، خاک مجموعه‌ی فعالی می‌باشد که در حد فاصل جو، آب و قشر جامد زمین تشکیل شده است که از اثر مشترک آب و هوا، گیاهان و جانوران بر سنگ پدید می‌آید و پس از تکامل تدریجی به حد تعادل می‌رسد. از طرف دیگر نیز خاک را می‌توان یک ماده طبیعی شامل لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی معدنی و یا آلی با ضخامت‌های متفاوت تصور نمود که از نظر خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی، مینرالوژی و بیولوژیکی با مواد مادری خود تفاوت دارد (جعفری و سرمدیان، ۱۳۸۲)

بر اساس دیدگاه ایک[1] (۱۹۶۹)، خاک یک یک توده‌ی طبیعی متشکل از مواد ناپیوسته است که براثر فرآیندهای خاک‌سازی ایجاد شده است. این تعریف، رسوبات تازه و مواد زمین‌شناختی هوازده‌ای را که دست‌خوش فرآیندهای خاک‌سازی و تحولات پدوژنیکی نشده‌اند شامل نمی‌شود (اسفندیارپور و باقری، ۱۳۸۵). سنگ‌ها در اثر تخریب و فساد به خاک و خاک‌ها طی قرون متوالی به سنگ تبدیل می‌شوند. به بیان دیگر می‌توان گفت که خاک مجموعه‌ای پیچیده است که از اثر متقابل اتمسفر، هیدروسفر و بیوسفر تشکیل می‌شود (جعفری و سرمدیان، ۱۳۸۲).

[1] Eyk

رجایی (۱۳۷۳) بیان نمود که خاک فرآورده‌ای است که از فرسایش و دگرگون شدن لایه‌ی فوقانی پوسته زمین در اثر عوامل زیستی و اتمسفر و مبادله‌ی انرژی در آن به‌وجود می‌آید. در حالی که ویلدینگ و همکاران[1] (۱۹۸۵) با تعریف ساده‌ای خاک را مجموعه‌ای از مواد طبیعی می‌دانند که پوسته‌ی خارجی زمین را پوشانده و گیاهان در فضای باز در آن روییده‌اند یا قادر به روییدن هستند. کرمینز[2] و همکاران (۱۹۹۴) خاک را بالاترین لایه‌ی پوسته‌ی زمین تعریف نموده‌اند که توانایی نگهداری ریشه‌های گیاهی را دارا می‌باشد و توسط فعالیت فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی دچار تغییر و تحول می‌گردد.

با توجه به آنچه که در بالا اشاره شد، خاک را می‌توان به‌عنوان یک ساختار زمینی شامل سه فاز جامد (مواد آلی و معدنی)، مایع و گاز در نظر گرفت که از یک‌سری افق، لایه و یا هر دو تشکیل شده است و به‌واسطه‌ی انجام فرآیندهای افزایش[3]، کاهش[4]، انتقال[5] و تغییر شکل[6] انرژی و مواد، دچار تغییر و تحول می‌گردد. به‌علاوه، توانایی نگهداری گیاهان ریشه‌ای را در یک محیط طبیعی دارا می‌باشد.

خاک یک پدیده‌ی طبیعی پیچیده است، که در میان یک سنگ‌کره، اتمسفر و زمین‌کره وجود دارد. خصوصیات خاک از یک مکان به مکان دیگر متغیر است، اما این تغییرات تصادفی نیست. تفاوت در ساختار خاک ممکن است به علت تفاوت در مواد مادری، موقعیت توپوگرافی، درجه‌ی شیب، توزیع مجدد رطوبت، سن مرتبط با وضعیت زمین و ... باشد (بیرکلند[7]، ۱۹۹۹).

1- Wilding
2- Cremeens
3- Adition
4- Removal
5- Translocation
6- Transformation
7 -Birkland

۲- ۱- ۲- عوامل خاک‌سازی

با آگاهی از تأثیر عوامل خاک‌سازی و شناسایی فاکتورهای مختلف، می‌توان نحوه‌ی پراکنش آن‌ها را بر روی یک نقشه نشان داد. خاک در اثر تأثیر متقابل فرآیندهای خاکسازی به‌وجود می‌آید. فرآیندهای خاک‌سازی نیز تحت تأثیر عوامل خاک‌سازی می‌باشند.

ویلدینگ (۱۹۸۵) بیان نمود که خاک به قسمت سطحی سنگ (Rock) اطلاق می‌شود که طی شرایط طبیعی و تحت تأثیر عوامل مختلف مثل آب و هوا و موجودات زنده، همواره در حال تغییر است. در واقع، عوامل تشکیل‌دهنده‌ی خاک ابتدا توسط داکوچائف (۱۸۸۶) و پس از وی توسط دانشمندانی چون هیلگارد، ماربوت، ینی و دیگران مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این دانشمندان همگی کوشیده‌اند تا فاکتورهای مؤثر تشکیل خاک را به صورت فرمول در آورند، که در این راستا ینی[1] (۱۹۴۱) تابع زیر را تعریف نموده است:

$$S = f(cl, o, r, p, t) \qquad (1$$

ینی در این فرمول، خاک را متغیر وابسته‌ی حاصل از پنج عامل مستقل خاک‌ساز شامل آب و هوا (cl)، موجودات زنده (o)، پستی و بلندی (r)، مواد مادری (p) و زمان (t) معرفی می‌کند. هر یک از عوامل یادشده مطابق با نظر سیمونسون، می‌توانند سبب یکی از چهار فرآیند افزایش به خاک (مانند ریزش شاخ و برگ به سطح خاک)، انتقال در خاک (مانند انتقال آهک و گچ در خاک)، انتقال از خاک (مانند آب‌شویی املاح از خاکرخ) و تغییر شکل در خاک (مانند اکسیداسیون و احیا) گردند. روش ینی بر پارامترهای قابل اطمینان خاک مانند پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و خصوصیات بیولوژیکی تمرکز دارد و در برابر پارامترهای پیوسته‌ی خاک، مانند وابستگی ویژگی‌های یک خاک به موقعیت و وضعیت جغرافیایی و هم‌چنین ویژگی‌های خاک‌های اطراف آن بی‌تفاوت است. شناسایی اثرات متقابل بین عوامل خاک‌ساز، پتانسیل مهمی است که امکان درک جزئیات روند تشکیل خاک را برای ما فراهم

1 - Jenny

می‌کند (آبکار، ۱۳۸۹). وبستر و باتلر[1] (۱۹۷۶) یک هم‌بستگی استاندارد مبان مجموعه خصوصیات خاک و فاکتورهای محیطی یافتند. و به‌علاوه یک اثر متقابل بین توپوگرافی و مواد مادری، به ویژه موقعیت شیب پیشنهاد نمودند.

در نهایت، تأثیر متقابل فاکتورها و فرآیندهای خاک‌سازی، خاک‌هایی با خصوصیات متفاوت ایجاد می‌کند که کاربری صحیح از آن‌ها مستلزم شناخت خصوصیات و تعیین موقعیت جغرافیایی آن‌ها است. بنابراین، علم نقشه‌برداری خاک با این هدف می‌کوشد تا حد امکان، خاک‌های متفاوت را از یکدیگر جدا کند و بر روی نقشه نمایش دهد.

از آنجا که در پژوهش‌ها، مقاله‌ها و کتاب‌های علم خاک‌شناسی، بارها و به تفصیل در مورد عوامل خاک‌سازی و اثرات آن در تشکیل خاک گفته شده است و هدف اصلی این پژوهش نیز نقشه‌برداری خاک به روش ژئوپدولوژی می‌باشد، از توضیحات بیشتر در مورد تمامی این عوامل اجتناب کرده و سعی می‌شود تنها از جنبه تأثیر عامل توپوگرافی (پستی و بلندی) و شیب، یا به تعبیری اثرات ژئومرفولوژی و ساختارهای حاصل از آن (مانند شکل‌های اراضی[2])، این موضوع مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۱-۳- تأثیر پستی و بلندی، موقعیت سیمای اراضی و شیب بر روی خصوصیات خاک

به طور کلی، هر شکل اراضی و خاکی در محیط خاصی تشکیل می‌شود و در هر محیط تشکیل و فضای مرفوژنیک، فرآیندهای مشخصی عمل می‌نمایند. شکل‌های اراضی و خاک‌ها، در فاکتورهای سازنده‌ی هم (ماده‌ی مادری) شریک هستند و هر دو از منابع مواد و انرژی ناشی می‌شوند (قیومی محمدی، ۱۳۸۰). سرعت، قدرت، نوع و جهت انرژی، تأثیری تعیین‌کننده و غیر قابل انکار در نحوه‌ی شکل‌گیری شکل‌های اراضی، اندازه و فرم ذرات و بالاخره پایداری پدیده‌ها دارند (قیومی محمدی و رامشت، ۱۳۸۸).

1- Webster
2- landforms

یکی از مسائلی که با مطالعه خاک‌های روی شیب‌ها مشخص شده است، این است که سن خاک‌های موجود در محل‌های مختلف شیب، متفاوت و متناسب با سن رسوبات در آن محل‌ها می‌باشد. بیرکلند (۱۹۹۹) در ایالات آیووا در آمریکای شمالی نشان داد که خاک‌هایی با مواد مادری مشابه که روی سه قسمت از شیب شامل قله[1]، شانه شیب[2] و دامنه پرشیب[3] تشکیل شده‌اند، اکثریت خصوصیات آن‌ها با شدت شیب همبستگی معنی‌داری دارند. به‌ویژه وی دریافت که با افزایش شیب، ضخامت افق‌های خاک و مواد آلی در افق A کاهش می‌یابد.

همچنین تولید محصولات زراعی در اراضی ناهموار، به‌شدت تحت تأثیر موقعیت شیب شکل اراضی می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب قابل دسترس گیاه همگام با مقدار و جهت شیب و نوع شکل اراضی تغییر می‌کنند و به اختلاف در عملکرد و عکس‌العمل گیاه می‌انجامند.

از طرف دیگر، گراهام و بول[4] (۱۹۹۰) نشان دادند که نسبت وسعت خاک‌های واریزه‌ای[5] به خاک‌های درجا[6] به محل واحد ژئومرفیک وابسته می‌باشد. موقعیت واحد ژئومرفیک روی شیب تأثیر زیادی بر خصوصیات و تکامل خاک‌ها دارد. شیب‌های ملایم دارای مقادیر خاک درجای بیشتری هستند که در اثر هوادیدگی سنگ‌های مادری ایجاد شده‌اند. در مقابل، شیب‌های تند، محل تجمع خاک‌های واریزه‌ای می‌باشند.

همچنین نقش ژئومورفیک در تحولات مورفوژنیک- پدوژنیک بر اساس یک تحقیق که در واحد هیدرولوژیک، داران - دامنه انجام گرفت (قیومی، ۱۳۸۰)، نتایج بدست آمده مؤید نقش انکارناپذیر موقعیت ژئومورفیک در تحولات خاک‌سازی و شکل‌زایی می‌باشد.

1- Summit
2- Shoulder
3- Back slope
4 - Graham and Boull
5- Colluvial soils
6- Residual soils

۲- ۲- نقشه‌ی خاک

به تصویر عمودی از پدیده‌های زمین که به نسبت مشخصی (برابر با مقیاس نقشه) کوچک شده و بر روی صفحه دو بعدی (کاغذ) ترسیم شده باشد، نقشه گویند و فرآیند تهیه آن را نقشه‌برداری می‌نامند (اسفندیارپور و باقری، ۱۳۸۵).

نقشه‌ی خاک، نقشه‌ای است که وسعت و توزیع جغرافیایی، نوع خاک‌ها و خصوصیات آن‌ها را تا حدی که مقیاس نقشه اجازه می‌دهد با علائمی نشان داده، و هر یک از این علائم در راهنمای نقشه تعریف می‌شوند. برای نقشه‌برداری خاک، باید به تغییرات تمامی عوامل خاک‌سازی که به هر نحو بر روی تغییرات خاک تأثیر دارند، توجه نمود و مرز واحدها را طوری جدا کرد که خاک‌های همگن‌تر و مشابه‌تری در هر یک از آن‌ها وجود داشته باشند (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷). بسته به هدف و نوع کاربر نقشه، الگوی پراکنش خاک‌های مختلف و خصوصیات آن‌ها را به شیوه‌های مختلف می‌توان روی یک نقشه نشان داد (رزیتر[1]، ۲۰۰۰). دنت و یانگ[2] (۱۹۸۱) زمانی نقشه را مفید می‌دانند که واحدهای آن دو شرط زیر را داشته باشند:

۱. اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات خاک بین واحدهای مختلف وجود داشته باشد.

۲. واحدهای نقشه برای استفاده‌ها و مدیریت‌های مختلف، تأثیرپذیری متفاوتی داشته باشند.

از سال ۱۹۳۰ به بعد، عکس‌های هوایی به‌عنوان ابزار پایه، برای نقشه‌برداری صحرایی به‌کار گرفته شدند و به دنبال آن نقشه‌های خاک بر روی عکس‌های هوایی پایه به چاپ رسیدند.

1 -Rossiter
2 - Dent and Young

۲- ۲- ۱- مروری بر نقشه‌برداری خاک و تعاریف آن

کولای[1] (۲۰۰۰) نقشه‌برداری خاک را تشریح سیستماتیک خاک‌ها در صحرا و گروه‌بندی آن‌ها در قالب واحدهای نقشه می‌داند که این کار برای تعیین بهترین کاربری خاک‌ها و نیز نشان دادن موقعیت آن‌ها بر روی نقشه ضرورت دارد.

از گذشته، کاربرد نقشه‌برداری خاک به منظور مصارف کشاورزی در ارزیابی اراضی متمرکز بوده، در حالی که امروزه تمایل و نیاز به ارزیابی، خاک برای کاربردهای مهندسی، منابع طبیعی و محیط زیست، بیش از پیش افزایش یافته است. به همین دلیل، مطالعات جدید خاک شامل تفسیرهایی برای دامنه وسیعی از کاربری‌های اراضی هستند.

در کشورهای مختلف جهان، روش‌های متعددی برای تهیه نقشه خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور کلی، از نظر کارایی، روش‌های مختلف خاک‌شناسی را می‌توان با بررسی موارد زیر مورد ارزیابی قرار داد (قلی‌زاده، ۱۳۸۰):

۱. توانایی روش در کاهش تغییرات درون واحدهای نقشه (افزایش خلوص واحدهای نقشه)

۲. توانایی روش در تعمیم نتایج نقاط مشاهداتی شاخص[2] به کل واحد نقشه

۳. توانایی روش در کاهش هزینه انجام مطالعات خاک‌شناسی و در عین حال، حفظ کیفیت نقشه خاک.

بر اساس تعریف USDA (۱۹۷۵)، هدف از نقشه‌برداری خاک‌ها مطالعه، تشریح، طبقه‌بندی و تهیه نقشه خاک‌ها می‌باشد که بدین ترتیب می‌توان رفتار آن‌ها را نسبت به استفاده‌های مختلف و نیز پاسخ آن‌ها را نسبت به سامانه‌های مدیریتی تعریف‌شده، پیش‌بینی نمود. زینک[3] (۱۹۸۹) نقشه‌برداری خاک را یک عملکرد ترکیبی شامل تعدادی عملیات در یک‌سری سطوح طبقه‌بندی‌شده، معرفی نموده است.

1- Kolay
2- Representative profiles
3 - Zink

فرشاد (۲۰۰۵) فازهای مختلف نقشه‌برداری خاک را شامل جمع‌آوری داده‌های پایه‌ای خـاک، تلفیـق اطلاعات خاک، توصیف ویژگی‌های اختصاصی خاک و محیط در برگیرنده آن، برشمرده است.

با آگاهی از تأثیر فاکتورهای خاکسازی و شناسایی خاک‌های مختلف، می‌توان نحوه پراکنش آن‌ها را بر روی یک نقشه نشان داد. تأثیر متقابل فاکتورها و فرآیندهای خاک‌سازی، خاک‌هـایی بـا خصوصـیات متفاوت ایجاد می‌کند که کاربری صـحیح از آن‌هـا مسـتلزم شـناخت خصوصـیات و تعیـین موقعیـت جغرافیایی آن‌ها می‌باشد. بنابراین، علم نقشه‌برداری خاک با این هدف می‌کوشد تا حد امکان، خـاک-های متفاوت را از یکدیگر جدا کند و بر روی نقشه نمایش دهد.

از جهت دیگر، هر چه آگاهی، هنر و تجربه نقشه‌بردار در علـم پـدولوژی و مطالعـات صـحرایی بیشـتر باشد، و تأثیر فاکتورهای خاکسازی بر روی تشکیل خاک و نیز تعیین ارتبـاط و خصوصـیات آن‌هـا بـا سیمای اراضی بهتر شناخته شود، امکان تخمین موقعیت خاک‌های مختلف و در نتیجه، تهیه‌ی نقشه-ای با دقت بیشتر وجود خواهد داشت. وظیفه نقشه‌برداران خاک، تهیه نقشه از خاک‌های یک منطقـه است که این‌کار با تعیین نوع خاک‌ها و یا خصوصیاتشان و تعیین گسترش جغرافیایی آن‌ها امکان‌پذیر خواهد بود (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

بای و بکت[1] (۱۹۷۰) یک واحد نقشه را ناحیه‌ای تعریف کرده‌اند که از طریق خصوصیات سطحی شکل زمین، پوشش گیاهی و غیره تشخیص داده مـی‌شـود و از طریـق ترسـیم مرزهـا بـر روی یـک نقشـه مشخص می‌گردد. به‌طور کلی، یک واحد نقشه، به‌عنوان یک محدوده‌ی جغرافیایی، شاملً مجموعـه‌ای از خاک‌های مشابه و زمین‌های بدون خاک می‌باشد که بسته به مقیاس نقشه و نوع واحد، حضور یـک یا چند نوع واحد رده‌بندی و ناخالصی‌ها را به همان نحوی که در صحرا مشاهده می‌شوند بر روی نقشه نشان می‌دهد (اسفندیارپور، ۱۳۸۰). به دیگر سخن، هر واحد نقشه توسط واحد/ های رده‌بندی تعریف و نامگذاری می‌شود. منظور از خاک‌های مشابه[2] خاک‌هایی هستند که در بسیاری از خصوصیات مشابه و یا تقریباً مشابه می‌باشند و خصوصیات مشخصه‌ی آن‌ها در محدوده‌ی تعریف واحد می‌باشد. از لحاظ

1 - Bie and Beckett
2- Similar soils

طبیعت هم خاک‌های مشابه را در کنار یکریگر می‌بینیم، زیرا فاکتورهای خاکسازی در یک منطقه، مشابه می‌باشند (اسفندیارپور، ۱۳۸۰).

۲- ۲- ۲- مقیاس نقشه

در میان فاکتورهای مؤثر بر تغییرپذیری خاک، مقیاس موضوعی بسیار مهم است. مقیاس، بیانگر مفهومی پیچیده می‌باشد که در بسیاری از مطالعات محیطی منعکس شده است (مارتین[1] و همکاران، ۲۰۰۵). این پارامتر، مهم‌ترین مفهوم برای توصیف و توضیح سامانه (ساختار) سلسله‌مراتبی پیچیده‌ای می‌باشد که برای علوم مرتبط با مطالعات خاک‌شناسی استفاده می‌شود (مارسو[2]، ۱۹۹۹). مقیاس نقشه، نسبت یک طول معین روی نقشه، به اندازه واقعی همان طول در روی زمین است. با استفاده از مقیاس می‌توان با اندازه‌گیری دو نقطه بر روی نقشه، فاصله آن‌ها را بر روی زمین به‌دست آورد. مقیاس نقشه، تعیین‌کننده این است که نقشه چه عوارض یا خصوصیاتی را می‌تواند نشان دهد (اسفندیارپور و باقری، ۱۳۸۵). هدف نقشه‌برداری و میزان بودجه قابل دسترس، دو عامل اصلی تعیین‌کننده در انتخاب مقیاس نقشه هستند. البته نوع کاربری و تغییرات خاک در منطقه مورد مطالعه نیز بایستی در انتخاب مقیاس مد نظر قرار گیرد.

باید اذعان شود که تمامی نهادها، فرآیندها و تغییرات محیطی را نمی‌توان در یک مقیاس واحد مورد مطالعه قرار داد؛ بنابراین هر فرآیندی باید در مقیاس کارکردی خودش مطالعه شود (وو و دیوید[3]، ۲۰۰۲؛ فیلیپ[4]، ۲۰۰۵).

1 - Martin
2 - Marceau
3 - Wu And David
4 - Phillip

۲- ۲- ۳- رابطه‌ی بین نوع مطالعات خاک‌شناسی و مقیاس

بر اساس تقسیماتی که توسط رزیتر (۲۰۰۰) بیان شده است، مطالعات خاک‌شناسی بر اساس مقیاس به شش گروه زیر تفکیک گردید:

۱- خیلی تفصیلی، کم، مقیاس ۱:۲۵۰۰

۲- تفصیلی، کم، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰

۳- تفصیلی، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰

۴- نیمه‌تفصیلی، کم، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰

۵- نیمه‌تفصیلی، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

۶- اجمالی، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰

۲- ۲- ۴- مقیاس طبیعت[1]

می‌دانیم که پیچیدگی الگوی خاک، تعیین‌کننده‌ی مقدار جزئیاتی است که می‌توان در یک مقیاس به‌خصوص نشان داد (ایک[2]، ۱۹۶۹). به‌طور کلی، مقیاس طبیعت، بیانگر میزان تغییرات خاک در واحد فاصله می‌باشد. به عبارتی، مقیاس طبیعت، فاصله‌ای است که در آن تغییرپذیری خاک اتفاق می‌افتد. بنابراین، اگر تغییرپذیری خاک‌ها در فاصله‌ی کم اتفاق بیفتد، مقیاس طبیعت، مقیاسی بزرگ خواهد بود و برعکس. پس مقیاس طبیعت لزوماً با مقیاس انتخابی توسط نقشه‌بردار هم‌خوانی ندارد (اسفندیارپور و باقری، ۱۳۸۵).

۲-۲-۵-تغییرپذیری خاک

با عنایت به این‌که فاکتورهای پنج‌گانه‌ی خاک‌سازی به‌دلیل ماهیت طبیعت، در طول سیمای اراضی، یکسان عمل نکرده و به طور مداوم تغییر می‌کنند، خاک‌های حاصل از آن‌ها نیز ویژگی تغییرپذیری

1 - Nature's Scale
2 - Eyk

مکانی را از خود نشان داده و به صورت پیوسته تغییر می‌نمایند. هر چند مرز بسیار واضحی از این تغییرات را نمی‌توان در واحدهای نقشه به طور دقیق نشان داد، اما پی بردن به اثر مقیاس در تغییر-پذیری خاک‌ها و نقشه‌های خاک می‌تواند به دقت آن‌ها کمک کند.

تغییرپذیری خاک متأثر از ترکیبات مختلفی از عملکرد فاکتورهای تشکیل‌دهنده‌ی خاک در طول زمان و مکان می‌باشد. در یک چهارچوب کلی، تغییرپذیری خاک ممکن است تابعی از پنج فاکتور مختلف شامل اندازه‌ی مکانی یا وسعت منطقه، قدرت تفکیک (دقت) مکانی یا مقیاس نقشه، موقعیت مکانی یا ناحیه‌ی فیزیوگرافیک، فرآیندها یا ویژگی خاص خاک و فاکتور زمان باشد که البته بیان دقیق یک چنین تابعی هر چند دشوار می‌باشد، اما غیر ممکن نخواهد بود. هم‌چنین، الگو و مقدار این تغییرات، به موقعیت استقرار خاک در سیمای اراضی، نوع خاک و ویژگی‌های مختلف آن بستگی دارد (لین[1] و همکاران، ۲۰۰۵).

مطالعات محدودی تا کنون بر روی تغییرپذیری خاک در راستای مقیاس‌های چندگانه صورت پذیرفته‌اند (بارو[2]، ۱۹۸۳؛ ادموندز[3] و همکاران، ۱۹۸۵؛ وستن[4] و همکاران، ۱۹۸۷؛ پیناک و دیجانگ[5]، ۱۹۹۰؛ سیلا[6] و همکاران،۱۹۹۶ و دابرمن[7] و همکاران،۱۹۹۷). مور[8] و همکاران (۱۹۹۳) معتقدند که مقیاس‌های بهینه برای شناخت فرآیندهای سیمای خاک که بر توسعه‌ی کاتنا تأثیر می‌گذارند، ناشناخته هستند و نیازمند پژوهش‌های گسترده می‌باشند.

چندگانه بودن مقیاس نمونه‌ها و فرآیندهای سیمای اراضی، به‌طور طبیعی منجر به بهبود گسترش دیدگاه سلسله‌مراتبی در اکولوژی سیمای اراضی می‌گردد (اوربان[9] و همکاران، ۱۹۸۷ و اونیل[10] و

1 - Lin
2 - Burrough
3 - Edmonds
4 - Wösten
5 - Pennock and de Jong
6 - Sylla
7 - Dobermann
8 - Moore
9 - Urban
10 - O□Neill

همکاران، ۱۹۸۹). تئوری سلسله‌مراتبی چهارچوبی مفهومی دارد که بررسی و توضیح الگوها و فرآیندهای چند مقیاسی را ارایه می‌دهد (اونیل و همکاران، ۱۹۹۶).

مقیاس و ساختارهای سلسله‌مراتبی، به شکل اجتناب‌ناپذیری در مطالعات مربوط به سیمای اراضی حضور دارند. در نتیجه، سیمای اراضی وابسته به مقیاس است. در واقع، سیمای اراضی نوعی سیستم پیچیده به حساب می‌آید که از تعداد زیادی اجزای نامتجانس تشکیل یافته است و این اجزا به‌طور غیرخطی با هم تعامل دارند (هی[1] و همکاران، ۲۰۰۲). وو و لوین[2] (۱۹۹۴) دو رویکرد اصلی برای تشخیص مقیاس‌های چندگانه و مشخص نمودن سطوح سلسله‌مراتبی در سیماهای اراضی غیریکنواخت ارایه داده‌اند. رویکرد اول، روش مستقیم است که از شیوه‌های آماری چندمقیاسی استفاده می‌کند. در رویکرد دوم که یک روش غیرمستقیم و تک‌مقیاسی محسوب می‌شود، اغلب از اطلاعاتی استفاده می‌گردد که بیش از یک‌بار جمع‌آوری شده‌اند و به‌صورت سلسله‌مراتبی منظم گردیده‌اند.

۲- ۳- مفاهیم و چهارچوب ادراکی روش ژئوپدولوژی

اصلی‌ترین مفهوم در روش ژئوپدولوژی، ژئومرفولوژی می‌باشد، چرا که این روش، براساس ارتباط بین خاک و ژئومرفولوژی بنا نهاده شده است و هدف اصلی آن، طبقه‌بندی خاک‌ها بر اساس داده‌های ژئومرفولوژیکی آن‌ها در سطح زمین می‌باشد (زینک، ۱۹۸۹). با اشاره به این تعریف کوتاه در می‌یابیم که برای درک بهتر روش ژئوپدولوژی ناگزیر به ارایه توضیحاتی در مورد ژئومرفولوژی و ارتباط آن با خاک هستیم.

1 - Hay
2 - Wu And Levin

۲- ۳- ۱- تعریف ژئومرفولوژی

کلمه ژئومرفولوژی[1] از سه واژه یونانی شامل ژئو[2] به معنی زمین، مُرف[3] به معنی شکل و لوژی[4] به معنی شناسایی تشکیل شده است که به مطالعه‌ی ویژگی‌های هندسی سطح زمین می‌پردازد. تاریخچه‌ی پیدایش ژئومرفولوژی بسیار طولانی است. برخی اعتقاد دارند که این واژه برای اولین‌بار به‌وسیله‌ی یونانی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (احمدی، ۱۳۷۴). به هر حال، در قرن نوزدهم، ژئومرفولوژی به‌عنوان یکی از علوم پایه مرتبط با زمین مطرح گردید.

به‌طور کلی، ژئومرفولوژی علم شناسایی شکل عوارض سطح زمین می‌باشد که در برخی کتاب‌های علمی از آن به عنوان «زمین‌ریخت‌شناسی» یاد می‌شود (احمدی، ۱۳۷۴). به عبارت دیگر ژئومرفولوژی، ناهمواری‌ها و ساختار سطح زمین را بررسی می‌کند و عوامل مؤثر در تشکیل ناهمواری‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (شائتزل و آندرسون، ۲۰۰۵).

امروزه ژئومرفولوژی بیشتر به منظور مقایسه‌ی سیستماتیک اشکال ناهمواری‌ها و نهشته‌های ناشی از آن‌ها به‌کار می‌رود. نتیجه‌ی این تلاش، تعیین سن، تعیین اشکال اصلی ناهمواری‌ها و شناسایی فرآیندهای مؤثر بر آن‌ها و مشخص نمودن شرایط اقلیم گذشته‌ای است که این ناهمواری‌ها را به‌وجود آورده‌اند. البته به موازات آن از علوم دیگر مثل سنگ‌شناسی، رسوب‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژی و اقدامات آزمایشگاهی کمک گرفته می‌شود (احمدی، ۱۳۷۴). در یک تعریف کلی، می‌توان عنوان نمود که ژئومرفولوژی، یکی از شاخه‌های علم زمین‌شناسی است که علاوه بر مطالعه‌ی شکل و ساختار کلی سطح زمین، به بررسی نحوه‌ی تشکیل آن‌ها نیز می‌پردازد (بنی‌نعمه، ۲۰۰۳).

---

[1]- geomorphology
[2]- Geo
[3]- Morph
[4]- Logy

۲- ۳- ۲- رابطه‌ی ژئومرفولوژی با خاک

روش ژئوپدولوژی بر پایه‌ی تلفیق داده‌های ژئومرفولوژیکی، ژئولوژیکی و فرآیندهای پدولوژیک بنیان-گذاری شده است و نیز در تهیه‌ی نقشه‌ی خاک به روش ژئوپدولوژی، مطالعات ژئومرفولوژی نقش اساسی دارند. بنابراین، دانستن اثر متقابل مطالعات ژئومرفولوژی و خاک‌شناسی بر روی هم ضروری می‌باشد.

فرپور (۱۳۸۱) اعتقاد دارد از آن‌جا که خاک‌ها قسمت خارجی پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهند؛ بنابراین، هر تغییری در فرآیندهای ژئومرفیکی، فرآیندهای خاک‌سازی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع، شکل اراضی با خاک‌هایی که بر روی آن‌ها تشکیل شده و تکامل می‌یابند به‌شدت تحت تأثیر یکدیگر هستند. پس می‌توان گفت که مطالعات ژئومرفولوژی و پدولوژی، لازم و ملزوم یکدیگر می-باشند. ارتباط نزدیک خاک‌ها و اشکال اراضی، موجب بروز رویکرد "زمین‌ریخت‌شناسی" خاک یا "ژئومرفولوژی خاک" گردیده است (شائتزل و آندرسون[1]، ۲۰۰۵).

پدولوژی و ژئومرفولوژی هر دو از نظام‌های بنیادین درونی اکولوژی سیمای اراضی هستند. پدون‌ها و ژئوفرم‌ها به‌ترتیب موضوعات مورد مطالعه‌ی این نظام‌های بنیادی می‌باشند. ژئومرفولوژی در دو فعالیت مهم از مجموعه فرایندهای پیچیده‌ی مطالعات خاک، یعنی نقشه‌برداری خاک و تشکیل خاک، نقش به‌سزایی دارد. فرآیندهای ژئومرفولوژیکی و محیطی به‌عنوان فاکتورها و چهارچوب تشکیل و تکامل خاک عمل می‌کنند. به‌طور خلاصه، افزودن ژئومرفولوژی در مراحل مختلف عملیات نقشه‌برداری خاک، اطلاعات مفیدی را در اختیار می‌گذارد (فرشاد و همکاران، ۲۰۰۵).

در کتاب جرارد[2] (۱۹۹۲) ژئومرفولوژی خاک تحت عنوان ارزیابی روابط ژنتیکی موجود بین خاک‌ها و اشکال اراضی تعریف شده است. به‌عنوان مثال، پژوهش‌گران علم ژئومرفولوژی برای پی‌بردن به فرسایش شن‌ها و فرآیندهای هوادیدگی از خاک‌شناسی مدد می‌جویند و در مقابل برای پی‌بردن به فرآیندها و ویژگی‌های ژئومرفولوژیکی که بر روی تشکیل و تکامل خاک‌ها مؤثرند، اطلاعات مفیدی را

1 - Shaetzl and Anderson
2 - Gerrard

در اختیار خاک‌شناسان قرار می‌دهند. این‌گونه است که می‌توان گفت در تحول و گسترش خاک‌ها، نقش عوامل ژئومرفولوژیک بسیار مؤثر می‌باشد (قلی‌زاده، ۱۳۸۰).

قیومی محمدی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی نگرش فضایی در مطالعات خاک و ژئومرفولوژی، نه تنها تأثیر ژئومرفولوژی را در خصوصیات خاک‌ها تأیید نمودند، بلکه بیان کردند که حتی فضای مرفوژنیک یک واحد نقشه می‌تواند بر خصوصیات معمول خاک غلبه کند و کاملاً آن را متحول سازد. همچنین این پژوهش‌گران بر این باورند که ژئومرفولوژیست‌ها راه دشواری را برای ضابطه‌مند کردن تغییرات خاک‌ها و شکل‌های اراضی، و اندازه‌گیری نقش فضای مرفوژنیک در خاک‌سازی و شکل‌زایی در پیش دارند، زیرا عوامل و فرآیندهای متعدد و ناهمگونی در شکل‌گیری فضای مذکور مؤثرند که هرکدام در مقیاس و ابعاد مختلفی (نقطه‌ای، پهنه‌ای، محلی، منطقه‌ای، ناحیه‌ای، حوضه‌ای، ملی، قاره‌ای، سیاره‌ای، منظومه‌ای، کهکشانی و گستره‌ی هستی) مطرح بوده و در نتیجه تأثیرات متفاوتی را اعمال می‌نمایند.

مطالعه ارتباط خاک– ژئومرفولوژی، مفاهیم پراکنش خاک، تشکیل خاک و تغییرپذیری مکانی خاک را قابل درک می‌نماید (والکر[1]، ۱۹۸۹)، چنان‌چه مطالعه‌ی تشکیل و پراکنش خاک در ارتباط با سطوح ژئومرفولوژی درک عمیق‌تری را نسبت به وقتی که خاک، تنها در سطوح رده‌بندی مختلف مورد مطالعه قرار می‌گیرد، ایجاد می‌کند (گراهام و بیول، ۱۹۹۰).

خصوصیات زیادی از خاک، تحت تأثیر موقعیت ژئومرفولوژی تغییر می‌کنند که از آن جمله می‌توان به عمق خاک، مقدار شن و رس، واکنش خاک، ضخامت افق سطحی، عمق تجمع نمک و کربنات‌کلسیم، مقدار کربن آلی در افق‌های زیرسطحی و غیره اشاره نمود. فرپور (۱۳۷۴) با مطالعه‌ی عملکرد محصول، میزان فرسایش و خصوصیاتی از قبیل مقدار رس، رطوبت و ماده آلی، تغییرات مرفولوژیکی، میکرومرفولوژیکی و نیز طبقه‌بندی خاک‌های منطقه‌ی امام قیس بروجن– چهارمحال و بختیاری– را در رابطه با سطوح ژئومرفولوژیکی مختلف بررسی نمود و دریافت که ارتباط بسیار نزدیکی بین خاک و ژئومرفولوژی وجود دارد.

1 - Walker

روش‌های مدرنی که در سال‌های اخیر در ژئومرفولوژی رایج شده‌اند (نگرش سیستمی)، علاوه بر امکان شناسایی منطقی محیط، راه‌های یافتن پیوندهای گوناگون آن را با سایر علوم مربوط به طبیعت و سرزمین (مانند پیدایش و تحول خاک) فراهم ساخته‌اند. داده‌هایی که از طریق شناسایی سیستمی به‌دست می‌آیند، مدارک مهم‌تری را برای تهیه‌ی نقشه‌های ژئومرفولوژی و خاک‌شناسی (مرفوژنز-پدوژنز) در دسترس قرار می‌دهند. این نقشه‌ها با دارا بودن ویژگی‌های سیستمی، به‌عنوان ملاک شناسایی واحدهای گوناگون از نظر انواع خاک و مرفودینامیک محیط، در پژوهش‌های علمی مربوط، مورد استفاده قرار می‌گیرند (رجایی، ۱۳۷۳).

اغلب خاک‌شناسان، نقش توپوگرافی را در پیدایش و تحول خاک منحصر به فرد می‌دانند و آن را با عبارت ردیف پستی و بلندی و یا کاتنا مشخص می‌کنند (قلی‌زاده، ۱۳۸۰). امروزه آگاهی از نقش ژئومرفولوژی در خاک‌شناسی نیاز جدیدتری را می‌طلبد چرا که مطالعات ژئومرفولوژی، اساس بررسی-های منابع طبیعی تجدیدشونده قرار گرفته‌اند. از آن‌جا که زمینه‌ی کاری چنین منابعی، بسیار گسترده‌تر می‌باشد و علوم مختلفی از قبیل گیاه‌شناسی، اقلیم‌شناسی، سنگ‌شناسی، هیدرولوژی، اکولوژی و خاک‌شناسی در این‌گونه مطالعات دخالت دارند، نقش این علم حائز اهمیت به‌نظر می‌آید (احمدی ، ۱۳۷۴).

با توجه به موارد یادشده، متأسفانه در کشور ایران هنوز توجه کافی به ارتباط بین این دو نظام علمی (ژئومرفولوژی و خاک‌شناسی) به‌خوبی صورت نگرفته است و جدایی بین آن‌ها بسیار شدید می‌باشد، در صورتی که اهمیت رابطه‌ی بین ژئومرفولوژی و خاک‌شناسی، بیش از پیش روشن بوده و در دنیا مورد تأیید قرار گرفته است.

۲- ۴- شرح و تفسیر روش ژئوپدولوژی

همان‌طور که قبل‌تر هم اشاره شد با توجه به کاستی‌های روش نقشه‌برداری سنتی خاک از جمله کیفی بودن و عدم وجود نظام سیستماتیک و دخالت بیش از حد تفکرات شخصی در تفسیر

فرآیندهای دقیق در تشکیل سیمای سرزمین، وجود نظامی سیستماتیک و سلسله‌مراتبی و کمّی، بر اساس روابط و برهم‌کنش بین پیدایش، طبقه‌بندی و تکامل خاک‌ها با ژئومرفولوژی و اشکال ناهمواری‌ها کاملاً حس می‌شد که با ابداع روش ژئوپدولوژی توسط زینک (۱۹۸۹) به این نیاز پاسخ داده شد. در همین راستا، دیدگاه ژئوپدولوژیک، بر اساس بررسی جامع روابط خاک و ژئومرفولوژی و برهم‌کنش آن‌ها بنا شده است.

ژئوپدولوژی، یک روش سیستماتیک تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک برای نقشه‌برداری خاک است که عملیات صحرایی را به‌طور عمده بر مبنای کار در منطقه‌ی نمونه پایه‌ریزی می‌کند (اسفندیارپور و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین، یک روش ادراکی می‌باشد که وجود چهارچوب علمی را برای موجودیت منبع خاک تقویت و کاربری‌های مختلف را برای خاک ارزیابی و تشریح می‌کند. روش خاک‌شناسی ژئوپدولوژیک می‌تواند مطالعات خاک‌شناسی را تسهیل نماید و تصویر دقیقی از پراکنش خاک‌های یک منطقه با هزینه‌ی معقول ارایه نماید (رزیتر، ۲۰۰۰).

از طرف دیگر، زینک (۱۹۸۹) هدف اصلی در ژئوپدولوژی را سازمان‌دهی و طبقه‌بندی خاک‌ها بر طبق سیمای ژئومرفولوژیکی سطح زمین با استفاده از ساختار طبقه‌بندی سیستماتیک و بیان ژئومرفولوژیکی خاک‌ها در سطح زمین بیان می‌نماید.

در رویکرد ژئوپدولوژی چنان‌چه ارتباط میان ژئومرفولوژی و خاک به خوبی تعریف شده باشد، می‌تواند برای پوشش سریع مطالعات خاکی در مناطق وسیع مورد استفاده قرار گیرد (یودامسری[1]، ۲۰۰۶).

فرشاد و همکاران (۲۰۰۶) روش ژئوپدولوژی را یک علم و به بیان دیگر هنر مدل‌سازی اتفاقات و رویدادهایی می‌داند که در سیمای اراضی رخ می‌دهند. به‌علاوه، وی نقشه‌ی ژئوپدولوژیک را یک نقشه‌ی خاک می‌داند که شامل تعدادی حقایق و اطلاعات در مورد سیمای اراضی است. در این روش، موقعیت خاک‌ها بر روی شیب (که بر روی خواص شیمیایی، حاصل‌خیزی و در نتیجه مدیریت آن‌ها

1 -udomsri

نقش اساسی دارد)، به عنوان مهم‌ترین فاکتور مؤثر در تفکیک واحدهای خاک، مورد توجه قرار می‌گیرد (شاکری و همکاران، ۱۳۸۶).

از مزایای دیگر روش ژئوپدولوژی، کاهش هزینه و زمان اجرای مطالعات خاک‌شناسی و نیز افزایش دقت آن‌ها را می‌توان برشمرد؛ چرا که روش مزبور بر پایه‌ی تلفیق داده‌های اقلیمی، زمین‌شناسی، ژئومرفولوژی، رسوب‌شناسی، هیدرولوژی، وضعیت پوشش گیاهی و پدولوژی استوار می‌باشد (مومنی، ۱۹۹۴).

شرح مفصل و نحوه‌ی اعمال روش ژئوپدولوژی توسط زینک (۱۹۸۹) ارایه شده است. به گفته‌ی آن‌ها دیدگاه ژئوپدولوژیک سعی دارد با بررسی جامع روابط بین خاک و ژئومرفولوژی و بر هم‌کنش 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 نماید. از دیدگاه پژوهش‌گران دیگر، این رویکرد، یک کاربرد طبقه‌بندی‌شده از تجزیه و تحلیل سطوح ژئومرفیک برای نقشه‌برداری خاک است که با استفاده از آن می‌توان یک منطقه جغرافیایی وسیع را خیلی سریع مطالعه کرد؛ به‌خصوص اگر رابطه بین ژئومرفولوژی و خاک‌های آن منطقه، به‌خوبی تعریف شده باشد (رزیتر، ۲۰۰۰؛ قلی‌زاده، ۱۳۸۰).

در روش ژئوپدولوژی ارتباط معنی‌داری بین خصوصیات خاک و تفکیک بیشتر واحدهای خاک در نقشه خاک حاصل از آن وجود دارد که این موضوع، نشان‌دهنده‌ی تغییرپذیری کم‌تر درون این واحدها و افزایش خلوص واحدها نسبت به روش خاک‌شناسی معمول (سنتی) می‌باشد. هم‌چنین، روش ژئوپدولوژی علاوه بر افزایش راندمان اطلاعاتی، به‌دلیل این‌که مبتنی بر تعمیم نتایج بر پایه‌ی رابطه‌ی میان نمونه و جامعه می‌باشد، باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش راندمان اقتصادی مطالعات خاک نیز خواهد شد (قلی‌زاده، ۱۳۸۰).

قلی‌زاده (۱۳۸۰) ویژگی‌های عمده‌ی روش ژئوپدولوژی را به شرح زیر توضیح داده است:

الف) نقش پدولوژی در تفکیک واحدهای نقشه و افزایش درجه‌ی خلوص آن‌ها از طریق تجزیه و تحلیل فرآیندهای پدولوژیک، بسیار زیاد است.

ب) موقعیت ژئومرفیک خاک‌ها که در خواص شیمیایی، حاصلخیزی و در نتیجه، مدیریت خاک‌ها نقش اساسی دارد، به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور تفکیک واحدهای نقشه، مورد توجه قرار می‌گیرد.

ج) در روش ژئوپدولوژی، پدیده‌های (عوارض) طبیعی، متناسب با مقیاس و سطح درک آن‌ها در یک سامانه‌ی سلسله‌مراتبی، منظم و استاندارد شده‌اند.

ساختار سلسله‌مراتب ژئومرفیک موجود در روش ژئوپدولوژی با سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی قابل مقایسه است. در این ساختار به طور معمول، شش سطح دقت در طبقات مختلف ژئوفرم را به شرح جدول (۱) در نظر می‌گیرند (زینک، ۱۹۸۹) که در تهیه نقشه خاک می‌توان متناسب با مقیاس و سطح دقت، پدیده‌ها را متناسب با این شش سطح، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. به دیگر سخن، تمامی این سطوح، وابسته به مقیاس هستند و هر سطحی را در مقیاس معینی می‌توان تفکیک نمود (بنی‌نعمه، ۲۰۰۳). باید به این نکته توجه نمود که مقیاس مطالعاتی برای سطوح پنجم و ششم، یعنی محیط ریخت‌زایش[1] و زمین‌ساختار[2]، بسیار کوچک است و مستلزم استفاده از ابزارهای خاص (مانند بال‌گرد و یا هواپیما) می‌باشد؛ بنابراین در مطالعات معمول خاک‌شناسی با استفاده از روش ژئوپدولوژی، عمدتاً چهار سطح اول این ساختار مدنظر قرار می‌گیرند.

در هر حال بایستی توجه داشت که در روش ژئوپدولوژی، بین سطوح ادراکی پدیده‌ها و مقیاس نقشه، رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد که با مفاهیم رده‌بندی خاک، به‌خوبی هماهنگ است (قلی‌زاده، ۱۳۸۰؛ یودامسری، ۲۰۰۶). روش مزبور، در مقابل روش فیزیوگرافیکی با قالب آزاد[3] که ترکیب‌های منحصر به فرد اجزای حاصل از تفکیک عکس‌های هوایی را بدون استفاده از یک ساختار سلسله‌مراتبی برای راهنمای نقشه جستجو می‌کند، قرار گرفته است (رزیتر، ۲۰۰۰).

---

[1]- Morphogenetic environment
[2]- Geostructure
[3]- Free-form physiographic approach

روش ژئوپدولوژی بر اساس میزان درستی فرضیه‌های زیر استوار است (زینک، ۱۹۸۹ و رزیتر، ۲۰۰۰):

۱) خاک‌ها در سطوح پایین‌تر سلسله‌مراتب ژئوپدولوژی از یکنواختی بیشتری برخوردار هستند.

۲) سطوح پایین‌تر سلسله‌مراتب ژئوپدولوژی، بیان‌گر یکسانی واحدهای همنام در منطقه می‌باشند.

۳) مرزهای ترسیم‌شده توسط تجزیه و تحلیل سیمای اراضی، عمده‌ی تغییرات موجود در خاک‌ها را جدا می‌کنند.

۴) منطقه‌ی نمونه، نماینده‌ی واقعی واحدهای مورد مطالعه می‌باشد، به‌طوری که بر اساس الگوی خاک موجود در آن می‌توان واحدهای بازدیدنشده را برون‌یابی کرد.

منظور از منطقه‌ی نمونه، کوچکترین سطحی است که تمام یا بخش‌هایی از واحدهای تفکیک‌شده در محدوده‌ی مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. به‌عبارت دیگر، منطقه‌ی نمونه را بایستی طوری بر روی نقشه‌ی تفسیری اولیه (نقشه‌ی ژئوفرم) طراحی نمود که از هر کدام از واحدهای تفکیک‌شده، حداقل یک مورد 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 ماده‌ی مادری و قابلیت دسترسی به واحدهای تفکیک‌شده انجام می‌پذیرد (یودامسری، ۲۰۰۶).

منطقه نمونه، حدود ۱۰ درصد از کل منطقه مطالعاتی را می‌پوشاند، ولی اگر همه سیمای سرزمین حالت یکنواخت داشته باشد، کمتر از ۱۰ درصد نیز قابل قبول است (رزیتر، ۲۰۰۰). در روش ژئوپدولوژی، عملیات صحرایی به‌طور عمده بر مبنای کار در منطقه‌ی نمونه و برون‌یابی نتایج آن به مناطق مشابه مطالعه‌نشده (منطقه‌ی تعمیم) پایه‌ریزی شده است.

به‌طور کلی، مراحل مختلف روش ژئوپدولوژی عبارتند از (یودامسری، ۲۰۰۶):

۱. تفسیر عکس‌های هوایی: این تفسیر بر مبنای اصول ژئوپدولوژی و با توجه به سطوح طبقاتی مذکور در جدول ۱، به‌صورت مرحله‌ای انجام می‌گیرد. مراحل مختلف این فرآیند عبارتند از (فرشاد، ۱۹۹۹):

الف) تعیین و تفسیر سیماهای اراضی موجود بر روی عکس‌های هوایی (و یا تصاویر ماهواره‌ای) و جداسازی آن‌ها توسط خطوط اصلی (خطوط شارپ).

ب) تعیین و شناخت انواع پستی و بلندی در هر سیمای اراضی و سپس، تقسیم‌بندی و جداسازی واحدهای اولیه یا واحدهای سطح "الف" توسط خطوط نیمه‌اصلی.

ج) تعیین و شناسایی مواد مادری و سپس، تقسیم‌بندی واحدهای سطح "ب" توسط خطوط فرعی.

در این مرحله، به‌طور عمده از نقشه‌های زمین‌شناسی استفاده می‌شود. هم‌چنین در تعیین مواد مادری، علاوه بر گونه و جنس این مواد، منشأ آن‌ها نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

د) تعیین و شناسایی اشکال اراضی به‌طوری که واحدهای سطح "ج" با آن‌ها تقسیم‌بندی شوند. خطوط جداکننده در این سطح، خطوط فرعی نهایی هستند.

ه) از طریق انجام گام‌های بالا می‌توان یک راهنمای منسجم طراحی کرد و سپس هر کدام از واحدهای جدا شده را کدگذاری نمود. ساختار سامانه‌ی کدگذاری واحدهای نقشه نیز همانند ساختار راهنمای نقشه، دارای سطوح سلسله‌مراتبی است؛ به‌گونه‌ای که هر کد واحد نقشه، بیان‌گر تعداد زیرتقسیم‌های ژئوفرم‌های مشخص‌شده در منطقه‌ی مطالعاتی می‌باشد (قلی‌زاده، ۱۳۸۰).

۲- مناطق نمونه انتخاب می‌گردند و با توجه به مقیاس مطالعاتی، مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

برای این منظور، با استفاده از انواع نقاط مشاهداتی شامل "نقاط مشاهداتی شناسایی[1]، نقاط مشاهداتی تشریحی[2] و یا تشریح کامل پروفیل‌های خاک[3]، اقدام به مطالعه‌ی مناطق نمونه می‌شود.

۳- برون‌یابی الگوی خاک و اطلاعات کسب‌شده از مطالعه‌ی نمونه‌ها در مناطق نمونه به سایر واحدهای نقشه که فاقد نقاط نمونه هستند.

در این مرحله، با حفر نقاط مشاهداتی جدید (به‌طور عمده مته)، تعمیم‌پذیری نتایج حاصل از مناطق نمونه برای واحدهای مشابه شناسایی‌نشده، واقع در خارج از مناطق نمونه، بررسی می‌گردد. در صورتی

---

[1]- Augering
[2]- Mini-pit
[3]- Profile-pit

که خاک‌های تعریف‌شده‌ی قبلی، خودشان را تکرار کنند؛ بایستی مرز نهایی آن‌ها را با استفاده از مته تعیین نمود و در صورت برخورد با یک خاک جدید، باید حداقل یک پروفیل کامل برای آن تشریح کرد و جایگاه مرز خاک اخیر را در نقشه تفسیری اولیه باز نمود. در نهایت، برون‌یابی داده‌های کسب‌شده از تمامی واحدهای موجود در مناطق نمونه به واحدهای مشابه خارج از منطقه نمونه، منجر به تولید نقشه‌ی خاک مورد نیاز از منطقه‌ی مطالعاتی می‌شود.

جدول ۲-۱: ساختار کلی سامانه‌ی طبقه‌بندی ژئوفرم‌ها (زینک، ۱۹۸۹)

سطح	طبقه	مفهوم کلی	تعریف کوتاه
۶	رده	زمین ساختار	بخش قاره‌ای وسیعی که از ساختارهای زمین‌شناسی گسترده تشکیل شده است (مانند زمین ناودیس‌ها)
۵	زیررده	محیط ریخت‌زایش	نوع گسترده‌ای از یک محیط بیوفیزیکی که از یک الگوی زمین پویای داخلی و یا خارجی، نشأت می‌گیرد و کنترل می‌شود (مانند ساختاری، رسوبی و فرسایشی)
۴	گروه	سیمای اراضی	بخش بزرگی از اراضی که توسط تکرار انواع پستی و بلندی‌های غیرمشابه، مشخص می‌شود (مانند کوه، تپه، کوه‌پایه، دره، دشت و فلات)
۳	زیرگروه	پستی و بلندی/ قالب	پستی و بلندی توسط ترکیبی از توپوگرافی و ساختارهای زمین‌شناسی مشخص می‌شود (مانند خرپشته و فرازمین). قالب توسط شرایط ریخت اقلیمی ویژه یا فرآیندهای ریخت‌زایشی تشخیص داده می‌شود (مانند دلتا و تراس)
۲	فامیل	سنگ‌شناسی/ منشأ	به خصیصه‌ی ذاتی لیتولوژی سنگ‌های سخت و متراکم و رخساره‌های نرم پوشش سطحی آن اطلاق می‌شود (مانند ته‌نشست‌های پیرامون یخچالی، رسوبات دریاچه‌ای و آبرفتی)
۱	زیرفامیل	شکل اراضی	تیپ اصلی و واضح ژئوفرم با ساختار منحصر به فرد هندسی، دینامیکی و تاریخی می‌باشد که به منزله‌ی یک واحد عنصری پایه با بالاترین درجه‌ی همگنی، در پایین‌ترین سطح از سلسله‌مراتب ژئومرفیک قرار گرفته است (مانند رودکنار یا لوار و شانه‌ی شیب).

۲-۴-۱- کدگذاری واحدهای نقشه در روش ژئوپدولوژی

ساختار سیستم کدگذاری واحدهای نقشه نیز همانند ساختار راهنمای نقشه، دارای سطح سلسله مراتبی می‌باشد، بطوری‌که هر کد واحد نقشه بیانگر تعداد زیرتقسیم‌های ژئوفرم مشخص شده در منطقه مطالعه می‌باشد، به عنوان مثال کد Pi سیمای اراضی دامنه[1] را نشان داد که درسطح اول تقسیم‌بندی قرار داشت. در Pil عدد ۱ نشان دهنده‌ی پستی و بلندی[2] می‌باشد.

در این سطح دو واحد شناسایی گردید یعنی در چشم‌انداز دو نوع پستی و بلندی تشخیص داده شد که واحدهای تفکیک شده را به صورت Pi1, Pi2 روی نقشه نشان دادیم. به همین صورت برای سطح بعدی نیز کدگذاری انجام گرفت. برای مثال در کد Pi, Pi11 نشان‌دهنده سیمای اراضی، ۱ وسط نشان‌دهنده پستی و بلندی و ۱ سمت راست نشان‌دهنده‌ی لیتولوژی می‌باشد و یا در کد Pi212، Pi212 نشان‌دهنده‌ی سیمای اراضی، عدد ۲ اول نشان‌دهنده‌ی پستی و بلندی، عدد ۱ نشان دهنده‌ی لیتولوژی وعدد ۲ انتها نشان‌دهنده‌ی شکل اراضی می‌باشد.

لازم به ذکر است که با توجه به سلسله‌مراتبی بودن این روش تقسیم‌بندی واحدها از سیمای اراضی به شکل اراضی صورت می‌پذیرد و کدگذاری نیز طوری انجام می‌شود که یک واحد ژئوفرم در هر سطحی که تفکیک شده باشد دارای یک کد منحصر به فرد خواهد بود. نکته‌ی قابل تأمل اینکه، شکل اراضی پایین‌ترین سطح طبقه‌بندی در این سیستم است و دیگر قابل تفکیک به قسمت‌های کوچک‌تر نمی‌باشد. اما همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد تغییرات جزئی در لندفرم‌های با منشأ یکسان را به صورت فاز تفکیک کرده و در کدگذاری واحد نقشه با افزایش یک کاما (،) بعد از کد لندفرم، روی نقشه یا در راهنمای نقشه نوشته می‌شود. (قلی زاده، ۱۳۸۰).

---

[1]- piedmont
[2]- relief

۲- ۵- پیشینه‌ی مطالعات انجام‌شده

۲- ۵- ۱- مروری بر پژوهش‌های انجام‌گرفته در جهان

ولنتاین[1] (۱۹۸۱) از اولین کسانی بود که بر روی مقیاس نقشه‌های خاک مطالعاتی را انجام داد. وی با مقایسه‌ی دو نقشه از یک منطقه با مقیاس‌های مختلف دریافت که ۱۵ تا ۲۰ درصد، انحراف مکانی بین مرز محدوده‌های تفکیک‌شده برای واحدهای نقشه وجود دارد.

شپانده[2] (۲۰۰۲) مطالعه‌ی خاک‌شناسی حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی ناواشای کنیا را به‌منظور تعیین نوع کاربری به روش ژئوپدولوژیک انجام داد و طبقه‌بندی مناسبی از تناسب اراضی برای محصولات عمده‌ی این منطقه ارایه نمود.

آرکاک[3] و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه‌ی خاک‌های ترکیه دریافتند که ژئوپدولوژی قادر است اشکال اراضی و حرکت توده‌ای[4] را نقشه‌برداری کند و درک خوبی از انواع حرکت‌های توده‌ای و میزان احتمال حضور آن‌ها در اختیار قرار دهند.

هنگل و رزیتر[5] (۲۰۰۳) با مطالعه‌ی خاک‌شناسی نیمه‌تفصیلی منطقه‌ی بارانجا در یوگسلاوی، ۲۱ واحد خاک را در سطح شکل اراضی تفکیک نمودند و اظهار داشتند که روش ژئوپدولوژی از کارایی بالایی در تفکیک واحدهای خاک برخوردار می‌باشد. هم‌چنین، آن‌ها بیان کردند که روش مزبور می‌تواند اجزای شکل اراضی[6] را به‌وضوح با تخمین ویژگی‌ها یا کلاس‌های خاک ارتباط دهد. بنابراین، روش ژئوپدولوژی را می‌توان به‌منظور افزایش دقت تفسیر عکس‌های هوایی در مطالعات نقشه‌برداری خاک استفاده نمود.

فرشاد و همکاران (۲۰۰۵) با انجام مطالعات خود در کشور تایلند، نتیجه گرفتند که روش ژئوپدولوژی مفهوم بهتری از سیمای اراضی و رابطه‌ی بین خاک‌ها و موقعیت آن‌ها بر روی شیب ارایه می‌دهد.

---

[1] - Valentine
[2] - Shepande
[3] - Arcak
[4] - Mass movement
[5] - Hengl and Rossiter
[6] - Landform elements

یودامسری (۲۰۰۶) نیز با مطالعه‌ی خاک‌های تایلند نتیجه گرفت که روش ژئوپدولوژی برای مطالعه‌ی فرسایش خاک، راه‌گشا و حایز اهمیت می‌باشد. هم‌چنین، بیان نمود که روش مذکور قادر است به نقشه‌برداری خاک در مناطق غیرقابل دسترس (اراضی شیب‌دار) کمک کند. بعلاوه، وی پیشنهاد کرد که مناسب‌ترین مقیاس برای چنین روشی، نیمه‌تفصیلی (مقیاس‌های ۱:۳۵۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰) تا اجمالی (مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰۰) است. رزیتر (۲۰۰۰) نیز استفاده از این روش را در مطالعات نیمه‌نفصیلی توصیه نموده است.

لین و همکاران (۲۰۰۵) به ارزیابی تغییرپذیری مکانی خاک‌های آمریکا در مقیاس‌های چندگانه پرداختند و علاوه بر تعیین تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در طول سیمای اراضی، مقیاس‌هایی را مشخص نمودند که در آن‌ها احتمال بیشترین تغییرپذیری خاک وجود داشت. پژوهش‌گران دیگر، نظیر برنس[1] و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بین عوارض زمین را در مقیاس‌های مختلف در آلمان بررسی کردند و نشان دادند الگوهایی که برای طبقه‌بندی خاک‌ها مورد استفاده قرار گرفتند، وابسته به مقیاس‌های به‌کار رفته در این پژوهش بودند. ایشان هم‌چنین دریافتند که برای برخی خاک‌ها، طبقه-بندی بر اساس روش تک‌مقیاسی مناسب‌تر است و بهتر می‌توان عوارض زمین را بررسی کرد. در هر حال، ایشان نتیجه گرفتند که استفاده از روش‌های چندمقیاسی، علاوه بر بررسی بهتر و دقیق‌تر اراضی، به پژوهش‌گران کمک می‌کند تا نقشه‌برداری رقومی خاک را بهتر انجام دهند.

۲- ۵- ۲- مروری بر پژوهش‌های انجام‌گرفته در ایران

مؤمنی (۱۹۹۴) برای اولین‌بار در ایران، نقشه‌ی خاک‌های دشت همدان- بهار را با روش ژئوپدولوژی تهیه کرد و نتیجه گرفت که این روش به دلیل ایجاد واحدهای همگن‌تر (در سطح شکل اراضی)، برای استفاده‌ی بهینه و طبقه‌بندی تناسب اراضی، مناسب‌تر از روش سنتی نقشه‌برداری خاک است. هم-چنین، وی با پژوهش بر روی خاک‌های منطقه‌ی مرودشت فارس، بیان نمود که کاربرد روش

[1]- Behrens

ژئوپدولوژی منجر به تفکیک واحدهایی گردید که این واحدها برای مدیریت بهینه‌ی کشت آبی گندم، از قابلیت خوبی برخوردار بودند. بنی‌نعمه و همکاران (۲۰۰۵) نیز مطالعات خود را در حوضه‌ی آبخیز منطقه‌ی روضه‌چای ارومیه به روش ژئوپدولوژی و برای تفکیک واحدهای همگن خاک و تناسب اراضی محصولات عمده‌ی منطقه انجام دادند و این روش را برای اهداف یادشده، مناسب قلمداد نمودند.

قلی‌زاده (۱۳۸۰) از طریق پژوهشی که در گنبد کاووس به‌منظور مقایسه‌ی روش خاکشناسی معمول در ایران با روش ژئوپدولوژی انجام داد، نتیجه گرفت که روش ژئوپدولوژی، تفکیک بیشتر واحدهای خاک را در بر داشت و این تفکیک بیشتر، بیان‌گر خلوص و یکنواختی بالاتر واحدهای خاک بود. شاکری و همکاران (۱۳۸۶) نیز به‌منظور بهینه‌سازی طبقه‌بندی تناسب اراضی در منطقه‌ی آق‌قلا در استان گلستان، مطالعات خاکشناسی نیمه‌تفصیلی خود را به روش ژئوپدولوژی انجام دادند و بیان کردند که روش ژئوپدولوژی، در مقایسه با روش معمول مطالعات خاک در ایران، منجر به افزایش درجه‌ی خلوص واحدهای نقشه خواهد گردید. قیومی محمدی (۱۳۸۰) نیز با مطالعه‌ی مناطقی از اصفهان، برتری‌های علمی و اقتصادی روش ژئوپدولوژی را بر روش معمول مطالعات خاک استدلال نمود.

مطالعات خاکشناسی دیگری مبتنی بر استفاده از روش ژئوپدولوژی در مناطق مختلف ایران توسط صالحی (۱۹۹۴)، فرشاد (۱۹۹۷)، و مؤمنی (۱۹۹۹) انجام شده‌اند که در تمامی این مطالعات، از چهارچوب ژئوپدولوژی به منظور جداسازی واحدهای خاک یکنواخت‌تر استفاده شده است. تومانیان و همکاران (۲۰۰۶) نیز ضمن مطالعه‌ی چگونگی تشکیل و تکامل دره‌ی زاینده‌رود، رده‌بندی ژئومرفولوژیکی خود را با استفاده از ساختار و واژه‌های به‌کار گرفته‌شده در روش ژئوپدولوژی، بنیان‌گذاری کردند.

اسفندیارپور بروجنی و همکاران (۱۳۸۷) اعتبار تعمیم‌پذیری نتایج حاصل از روش ژئوپدولوژی را برای اشکال اراضی مشابه موجود در منطقه‌ی بروجن- استان چهارمحال و بختیاری- مورد بررسی قرار داد و اظهار داشت که تغییر موقعیت منطقه‌ی نمونه، تفاوت‌های تاکسونومیکی را در سطوح مختلف (رده،

زیرگروه و یا فامیل) و نوع واحد نقشه (کمپلکس و همگون) دربر داشته است. هم‌چنین، اسفندیارپور بروجنی و همکاران (۲۰۰۹) با پژوهش بر روی تأثیر فاصله‌ی نمونه‌برداری بر دقت نتایج روش ژئوپدولوژی، نتیجه گرفتند که برخلاف شباهت شکل‌های اراضی موجود در مناطق نمونه و تعمیم، نتایج حاصل از کاربرد فواصل مطالعاتی سه‌گانه (۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ متر) در سطوح تاکسونومیکی پایین‌تر (زیرگروه و یا فامیل خاک) که در برگیرنده‌ی اطلاعات بیش‌تری در مورد خاک‌ها می‌باشند؛ چنین انتظاری را برآورده نمی‌سازد. در نتیجه، ایشان به‌منظور بهبود کاربرد روش ژئوپدولوژی برای مقیاس‌های بزرگ، اضافه نمودن یک سطح جدید تبدیل‌کننده‌ی واحد نقشه‌برداری خاک برای ژئوفرم-ها (مانند استفاده از فاز شکل اراضی) را پیشنهاد نمودند.

۲- ۷- ضرورت انجام کار در ایران

مطالعات خاکشناسی و نقشه‌برداری خاک در ایران از سال ۱۳۳۲ هجری شمسی در اراضی پایاب سدها آغاز گردیده‌است و نقشه‌های خاک با مقیاس‌های متفاوت در برخی از مناطق کشور تهیه شده‌اند (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷). از اوایل دهه‌ی هشتاد به بعد، مناطق وسیعی از کشور (به‌طور عمده، اراضی مستعد کشاورزی) توسط مؤسسه‌ی تحقیقات آب و خاک کشور و بر اساس روش ماهلر[1] (۱۹۷۰) مورد مطالعه قرار گرفت. هرچند این روش به‌منظور طبقه‌بندی اراضی، برای کشت‌های آبی بنیان‌گذاری گردیده است؛ لیکن با توجه به اصول موجود در آن و جداسازی واحدهای فیزیوگرافی، نقشه‌ی خاک‌های بسیاری از مناطق کشور، تهیه شده است. برخلاف تهیه‌ی نقشه‌های مختلف خاک از سال ۱۹۷۰ تا کنون، تغییر عمده‌ای در روند مطالعات نقشه‌برداری در ایران صورت نپذیرفته است (صالحی، ۱۳۸۱)؛ چراکه روش معمول (روش فیزیوگرافی) مطالعات خاک در ایران، دارای نقاط ضعف زیادی، هم در بخش تئوری و هم در بخش عملی می‌باشد (قیومی محمدی،۱۳۸۰)؛ به این دلیل که در این روش، تجزیه‌ی سیستماتیک سیمای اراضی به درستی انجام نمی‌شود و نقش واحدهای

[1]- Mahler

ژئومرفیک و موقعیت آن‌ها بر روی شیب و نیز فرآیندهای خاک‌سازی، به خوبی مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. به‌علاوه، تعیین محدوده‌های موجود بر روی نقشه که مبتنی بر روش آزمون و خطا می‌باشد، از اعتبار کافی برخوردار نمی‌باشد (قلی‌زاده، ۱۳۸۰). از طرفی، در سال‌های اخیر، به‌دلیل مشکلات اقتصادی و سیاست‌های سازمانی، مطالعات تفصیلی خاک‌شناسی در کشور مسکوت مانده‌اند. با این حال، نقشه‌ی خاک ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ توسط مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردیده است که با توجه به مقیاس، از دقت و جزئیات زیادی برخوردار نیست (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷). در نتیجه، لزوم بهبود کیفیت و کمّیت نقشه‌های خاک و روش تهیه‌ی آن‌ها و نیز استفاده از روش‌های مختلف برای ارزیابی و بالا بردن دقت آن‌ها، موضوعی ضروری به‌نظر می‌رسد (صالحی، ۱۳۸۱).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳- ۱- معرفی منطقه‌ی مطالعاتی

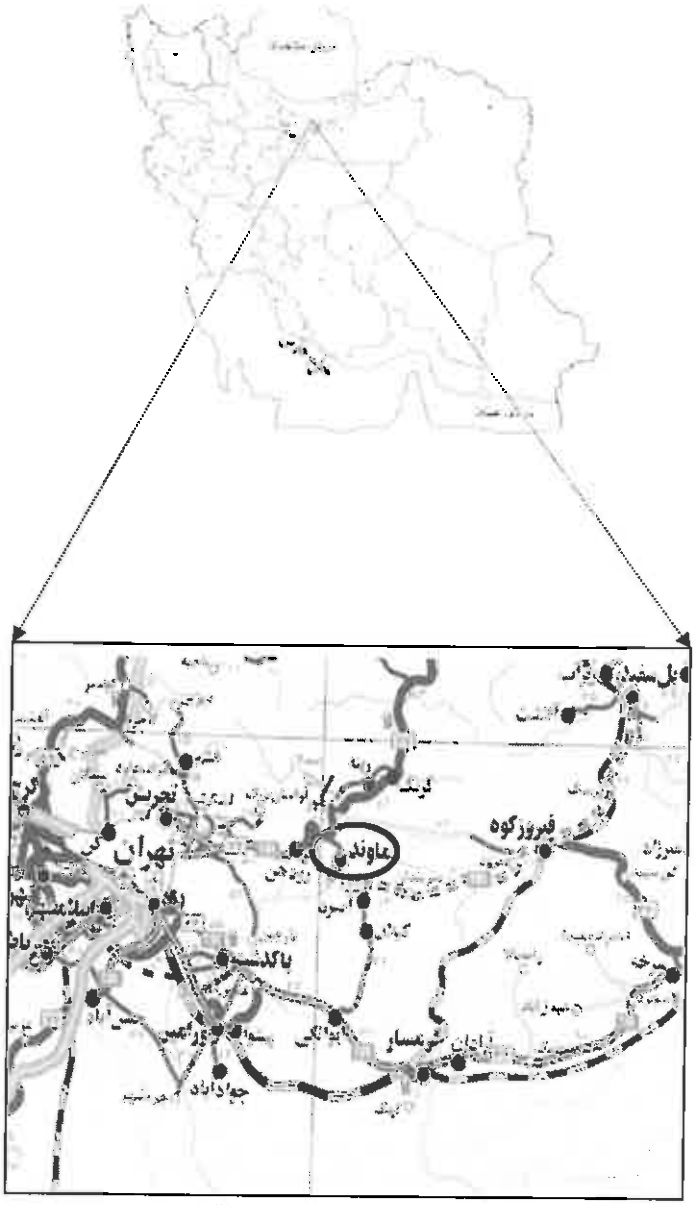
با توجه به اینکه هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی اثر مقیاس بر تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئومورفولوژی می‌باشد و با عنایت به وضعیت توپوگرافی، زمین‌شناسی و ژئومرفولوژی موجود در منطقه‌ی دماوند که تکرارپذیری اشکال اراضی در آن به‌خوبی دیده می‌شود و پس از بررسی‌های متعدد، منطقه‌ای مناسب در پنج کیلومتری شرق دماوند انتخاب گردید.

منطقه‌ی مورد مطالعه با مساحتی حدود ۱۵۰۰ هکتار در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ″۳۵ ′۳ °۵۲ تا ″۵۲ ′۶ °۵۲ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۴۵ ′۳۹ °۳۵ تا ″۱۵ ′۴۲ °۳۵ شمالی و در ارتفاع ۱۹۷۰ متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ۳-۱). این منطقه، حوالی روستای چنار شرق می‌باشد که از شمال به رشته کوه‌های البرز و کوه‌های نیل و سیاه‌چال، از جنوب به جاده‌ی اصلی تهران– فیروزکوه و روستای اسلام‌آباد، از غرب و جنوب غرب به شهر دماوند و دهکده‌ی هشت بهشت و از شرق به تپه‌ماهورها و روستای اشنظر محدود می‌شود.

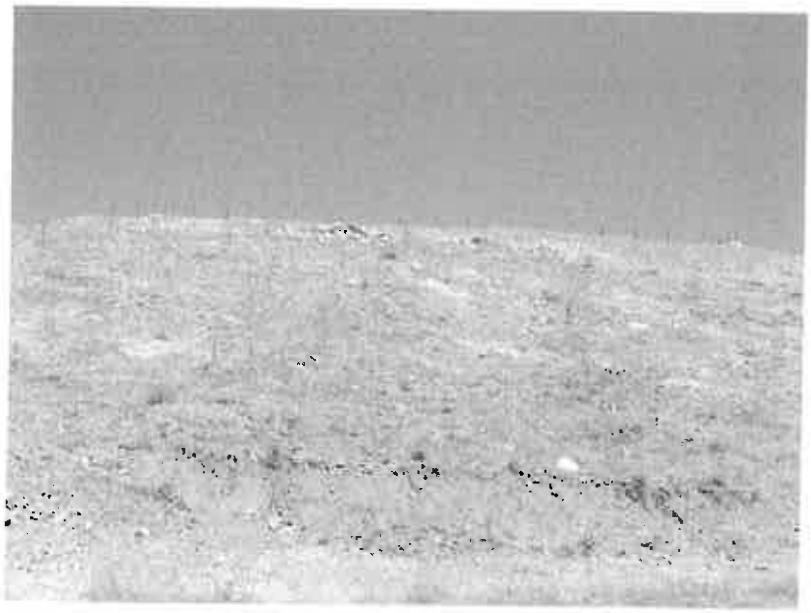
آب کشاورزی منطقه، از چشمه‌سارها و رودخانه‌های موجود در این محل تأمین می‌شود و کشت محصولات به دو گونه‌ی آبی و دیم در آن انجام می‌پذیرد. سیب، گلابی و دیگر میوه‌های سردسیری، به همراه تره‌بار، علوفه، گندم، سیب‌زمینی و لوبیا سبز از محصولات عمده‌ی این منطقه محسوب می‌گردند.

بر اساس آمار ۱۵ ساله‌ی (سال‌های۷۰ تا ۸۵) موجود در ایستگاه‌های هواشناسی دماوند، میزان متوسط بارندگی سالیانه‌ی این منطقه، ۴۴۳/۳ میلی‌متر می‌باشد که از این مقدار، ۳۷۸ میلی‌متر به‌صورت برف ریزش دارد. متوسط درجه حرارت سالیانه‌ی آن نیز ۱۲ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد. گرم‌ترین ماه سال، مرداد با میانگین حداکثر درجه حرارت روزانه‌ی ۲۵/۳ درجه‌ی سلسیوس و سردترین ماه سال، بهمن با میانگین حداقل درجه حرارت ۱/۲ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشند. رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک در منطقه‌ی مورد نظر، به ترتیب، مزیک (Mesic) و زریک (Xeric) هستند (بنایی، ۱۳۷۷).

منطقه‌ی مورد مطالعه، دو سیمای سرزمینی مختلف شامل اراضی تپه‌ماهوری (Hill-land) و پیدمونت (Piedmont) را در بر می‌گیرد (شکل‌های ۳-۲ و ۳-۳).



شکل ۳-۱: موقعیت منطقه‌ی مطالعاتی



شکل ۳-۲- سیمای اراضی تیه‌ماهوری موجود در منطقه‌ی مطالعاتی

شکل ۳-۳- سیمای اراضی بیدمونت موجود در منطقه‌ی مطالعاتی

بر اساس وضعیت زمین‌شناسی، منطقه‌ی مطالعاتی به دو بخش مختلف تفکیک می‌شود:

الف) پالئوسن- ائوسن:

واحد E_k^{t7} (سازند کرج): شامل توف سبز، جریان گدازه و گدازه‌های برشی‌شده آندزیتی- بازالتی می- باشد. پس از لوستین میانی، فعالیت آتشفشانی شدیدتر شده است و توف‌های حاصله بخش وسیعی از

کوه‌های البرز را تشکیل داده‌اند. حداکثر ضخامت آن‌ها به حدود ۱۵۰۰ متر می‌رسد که اغلب با قاعده‌ای از نهشته‌های کنگلومرایی آهکی سازند فجن و زیارت بر روی سطح فرسایشی نهشته‌های قدیمی‌تر قرار گرفته‌اند. سنگ‌های آذرآواری شامل توف‌های سبز و به‌ویژه توف‌های شیشه‌ای و خاکستر توف می‌باشند. این واحد در مجموع شامل توف و توفیت سبزرنگ، شیل و سنگ گچ است. سنگ‌های آتشفشانی شامل جریان‌های گدازه و گدازه‌های برشی‌شده با ترکیب متوسط تا بازیک متعادل با بخش‌های زیرین سازند کرج می‌باشند.

ب) پلیوسن- کواترنری:

ب-۱) مخروط‌افکنه‌های واحد Q_2^f: نهشته‌های سیلابی بادبزن‌مانندی هستند که در دامنه ارتفاعات به‌وجود آمده‌اند. اندازه‌ی قطعه‌سنگ‌های موجود در این مخروط‌افکنه‌ها در جهت شیب دامنه کوچکتر می‌شود. مخروط‌افکنه‌های قدیمی‌تر به‌وسیله‌ی آبراهه‌های جوان‌تر حفر گردیده‌اند. مخروط‌افکنه‌های قدیمی‌تر که هم‌ارز آبرفت‌های قدیمی هستند در بخش‌های جنوبی با Q_1^f و مخروط‌افکنه‌های جدید نیز به‌صورت واحد Q_2^f مشخص گردیده‌اند (جدول‌های ۴-۱ و ۴-۲).

ب-۲) واریزه‌ها: در دامنه‌های پرشیب کوه‌ها، سنگ‌ریزه‌ها در ابعاد مختلف و اغلب به‌صورت منفصل، واریزه‌ها را به‌وجود آورده‌اند.

۳- ۲- مطالعات ستادی (قبل از عملیات صحرایی)

۳- ۲- ۱- جمع‌آوری داده‌ها

در این مرحله تمام لوازم و اطلاعات مورد نیاز برای تهیه‌ی نقشه‌ی خاک ژئوپولوژیک منطقه شامل عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۱) و ۱:۵۵۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۳۵)، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۳) و ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۴)، نقشه‌ی زمین‌شناسی به مقیاس

۱:۱۰۰۰۰۰ (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۲) و فایل مربوط به مدل ارتفاع رقومی منطقه (DEM) جمع‌آوری گردید.

۳- ۲- ۲- تهیه‌ی نقشه‌ی تفسیری اولیه (نقشه‌ی ژئوفرم) منطقه‌ی مطالعاتی

براساس دیدگاه ژئومرفیک و با توجه به سطوح طبقاتی روش ژئوپدولوژی (زینک، ۱۹۸۹)، نقشه‌ی تفسیری اولیه‌ی منطقه‌ی مطالعاتی به صورت مرحله‌ای و از طریق تفسیر استریوسکوپی، یک‌بار با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ و بار دیگر با کاربرد عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ تهیه شد. پس از آن، عکس‌های تفسیرشده، اسکن و وارد محیط نرم‌افزار آرک-جی‌آی‌اس (Arc-GIS 9.3) شدند. در مراحل بعد، عکس‌های واردشده به این محیط، با استفاده از نقاط مرجع برداشت‌شده در صحرا و هم‌چنین با کمک گرفتن از تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده از بخش زمین‌شناسی آمریکا و به روش "اورتو-فتو-ژئورفرنس" (Ortho-Photo-Georeferencing) (رزیتر و هنگل[1]، ۲۰۰۱)، زمین-مرجع شدند. با رقومی کردن مرزهای ترسیم‌شده بر روی تمامی عکس‌ها، نقشه‌ی اولیه‌ی اشکال اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه ایجاد شد.

۳- ۳- مطالعات صحرایی

در ابتدا حدود مرز واحدهای تفکیک‌شده موجود در نقشه‌ی تفسیری اولیه، در صحرا کنترل گردید و اصلاحات لازم با تطبیق اطلاعات عکس‌های هوایی و عوارض زمینی انجام شد.

به منظور نمونه‌برداری از خاک در دو شکل اراضی که بیشترین سطح از منطقه‌ی مطالعاتی را در بر می‌گیرند (شامل شکل اراضی پیدمونت و تپه‌ماهور)، بخشی از کل واحدهای موجود در منطقه‌ی مطالعاتی (نقشه‌ی ژئوفرم نهایی) به‌عنوان محدوده‌های[2] (Delineation) هدف برای نمونه‌برداری

[1] -Rossiter and Hengel

[2] - محدوده‌های جداشده بر روی یک نقشه که دارای اجزاء ذکر شده در واحد نقشه‌ی مربوط به خود هستند.

انتخاب گردید. بدین ترتیب که در شکل اراضی پیدمونت دو محدوده‌ی مختلف (که در فصل چهارم با نام‌های A و D از آن‌ها یاد شده است)، و در تپه‌ماهورها نیز دو محدوده‌ی دیگر (که در فصل چهارم با نام‌های B و C از آن‌ها یاد شده است) مناسب تشخیص داده شدند. سپس به‌صورت تصادفی و متناسب با مطالعات نیمه‌تفصیلی خاک (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷)، به حفر خاک‌رخ در هر کدام از این محدوده‌ها اقدام گردید.

از آن‌جایی که یکی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش، بررسی تأثیر مقیاس مطالعاتی بر نتایج روش ژئوپدولوژی و بررسی میزان شباهت واحدهای ژئومرفیک مشابه (یا به عبارتی، ارزیابی میزان قابلیت اعتماد برون‌یابی موجود در روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه) می‌باشد؛ تعداد و محل حفر خاک‌رخ‌ها بر اساس دو مقیاس مطالعاتی ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ تعیین گردید. به‌طوری که در محدوده‌های A و D موجود در اراضی پیدمونت با مساحت‌های تقریبی ۱۰۰ و ۳۷/۶ هکتار، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، به‌ترتیب، هشت و چهار خاک‌رخ حفر گردید (شکل ۴-۴)؛ در حالی که در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، به‌ترتیب، چهار و سه خاک‌رخ در آن‌ها حفر شد (شکل ۴-۱). به‌علاوه محدوده‌های B و C انتخابی در اراضی پیدمونت، به‌ترتیب، با مساحت ۲۲/۵ و ۳۰/۷ هکتار نیز در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ هر کدام شامل پنج خاک‌رخ (شکل ۴-۱۰) و در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ هر یک دارای سه خاک‌رخ حفرشده بودند (شکل ۴-۷).

خاک‌رخ‌های حفر شده بر اساس روش‌های ارایه‌شده در راهنمای شناسایی و تشریح خاک‌ها در صحرا (شوئنبرگر و همکاران، ۲۰۰۲) تشریح شدند. سپس مطابق با کلید رده‌بندی آمریکایی خاک (Soil taxonomy, 2010) و طبقه‌بندی جهانی (WRB, 2007) رده‌بندی گردیدند. سپس از تمام افق‌های ژنتیکی هر خاک‌رخ، نمونه‌ی خاک تهیه شد و برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

۳- ۴- مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک تهیه‌شده، پس از خشک شدن در هوای آزاد به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از کوبیدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. درصد ذرات درشت نمونه‌ها به روش حجمی و با استفاده از الک محاسبه گردید. بافت خاک‌ها به روش هیدرومتری (جی و بائودر[۱]، ۱۹۸۶) تعیین شد. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک با استفاده از هدایت‌سنج جنوی[۲] مدل ۴۵۱۰، اندازه‌گیری اسیدیته‌ی گل اشباع با استفاده از پ‌هاش‌متر جنوی مدل ۳۵۱۰، میزان کل کربنات‌ها به روش تیتراسیون برگشتی (لوئپرت و سوآرز[۳]، ۱۹۹۶)، درصد مواد آلی به روش واکلی و بلاک (نلسون و سامرز[۴]، ۱۹۹۶) و ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌ها به روش استات آمونیوم (سامنر و میلر[۵]، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شدند.

۳- ۵- مطالعات نهایی

با توجه به نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک، رده‌بندی خاک‌رخ‌ها بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) تا سطح فامیل و بر مبنای سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) تا سطح زیر واحد (شامل توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی) نهایی گردید. در نهایت، نتایج طبقه‌بندی خاک‌های موجود در واحدهای ژئومرفیکی مشابه مورد مطالعه، برای هر مقیاس به‌طور جداگانه به دو روش استفاده از شاخص شباهت نسبی (الهی و همکاران، ۱۳۸۹) و نیز شاخص شباهت سورنسون[۶] (می‌یر[۷] و و همکاران، ۲۰۰۴)، مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

---

[1] - Gee and Bauder
[2] - Jenway
[3] - Loeppert and Suarez
[4] - Nelson and Summers
[5] - Sumner and Miller
[6] -Sorensen Similarity Index
[7] - Meyer

یک شیوه‌ی مناسب برای مقایسه‌ی جوامع، در مکان‌های مختلف و یا در زمان‌های متفاوت، آزمون شباهت جوامع مزبور است (براور و زار[1]، ۱۹۸۴). به دیگر سخن، شاخص‌های تشابه، درجه‌ی همانندی ترکیب گونه‌ای جمعیت‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند.

شاخص (ضریب) شباهت، همانندی بین دو فرد (جامعه) را بر اساس حضور یا عدم حضور متغیرها و یا مقادیر کمی یا کیفی ویژگی‌های موجود برای آن‌ها اندازه‌گیری می‌کند (گاور[2]، ۱۹۷۱)

منظور از شاخص شباهت نسبی، میزان شباهتی از دو نمونه یا جامعه است، که با درنظر گرفتن فراوانی نسبی هرکدام از گونه‌ها مشخص می‌گردد. هم‌چنین، شاخص شباهت سورنسون، یکی از شاخص‌هایی است که به منظور ارزیابی شباهت جوامع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً برای داده‌های کیفی به‌کار می‌رود (الهی و همکاران، ۱۳۸۹).

این شاخص با در نظر گرفتن گونه‌های مشترک بین دو جامعه و نیز تعداد گونه‌های موجود در هر کدام از جوامع مزبور به راحتی قابل محاسبه است. فرمول زیر، شیوه‌ی محاسبه‌ی شاخص سورنسون (Ss) را نشان می‌دهد (می‌یر و همکاران، ۲۰۰۴):

$$Ss = \frac{2a}{2a+b+c}$$

معادله‌ی (۳-۱)

ضریب a، بیان‌گر تعداد گونه‌های مشترک بین دو نمونه یا دو جامعه‌ی مطالعاتی می‌باشد. b، عبارت از تعداد گونه‌هایی است که فقط در نمونه یا جامعه‌ی اول وجود دارند و c، تعداد گونه‌هایی است که فقط در نمونه یا جامعه‌ی دوم قرار گرفته‌اند.

[1] - Brower.and Zar
[2] - Gower

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- نتایج حاصل از تفسیر عکس‌های هوایی منطقه‌ی مطالعاتی در مقیاس‌های مختلف

به‌منظور بررسی اثر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی، پس از تفسیر عکس‌های هوایی منطقه‌ی مطالعاتی با مقیاس‌های ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰، واحدهای تشخیص داده‌شده در این منطقه برای هر مقیاس به شرح جدول‌های (۴-۱) و (۴-۲) می‌باشند. همانگونه که در جدول (۴-۱) مشاهده می‌شود، در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ اراضی منطقه از دو واحد سیمای اراضی، چهار واحد پستی و بلندی، چهار واحد لیتولوژی و شش واحد شکل اراضی تشکیل شده‌اند. این در حالی است که بر اساس جدول (۴-۲)، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ اراضی منطقه مطالعه‌شده از دو واحد سیمای اراضی، چهار واحد پستی و بلندی، پنج واحد لیتولوژی و نه واحد شکل اراضی تشکیل یافته‌اند (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۱: واحدهای ژئوپدولوژیک منطقه‌ی مطالعاتی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، به همراه مساحت هر کدام از آن‌ها

سیمای اراضی	پستی و بلندی	لیتولوژی	شکل اراضی	مساحت (هکتار)
Pi پیدمونت[1]	Pi1 مخروط افکنه[2]	Pi11 (Q_2^f) مخروط افکنه‌های سنگریزه‌ای تالوس، واریزهای انتهای شیب	Pi111 مخروط‌افکنه‌های کشت‌شده	۱۶۲/۷
			Pi112 مخروط‌افکنه‌های کشت‌نشده	۵۳۱/۲
	Pi2 گلاسی[3]	Pi21 (Q_2^f) مخروط افکنه‌های سنگریزه‌ای تالوس، واریزهای انتهای شیب	Pi211 گلاسی‌های فرسایش‌یافته	۵۸/۳
Hi اراضی تپه ماهوری[4]	Hi1 تپه‌های مرتفع	Hill (E_k^m) توف سبز، جریان‌های گدازه، گدازه‌های برشی‌شده آندزیتی- بازالتی	Hi111 کمپلکس موقعیت‌های شیب[5]	۴۱۶/۳
			Hill2 پادگانه‌های آبرفتی	۳۱۷/۲
	Hi2 تپه‌های کم ارتفاع	Hi21 (Q_2^f) مخروط افکنه‌های سنگریزه‌ای تالوس، واریزهای انتهای شیب	Hi211 کمپلکس موقعیت‌های شیب	۶۲/۲

[1] - Piedmont
[2] - Alluvial fan
[3] - Glacis
[4] - Hill-land
[5] - Slope-faset complex

جدول۴-۲: واحدهای ژئوپدولوژیک منطقه‌ی مطالعاتی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، به همراه مساحت هر کدام از آن‌ها

سیمای اراضی	پستی و بلندی	لیتولوژی	شکل اراضی	مساحت (هکتار)
Pi پیدمونت	Pi1 مخروط‌افکنه	$Pi11(Q_2^f)$ مخروط افکنه‌های سنگریزه‌ای، واریزه‌های انتهای شیب	Pi111 مخروط‌افکنه‌های کشت‌شده	۲۶۵
			Pi112 مخروط‌افکنه‌های کشت‌نشده	۴۵۴
	Pi2 گلاسی	$Pi21(Q_2^f)$ مخروط افکنه‌های سنگریزه‌ای، واریزه‌های انتهای شیب	Pi211 گلاسی‌های کشت‌شده	۶۱
			Pi212 گلاسی‌های کشت‌نشده	۹۴/۶
		$Pi22(E_k^{tv})$ توف سبز، جریان گدازه‌های برشی‌شده آندزیتی- بازالتی	Pi221 کمپلکس موقعیت‌های شیب (به‌صورت کشت‌شده)	۶۷/۱
			Pi222 کمپلکس موقعیت‌های شیب (به‌صورت کشت‌نشده)	۲۳۴/۲
Hi اراضی تپه ماهوری	Hi1 تپه‌های مرتفع	$Hi11(E_k^{tv})$ توف سبز، جریان گدازه‌های برشی‌شده آندزیتی- بازالتی	Hi111 کمپلکس قله و شانه‌ی شیب	۱۸۲
			Hi112 کمپلکس شیب برگشتی و پای‌شیب	۱۴۹/۸
	Hi2 تپه‌های کم‌ارتفاع	$Hi21(Q_2^f)$ مخروط افکنه‌های سنگریزه‌ای، واریزه‌های انتهای شیب	Hi211 کمپلکس موقعیت‌های شیب	۴۱/۲

۴-۲- مقایسه‌ی واحدهای مشابه موجود در سیماهای اراضی منطقه‌ی مطالعاتی

همان‌طور که پیش از این نیز عنوان شد، منطقه‌ی مطالعاتی شامل دو سیمای اراضی "پیدمونت" و "تپه‌ماهور" می‌باشد. از طرفی، همان‌گونه که در فصل دوم و در معرفی روش ژئوپدولوژی بیان گردید، مناسب‌ترین مقیاس‌ها برای این روش، نیمه‌تفصیلی (مقیاس‌های ۱:۳۵۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰) تا اجمالی (مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰۰) می‌باشند. حال، پرسش موجود در ارتباط با انجام این پژوهش آن است که در بازه‌ی مقیاس‌های نیمه‌تفصیلی، با تغییر مقیاس، چه اتفاقی در تشابه‌های ژئومرفولوژیکی واحدهای نقشه رخ خواهد داد؟ به دیگر سخن، در یک مطالعه‌ی خاک‌شناسی خاص (در اینجا، مطالعات نیمه‌تفصیلی)، تغییر مقیاس چه اثری بر نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه خواهد داشت؟ پاسخ چنین پرسش‌هایی را می‌توان از طریق نتایج ارایه‌شده در ارتباط با

مقایسه‌ی طبقه‌بندی خاک‌های دو واحد ژئومرفولوژیکی (شکل اراضی) مشابه برای هر کدام از مقیاس-های مورد استفاده در پژوهش حاضر (مقیاس‌های ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰) استخراج نمود.

۴-۲-۱- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

شکل (۴-۱) موقعیت محدوده‌های A و D از واحد نقشه‌ی Pi111 به‌همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در هر محدوده را برای مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ نشان می‌دهد. جدول‌های (۴-۳) و (۴-۴) نیز نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک‌رخ‌ها را نشان می‌دهند. هم‌چنین، رده‌بندی خاک‌رخ‌های مزبور بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی در جدول (۴-۵) آورده شده‌اند.

با مطالعه‌ی خاک‌های محدوده‌ی A در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ مشخص گردید که هر چهار خاک‌رخ حفرشده در این تپه‌ماهورها، در رده‌ی اینسپتی‌سول[1] ()، زیررده‌ی زرپت[2] ، گروه‌بزرگ هاپلوزرپت[3]، زیرگروه تیپیک هاپلوزرپت[4] و فامیل "b" قرار گرفته‌اند (جدول ۴-۵). این موضوع، حاکی از همسان بودن یا یکنواختی محدوده‌ی A از منظر نقشه‌برداری خاک می‌باشد و در نتیجه می‌توان آن را یک واحد نقشه‌ی همگون[5] نامید.

[1] - Inceptisols
[2] - Xerepts
[3] -Haploxerepts
[4] - Typic Haploxerepts
[5] - Cosociation

جدول ۴-۳: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	شن	سیلت	رس	ذرات ۰/۱ تا ۲ میلی‌متر	ذرات ۲ تا ۷۵ میلی‌متر	بافت
				(٪)					
A	۱	Ap	۰-۲۰	۳۳	۴۶	۲۱	۱۹	۵۴	L
		Bw	۲۰-۴۵	۳۱	۴۹	۲۰	۱۹	۵۸	L
		C	۴۵-۱۱۰	۴۰	۳۵	۲۵	۲۸	۶۰	L
	۲	Ap	۰-۱۶	۳۴	۴۰	۲۶	۱۹	۵۵	L
		Bw	۱۶-۵۰	۳۱	۴۳	۲۶	۱۹	۵۵	L
		C	۵۰+	۴۲	۳۷	۲۱	۲۸	۶۰	L
	۳	Ap	۰-۳۰	۵۵	۲۹	۱۶	۳۲	۶۰	SL
		Bw	۳۰-۱۰۰	۵۰	۳۰	۲۰	۱۵	۶۳	L
		C	۱۰۰+	۶۵	۲۰	۱۵	۴۸	۶۶	SL
	۴	Ap	۰-۲۰	۲۶	۵۸	۱۶	۱۳	۴۳	SiL
		Bw	۲۰-۵۵	۱۷	۶۱	۲۲	۱۲	۵۰	SiL
		C	۵۵-۱۰۰	۴۶	۳۵	۱۹	۳۴	۶۲	L
D	۱	Ap	۰-۱۵	۲۶	۵۳	۲۱	۱۰	۲۷	SiL
		Bw	۱۵-۳۰	۲۹	۵۰	۲۱	۹	۳۰	L
		C	۳۰-۷۰	۳۵	۴۰	۲۵	۲۱	۳۷	L
		R	۷۰+	-	-	-	-	-	-
	۲	Ap	۰-۱۸	۲۹	۵۶	۱۵	۱۵	۲۸	SiL
		Bw	۱۸-۴۰	۳۲	۵۱	۱۷	۱۳	۳۰	SiL
		C	۴۰-۹۰	۲۸	۴۵	۲۷	۱۵	۳۵	L
	۳	Ap	۰-۲۰	۱۹/۶	۵۹	۲۱	۱۱	۲۷	SiL
		Bw	۲۰-۳۵	۳۳	۴۸	۱۹	۱۲	۲۹	L
		C	۳۵-۵۲	۲۳	۴۶	۳۱	۱۲	۳۱	CL
		Cr	۵۲-۷۰	۳۲	۳۹	۲۹	۲۰	۳۵	CL
		R	۷۰+	-	-	-	-	-	-

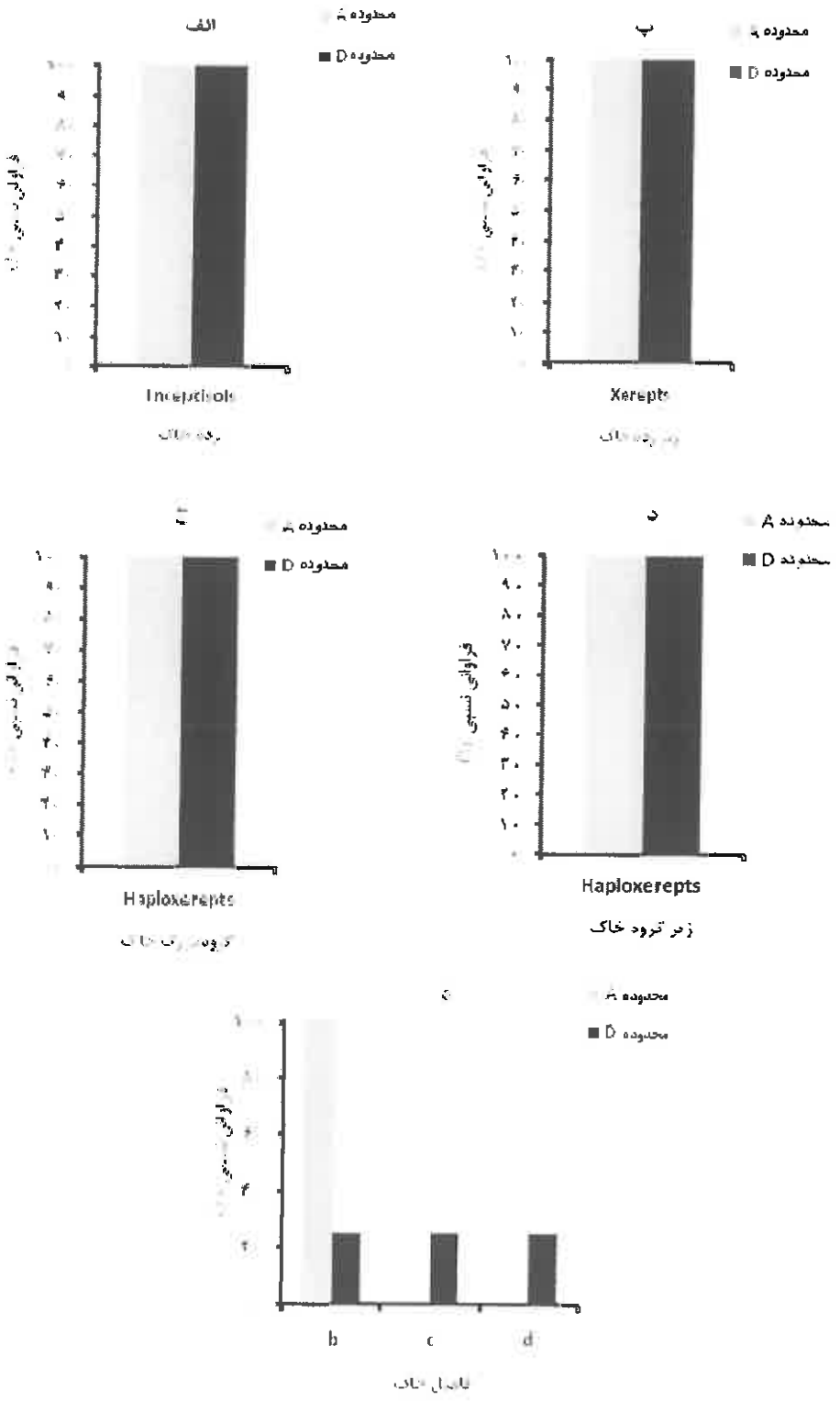
جدول ۴-۴: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	کربنات کلسیم معادل (٪)	مواد آلی (٪)	واکنش خاک	قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq\ 100g^{-1}$)
A	۱	Ap	۰-۲۰	۲	۱/۳۶	۶/۸	۰/۲	۱۵/۸
		Bw	۲۰-۴۵	۳	۰/۸۴	۷/۲	۰/۵	۱۴/۱
		C	۴۵-۱۱۰	۶	۰/۷۲	۷/۴	۰/۴	۱۵/۸
	۲	Ap	۰-۱۶	۱	۱/۳۴	۷/۲	۰/۳	۱۵/۴
		Bw	۱۶-۵۰	۳	۰/۸۶	۷/۱	۰/۶	۱۴/۳
		C	۵۰+	۴	۰/۷۱	۷/۳	۰/۵	۱۶/۱
	۳	Ap	۰-۳۰	۲	۲/۶	۷/۴	۱/۲	۱۴/۲
		Bw	۳۰-۱۰۰	۲	۰/۹۱	۷/۶	۰/۵	۱۴/۴
		C	۱۰۰+	۱۴	۰/۶۱	۷/۷	۰/۴	۱۰/۹
	۴	Ap	۰-۲۰	۲	۱/۴۵	۷/۲	۰/۴	۱۲/۷
		Bw	۲۰-۵۵	۱۴	۰/۹۹	۷/۳	۰/۴	۱۲/۵
		C	۵۵-۱۰۰	۱۵	۰/۶۵	۷/۳	۰/۴	۱۲/۷
D	۱	Ap	۰-۱۵	۱	۰/۹۲	۷/۴	۰/۳	۱۴/۸
		Bw	۱۵-۳۰	۲	۰/۸۲	۷/۳	۰/۴	۱۴/۶
		C	۳۰-۷۰	۱۴	۰/۸۲	۷/۶	۰/۳	۱۴/۸
		R	۷۰+	-	-	-	-	-
	۲	Ap	۰-۱۸	۱	۰/۷۲	۷/۴	۰/۸	۱۰/۸
		Bw	۱۸-۴۰	۲	۰/۷۸	۷/۴	۰/۷	۱۱/۷
		C	۴۰-۹۰	۱۱	۰/۲۶	۷/۵	۰/۳	۱۵/۱
	۳	Ap	۰-۲۰	۱	۱/۳۲	۷/۳	۰/۵	۱۵/۸
		Bw	۲۰-۳۵	۲	۰/۷۷	۷/۳	۰/۷	۱۳/۶
		C	۳۵-۵۲	۵	۱/۰۹	۷/۵	۰/۴	۲۱/۱
		Cr	۵۲-۷۰	۱۰	۰/۹۲	۷/۵	۰/۳	۱۹/۱
		R	۷۰+	-	-	-	-	-

جدول ۴-۵: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D براساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	فامیل خاک	علامت*
A	۱	Loamy-skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۲	Loamy-skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۳	Loamy-skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۴	Loamy-skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
D	۱	Loamy-skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۲	Fine-loamy, Mixed, Active, Mesic Typic Haploxerepts	c
	۳	Fine-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	d

* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۲-ه)، هر فامیل خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.



شکل ۴-۲: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰)

اما نگاه موشکافانه‌تر به ترتیب و توالی افق‌ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مربوط به هر خاک‌رخ موجود در این محدوده (جدول‌های ۴-۳ و ۴-۴) و نیز رده‌بندی این خاک‌ها (جدول ۴-۵) نمایان‌گر آن است که تنها تفاوت فامیل‌های c و d، مربوط به کلاس فعالیت تبادل کاتیونی[1] است که باعث شده است فامیل c در کلاس Active قرار بگیرد؛ در حالی که فامیل d از کلاس Superactive برخوردار می‌باشد. بنابراین، فامیل‌های c و d را می‌توان دو خاک مشابه[2] در نظر گرفت. به طریق مشابه، تفاوت در کلاس توزیع اندازه‌ای ذرات، موجب تفکیک فامیل‌های b و d از یکدیگر شده است (جدول ۴-۵). در نتیجه، فامیل‌های اخیر را نیز می‌توان به‌عنوان دو خاک مشابه مد نظر قرار داد. به‌طور کلی، هر سه خاک‌رخ موجود در محدوده‌ی D، خاک‌هایی مشابه تلقی می‌شوند که هر خاک، حدود ۳۳/۳ درصد از سطح این واحد را در بر گرفته است. چون سطح هیچ‌یک از خاک‌های مزبور، بیش از ۵۰ درصد نمی‌باشد؛ به نظر می‌رسد که نوع واحد نقشه‌ی مربوط به محدوده‌ی D را نمی‌توان همگون تعریف نمود؛ لیکن با توجه به اینکه تمامی خاک‌های موجود در این محدوده، خاک‌هایی مشابه می‌باشند؛ بر اساس قواعد ارایه‌شده در راهنمای شناسایی خاک (Soil Survey Division، ۱۹۹۳) می‌توان این واحد را یک واحد نقشه‌ی همگون در نظر گرفت. در نتیجه، هرچند خاک‌رخ‌های موجود در محدوده‌های A و D از اختلاف تاکسونومیکی در سطح فامیل برخوردار می‌باشند؛ لیکن با توجه به اصول و مبانی نقشه‌برداری خاک، نوع واحد نقشه‌ی مربوط به هر دو محدوده‌ی مذکور با همدیگر مشابه و از نوع همگون می‌باشد.

[1] - Cation Exchange Activity; CEA
[2] - Similar soil

۴-۲-۲- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

جدول (۴-۶) رده‌بندی خاک‌های موجود در محدوده‌های A و D را بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) را نشان می‌دهد. هم‌چنین، فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف مربوط به سامانه‌ی مزبور برای هر کدام از این محدوده‌ها در شکل (۴-۳) آورده شده است.

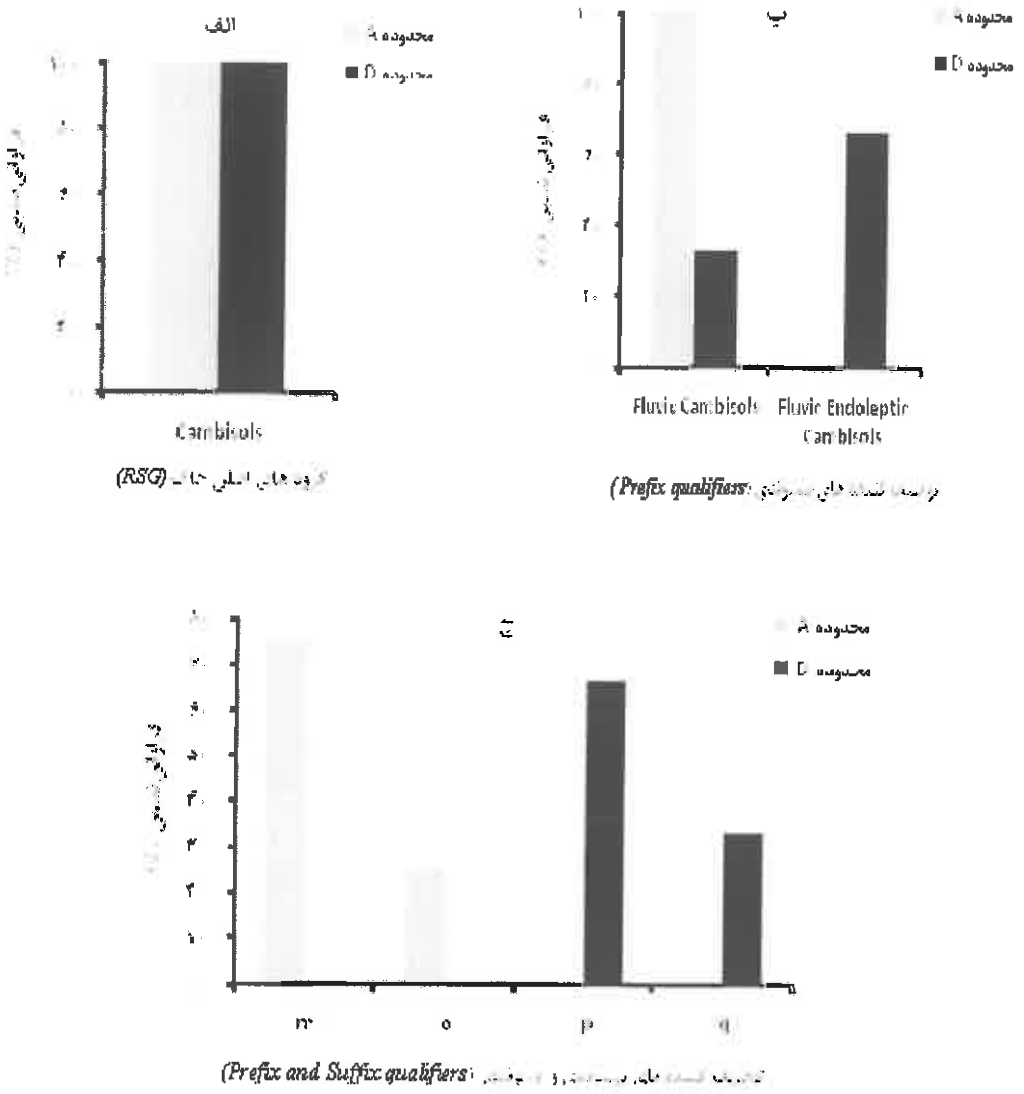
جدول ۴-۶: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D براساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	طبقه‌بندی جهانی خاک	علامت*
A	۱	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۲	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۳	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۴	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)	o
D	۱	Fluvic Endoleptic Cambisols (Calcaric)	p
	۲	Fluvic Cambisols (Calcaric, Siltic)	q
	۳	Fluvic Endoleptic Cambisols (Calcaric)	p

* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۳- ج)، هر خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.

با عنایت به مطالب جدول (۴-۶) و شکل (۴-۳) در می‌یابیم که خاک‌های تکامل‌یافته بر روی پیدمونت‌های موجود در منطقه‌ی A بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی، در سطح گروه‌های اصلی خاک[1]، تنها شامل گروه اصلی کمبی‌سول[2] و با فراوانی نسبی ۱۰۰ درصد می‌باشند. این مطلب برای محدوده‌ی D نیز صدق می‌نماید.

1- Reference Soil Group: RSG
2- Cambisols



شکل ۴-۳: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰)

در سطح دوم سامانه‌ی جهانی (توصیف‌کننده‌های پیشوندی[1])، خاک‌های محدوده‌ی A کماکان یکدست باقی مانده‌اند و تمامی خاک‌های این منطقه به‌صورت فلوویک کمبی‌سول[2] و با فراوانی ۱۰۰

1 - Prefix qualifiers
2 - Fluvic Cambisols

درصد می‌باشند. لیکن در محدوده‌ی D، خاک‌ها به‌واسطه‌ی پیشوند اندولپتیک[1] به دو گروه تفکیک شده‌اند. گروه اول، شامل خاک‌های فلوویک اندولپتیک کمبی‌سول[2] با فراوانی نسبی ۶۶/۷ درصد است؛ در حالی که گروه دوم، مربوط به خاک‌های "فلوویک کمبی‌سول"با فراوانی ۳۳/۳ درصد می‌باشد.

در پایین‌ترین سطح سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (به‌نام توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی[3])، خاک‌های محدوده‌های A و D به‌واسطه‌ی ذکر ویژگی‌های تفصیلی‌تر و جزئی‌تر، به گروه‌های بیشتری تقسیم شده‌اند. به دیگر سخن، محدوده‌ی A در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (بر اساس کاربرد توأمان توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی)، شامل سه خاک m، n و o با فراوانی نسبی (به ترتیب) ۵۰، ۲۵ و ۲۵ درصد است؛ در حالی که خاک‌های موجود در محدوده‌ی D در دو گروه p و q با فراوانی نسبی (به ترتیب) ۶۶/۷ و ۳۳/۳ درصد قرار گرفتند (شکل ۴-۳-پ). بنابراین، بر مبنای آخرین سطح رده‌بندی موجود در سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی، هیچ‌گونه اشتراکی بین خاک‌های محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ مشاهده نگردید؛ البته نبایستی فراموش نمود که با توجه به نتایج حاصل از رده‌بندی خاک‌ها بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷)، نوع واحد نقشه برای هر دو محدوده‌ی مزبور، کماکان همگون می‌باشد.

۴-۲-۳- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

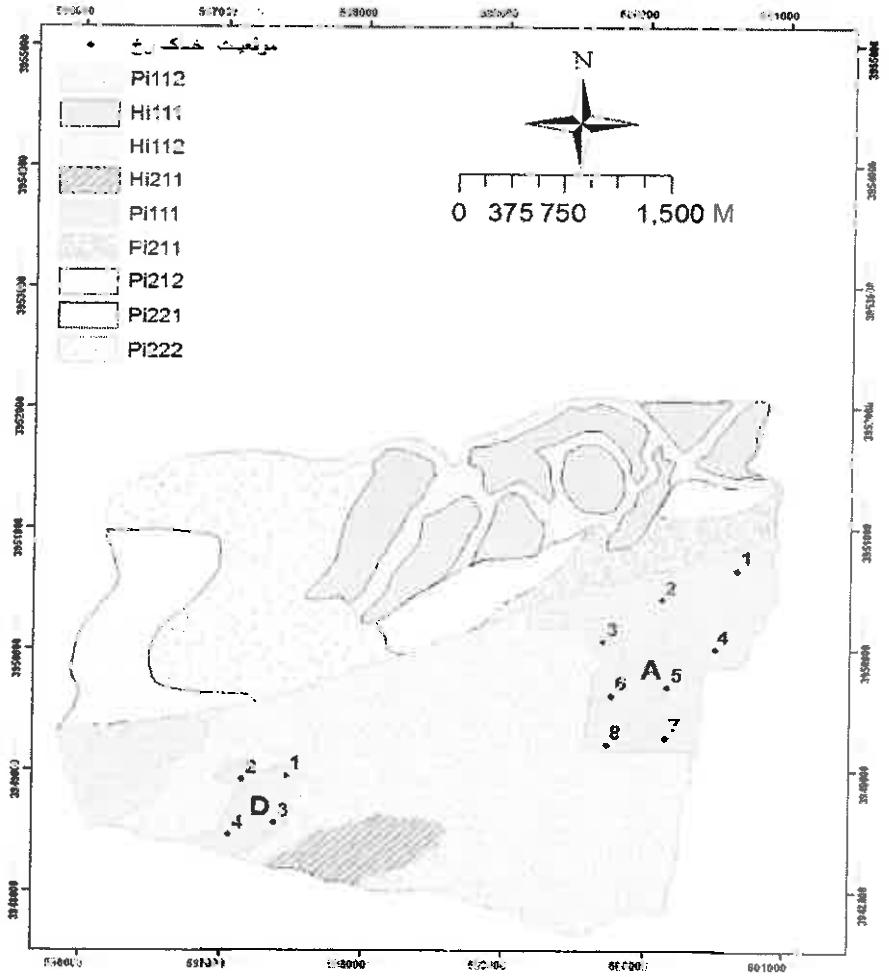
همان‌گونه که پیش از این گفته شد، انتخاب مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ که بزرگ‌تر از مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ است و در ابتدای بازه‌ی مقیاس‌های نیمه‌تفصیلی قرار دارد، می‌تواند به درک بهتر اثر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی کمک نماید.

شکل (۴-۴) موقعیت محدوده‌های A و D از واحد نقشه‌ی Pi111 به‌همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در هر محدوده را برای مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد،

1 - Endoleptic
2 - Fluvic Endoleptic Cambisols
3- Suffix qualifiers

تفاوت در مساحت محدوده‌های A و D باعث گردیده است که بر طبق مطالعات نیمه‌تفصیلی، هشت خاک‌رخ شاهد در نقاط مختلف این منطقه حفر گردد؛ حال آن‌که کوچک‌تر بودن محدوده‌ی D تنها چهار خاک‌رخ شاهد را در خود جای داده است.

نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تمامی افق‌های ژنتیکی موجود در این ۱۲ خاک‌رخ، در جدول‌های (۴-۷) و (۴-۸) آورده شده‌اند. هم‌چنین، رده‌بندی خاک‌رخ‌های مزبور بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی در جدول (۴-۹) نشان داده شده‌اند.



شکل۴-۴: موقعیت محدوده‌های A و D از واحد نقشه‌ی Pi111 به‌همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

جدول ۴-۷: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	ذرات ۰/۱ تا ۲ میلی‌متر (٪)	ذرات ۲ تا ۷۵ میلی‌متر (٪)	بافت
A	۱	A	۰-۱۰	۴۰	۴۲	۱۸	۳۴	۸۰	L
		AC	۱۰-۳۵	۳۴	۳۸	۲۸	۱۹	۸۵	L
		C1	۳۵-۹۰	۵۶	۲۵	۱۹	۴۲	۹۰	SL
		C2	۹۰-۱۴۰	۷۹	۱۰	۱۱	۷۰	۹۵	SL
	۲	A	۰-۸	۲۶	۴۷	۲۷	۱۹	۷۰	L
		Bw	۸-۴۵	۳۴	۳۵	۳۱	۳۴	۷۵	CL
		C1	۴۵-۸۳	۲۲	۴۹	۲۹	۱۴	۸۰	CL
		C2	۸۳-۱۷۰	۷۴	۲۱	۵	۶۴	۹۰	SL
	۳	Ap	۰-۲۰	۳۳	۴۶	۲۱	۱۹	۵۴	L
		Bw	۲۰-۴۵	۳۱	۴۹	۲۰	۱۹	۵۸	L
		C	۴۵-۱۱۰	۴۰	۳۵	۲۵	۲۸	۶۰	L
	۴	Ap	۰-۱۶	۳۵	۴۰	۲۵	۱۹	۵۵	L
		Bw	۱۶-۵۰	۳۱	۴۳	۲۶	۱۹	۵۵	L
		C	۵۰+	۴۲	۳۷	۲۱	۲۸	۶۰	L
	۵	Ap	۰-۳۰	۵۵	۲۹	۱۶	۳۲	۶۰	SL
		Bw	۳۰-۱۰۰	۵۰	۳۰	۲۰	۱۵	۶۳	L
		C	۱۰۰+	۶۵	۲۰	۱۵	۴۸	۶۶	SL
	۶	Ap	۰-۲۰	۲۶	۵۸	۱۶	۱۳	۴۳	SiL
		Bw	۲۰-۵۵	۱۷	۶۱	۲۲	۱۲	۵۰	SiL
		C	۵۵-۱۰۰	۴۶	۳۵	۱۹	۳۴	۶۲	L
	۷	Ap	۰-۲۰	۲۵	۵۸	۱۷	۱۳	۴۵	SiL
		Bw	۲۰-۶۰	۱۷	۶۲	۲۱	۱۲	۴۷	SiL
		C	۶۰-۱۰۰	۴۶	۳۴	۲۰	۳۷	۶۰	L
	۸	Ap	۰-۲۰	۲۵	۵۸	۱۷	۱۲	۴۸	SiL
		Bw	۲۰-۶۰	۱۸	۶۱	۲۱	۱۱	۴۵	SiL
		C	۶۰-۸۰	۴۵	۳۵	۲۰	۳۴	۵۶	L
D	۱	Ap	۰-۱۵	۲۶	۵۳	۲۱	۱۰	۲۷	SiL
		Bw	۱۵-۳۰	۲۹	۵۰	۲۱	۹	۳۰	L
		C	۳۰-۷۰	۳۵	۴۰	۲۵	۲۱	۳۷	L
		R	۷۰+	-	-	-	-	-	-
	۲	Ap	۰-۱۸	۲۹	۵۶	۱۵	۱۵	۲۸	SiL
		Bw	۱۸-۴۰	۳۲	۵۱	۱۷	۱۳	۳۰	SiL
		C	۴۰-۹۰	۲۸	۴۵	۲۷	۱۵	۳۵	L
		R	۹۰+	-	-	-	-	-	-
	۳	Ap	۰-۲۰	۲۰	۵۹	۲۱	۱۱	۲۷	SiL
		Bw	۲۰-۳۵	۳۳	۴۸	۱۹	۱۲	۲۹	L
		C	۳۵-۵۲	۳۳	۴۶	۳۱	۱۲	۳۱	CL
		Cr	۵۲-۷۰	۳۳	۳۹	۲۹	۲۰	۳۵	CL
		R	۷۰+	-	-	-	-	-	-
	۴	Ap	۰-۱۰	۴۴	۴۱	۱۵	۱۴	۳۰	SL
		Bw1	۱۰-۳۵	۲۴	۴۴	۳۲	۱۴	۳۱	CL
		Bw2	۳۵-۹۰	۳۰	۴۰	۳۰	۲۰	۵۵	CL
		Bk	۹۰-۱۴۰	۳۴	۴۹	۱۷	۱۵	۴۰	L

جدول ۴-۸: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	کربنات کلسیم معادل (٪)	مواد آلی (٪)	واکنش خاک	قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq\ 100g^{-1}$)
A	۱	A	۰-۱۰	۲	۱/۶۱	۷/۴	۰/۳	۱۲/۵
		AC	۱۰-۳۵	۱۳	۰/۷۹	۷/۵	۰/۳	۱۵/۹
		C1	۳۵-۹۰	۱۷	۰/۷۱	۷/۵	۰/۳	۱۱
		C2	۹۰-۱۴۰	۱۱	۰/۳۹	۷/۶	۰/۴	۷/۹
	۲	A	۰-۸	۳	۱/۱۵	۷/۳	۰/۴	۱۷/۹۸
		Bw	۸-۴۵	۱	۰/۸۹	۷/۳	۰/۳	۲۰/۷۷
		C1	۴۵-۸۳	۱۰	۰/۵۵	۷/۳	۰/۴	۱۸/۸۷
		C2	۸۳-۱۷۰	۱۱	۰/۰۵	۷/۵	۰/۴۸	۴/۹۶
	۳	Ap	۰-۴۰	۲	۱/۳۶	۶/۸	۰/۲	۱۵/۸
		Bw	۲۰-۴۵	۳	۰/۸۴	۷/۲	۰/۵	۱۴/۱
		C	۴۵-۱۱۰	۶	۰/۷۲	۷/۴	۰/۴	۱۵/۸
	۴	Ap	۰-۱۶	۱	۱/۳۴	۷/۲	۰/۳	۱۵/۴
		Bw	۱۶-۵۰	۳	۰/۸۶	۷/۱	۰/۶	۱۴/۳
		C	۵۰+	۴	۰/۷۱	۷/۳	۰/۵	۱۶/۰
	۵	Ap	۰-۳۰	۲	۲/۶	۷/۴	۱/۲	۱۴/۲
		Bw	۳۰-۱۰۰	۲	۰/۹۱	۷/۶	۰/۵	۱۴/۴
		C	۱۰۰+	۱۴	۰/۶۱	۷/۷	۰/۴	۱۰/۹
	۶	Ap	۰-۲۰	۲	۱/۴۵	۷/۲	۰/۴	۱۲/۷
		Bw	۲۰-۵۵	۱۴	۰/۹۹	۷/۳	۰/۴	۱۲/۵
		C	۵۵-۱۰۰	۱۵	۰/۶۵	۷/۳	۰/۴	۱۲/۷
	۷	Ap	۰-۲۰	۱	۱/۳۹	۷/۲	۰/۴	۱۲/۹
		Bw	۲۰-۶۰	۱۴	۱/۳۱	۷/۳	۰/۴	۱۳/۰
		C	۶۰-۱۰۰	۱۳	۱/۰۲	۷/۴	۰/۴	۱۲/۵
	۸	Ap	۰-۲۰	۲	۱/۶۶	۷/۴	۰/۴	۱۳/۶
		Bw	۲۰-۶۰	۱۳	۱/۱۱	۷/۲	۰/۴	۱۴/۰
		C	۶۰-۸۰	۱۳	۰/۸۳	۷/۶	۰/۴	۱۳/۶
D	۱	Ap	۰-۱۵	۱	۰/۹۲	۷/۴	۰/۳	۱۴/۸
		Bw	۱۵-۳۰	۲	۰/۸۲	۷/۳	۰/۴	۱۴/۶
		C	۳۰-۷۰	۱۴	۰/۸۲	۷/۶	۰/۳	۱۴/۸
		R	۷۰+	–	–	–	–	–
	۲	Ap	۰-۱۸	۱	۰/۷۲	۷/۴	۰/۸	۱۰/۸
		Bw	۱۸-۴۰	۲	۰/۷۸	۷/۴	۰/۷	۱۱/۷
		C	۴۰-۹۰	۱۱	۰/۲۶	۷/۵	۰/۳	۱۴/۹
	۳	Ap	۰-۲۰	۱	۱/۳۲	۷/۳	۰/۵	۱۵/۸
		Bw	۲۰-۳۵	۲	۰/۷۷	۷/۳	۰/۷	۱۳/۶
		C	۳۵-۵۲	۵	۱/۰۹	۷/۵	۰/۴	۲۱/۰
		Cr	۵۲-۷۰	۱۰	۰/۹۲	۷/۵	۰/۳	۱۹/۰
		R	۷۰+	–	–	–	–	–
	۴	Ap	۰-۱۰	۷	۲/۱۹	۷/۴	۰/۸	۱۳/۴
		Bw1	۱۰-۳۵	۱۰	۲/۰۸	۷/۳	۱/۳	۲۳/۵
		Bw2	۳۵-۹۰	۱۵	۰/۶۷	۷/۴	۱/۰	۲۱/۰
		Bk	۹۰-۱۴۰	۲۱	۰/۸۸	۷/۴	۰/۴	۱۱/۷

با توجه به اطلاعات جدول (۴-۹)، فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های A و D مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در شکل (۴-۵) آورده شده‌اند.

جدول ۴-۹: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های A و D بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

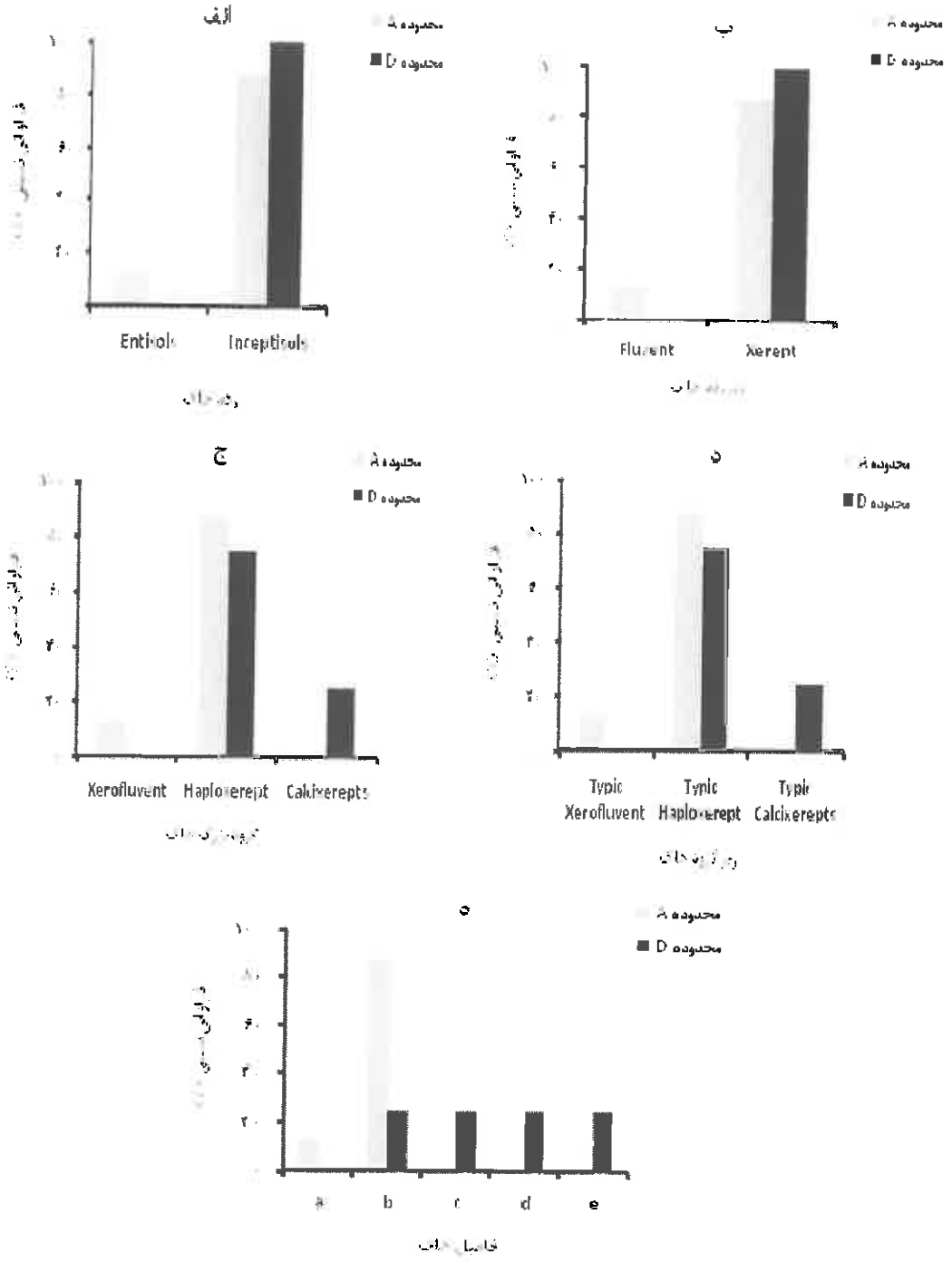
نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	فامیل خاک	علامت*
A	۱	Fragmental, Mixed, Superactive, Mesic Typic Xerofluvents	a
	۲	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۳	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۴	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive. Mesic Typic Haploxerepts	b
	۵	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۶	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۷	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۸	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
D	۱	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
	۲	Fine-loamy, Mixed, Active, Mesic Typic Haploxerepts	c
	۳	Fine-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	d
	۴	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Calcixerepts	e

* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۵- ه)، هر فامیل خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.

توجه به نوع رده‌بندی خاک‌های اراضی پیدمونت در محدوده‌ی A نشان می‌دهد که رده‌ی جدیدی به‌نام انتی‌سول[1] با تغییر مقیاس از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰ قابل شناسایی است.

همان‌طور که در جدول (۴-۹) مشاهده می‌شود، خاک‌های اراضی پیدمونت محدوده‌ی A از شباهت و یک‌نواختی بسیار مناسب در سطوح مختلف رده‌بندی برخوردار بوده، به‌طوری‌که از هشت خاک‌رخ حفر شده در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، هفت خاک‌رخ در سطوح رده، زیررده، گروه‌بزرگ، زیرگروه و فامیل با یکدیگر مطابقت دارند

1 - Entisols



۴-۵: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)

به عبارت دیگر، ۸۷/۵ درصد از کل خاک‌رخ‌های منطقه‌ی فوق، در رده‌ی "اینسپتی‌سول" زیررده‌ی "زرپت" ، گروه بزرگ هاپلوزرپت، "زیرگروه تیپیک هاپلوزریت" و فامیل "b"، قرار گرفته‌اند و تنها یک خاک‌رخ در رده‌ی "انتی‌سول[1]" و با فراوانی ۱۲/۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۴-۹). بر همین اساس می‌توان عنوان نمود که ۸۷/۵ درصد از سطح این واحد توسط خاک‌های مشابه پوشانده شده است. همان‌گونه که در قبل آمد، با توجه به تعریف ارایه شده در راهنمای شناسایی خاک (Soil Survey Division, 1993)، این واحد به عنوان یک واحد نقشه‌ی همگون معرفی می‌گردد.

از طرف دیگر، طبق جدول (۴-۹) و شکل (۴-۵) مشخص می‌گردد که تمامی خاک‌های محدوده‌ی D نیز مانند منطقه‌ی A، در رده‌ی "اینسپتی‌سول" و زیررده‌ی "زرپت" قرار دارند. همچنین، از چهار خاک‌رخ حفرشده در این محدوده، سه خاک‌رخ (۷۵ درصد از کل خاک‌ها) در سطوح رده‌بندی زیررده، گروه بزرگ و زیرگروه، مشابه می‌باشند و به‌صورت "تیپیک هاپلوزرپت" نام‌گذاری شده‌اند. تنها خاک-رخ باقی‌مانده در این محدوده تا سطح زیرگروه به‌صورت "تیپیک کلسی‌زرپت" و با فراوانی نسبی ۲۵ درصد می‌باشد. نکته‌ی جالب در این محدوده، قرارگیری چهار خاک‌رخ مزبور در چهار فامیل مختلف b، c، d و e (هر یک با فراوانی نسبی ۲۵ درصد) است (جدول ۴-۹ و شکل ۴-۵-ث). در واقع، توجه به ویژگی‌های تفصیلی‌تر خاک در سطح فامیل باعث شده است که طبیعت تغییرپذیر و ماهیت کیاتیک[2] (بی‌نظم) خاک‌های این محدوده بهتر و بیشتر نمود یابد.

با بررسی دقیق و ریزبینانه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (جدول‌های ۴-۷ و ۴-۸) و همچنین رده‌بندی چهار فامیل موجود در محدوده‌ی D (جدول ۴-۹) و مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر مشخص می-گردد که تنها تفاوت میان فامیل‌های c و d مربوط به کلاس فعالیت تبادل کاتیونی می‌باشد که باعث شده است فامیل c در کلاس Active قرار بگیرد، در حالی که فامیل d از کلاس Superactive برخوردار می‌باشد. بنابراین فامیل‌های c و d را می‌توان دو خاک مشابه قلمداد نمود.

---

1 -Entisols

2 - chaotic nature

از طرفی، تنها وجه تمایز میان فامیل‌های b و d مربوط به تفاوت در کلاس توزیع اندازه‌ای ذرات می‌باشد (جدول ۴-۹) که مطابق با جدول (۴-۷)، اختلاف میانگین وزنی درصد ذرات درشت موجود در بخش کنترل فامیل این دو خاک، ناچیز و در حد چهار درصد می‌باشد. در نتیجه، این دو فامیل را نیز می‌توان به‌عنوان دو خاک مشابه مد نظر قرار داد. به دیگر سخن، با اندکی اغماض و در صورتی که پذیرفته شود به‌دلیل وجود احتمالی خطا در اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی، موجبات چنین تفاوت‌های اندکی فراهم شده است؛ آن‌گاه می‌توان هر سه فامیل b، c و d را خاک‌هایی مشابه دانست. ناگفته نماند که خاک‌رخ چهارم موجود در محدوده‌ی D، تنها در سطوح رده و زیررده با خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱، ۲ و ۳ شباهت دارد و در سطح گروه‌بزرگ و زیرگروه، متفاوت از خاک‌رخ‌های اخیر است. به همین علت، نام فامیل e برای معرفی این خاک‌رخ برگزیده شده است چرا که با خاک‌رخ‌های دیگر موجود در این منطقه، کمترین میزان مشابهت را دارد. در هر حال، سه خاک‌رخ از چهار خاک‌رخ موجود در این محدوده، خاک‌هایی مشابه تلقی می‌شوند که هر خاک‌رخ، حدود ۲۵ درصد از سطح این واحد را دربر گرفته است. از طرفی، فامیل e نیز حداکثر ۲۵ درصد از سطح محدوده‌ی D را اشغال نموده است و بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان یک ناخالصی غیرمشابه غیرمحدودکننده با خاک‌رخ‌های سه‌گانه‌ی مزبور به‌شمار آورد. لیکن با توجه به اینکه ۷۵ درصد از خاک‌های موجود دراین محدوده، خاک‌هایی مشابه می‌باشند؛ می‌توان نوع واحد نقشه‌ی مربوط به محدوده‌ی D را همگون دانست.

به‌طور کلی، محدوده‌های A و D در سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی، از میزان شباهت متفاوتی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ برخوردار می‌باشند. بر اساس نمودار "ت" شکل (۴-۵)، ۷۵ درصد از خاک‌های موجود در محدوده‌های A و D تا سطح زیرگروه کاملاً با یکدیگر مطابقت دارند؛ لیکن این میزان شباهت در سطح فامیل، تنها به ۲۵ درصد رسیده است. به دیگر سخن، در حدود ۲۵ درصد از خاک‌های موجود در محدوده‌های A و D شامل فامیل "b" می‌باشند.

در هر حال، به نظر می‌رسد که با تغییر مقیاس از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰ میزان شباهت خاک‌های این دو محدوده با یکدیگر کاهش یافته است. در محدوده‌ی A و در سطح رده با تغییر مقیاس از

۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰، رده‌ی جدید انتی‌سول به خاک‌های موجود اضافه گردیده است و فراوانی رده-ی اینسپتی‌سول از ۱۰۰ درصد (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) به ۸۷/۵ درصد (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) کاهش یافته است. همین تغییرات در سطوح پائین‌تر رده‌بندی نیز تکرار گردیده است. چنان‌چه فراوانی نسبی زیررده‌ی "زرپت"، گروه‌بزرگ "هاپلوزرپت" و زیرگروه "تیپیک هاپلوزرپت" نیز از ۱۰۰ درصد به ۸۷/۵ درصد تقلیل یافته است.

در منطقه‌ی D با تغییر مقیاس به ۱:۴۰۰۰۰ در سطوح رده و زیررده هیچ تغییری مشاهده نمی‌گردد؛ اما تغییراتی که در سطوح رده‌بندی گروه‌بزرگ و زیرگروه اتفاق می‌افتد قابل توجه می‌باشد. به‌طوری - که در سطح گروه‌بزرگ، "کلسی‌زرپت" به محدوده‌ی مذکور افزوده گردیده است و در نتیجه، فراوانی "هاپلوزرپت" از ۱۰۰ درصد (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) به ۷۵ درصد (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) کاهش یافته است. در سطح زیرگروه نیز به همین صورت، "تیپیک کلسی‌زرپت" به جمع زیرگروه‌های محدوده اضافه گردیده است و به تبع آن، فراوانی نسبی "تیپیک کلسی‌زرپت" از صفر درصد (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) به ۲۵ درصد (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) و یا به عبارتی، فراوانی نسبی "تیپیک هاپلوزرپت" از ۱۰۰ درصد (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) به ۷۵ درصد (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) رسیده است.

با بررسی نمودار فامیل خاک‌ها در دو مقیاس مزبور (شکل‌های ۴-۲-ث و ۴-۵-ث) مشخص می‌گردد که دو فامیل جدید a و e (علاوه بر فامیل‌های قبلی شناخته‌شده) به مجموعه‌ی فامیل‌های دو محدوده‌ی A و D در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ اضافه گردیده‌اند. همچنین، فراوانی سه فامیل b، c و d نیز در مقیاس اخیر دست‌خوش تغییر قرار گرفته‌اند، به نحوی که با اضافه شدن فامیل a به محدوده‌ی A (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)، فراوانی نسبی فامیل b از ۱۰۰ به ۸۷/۵ درصد تقلیل یافته است. در محدوده‌ی D نیز با افزوده شدن فامیل e، فراوانی فامیل‌های b، c و d از ۳۳/۳ به ۲۵ درصد کاهش یافته‌اند.

به‌طور کلی، با بزرگ‌تر شدن مقیاس، تنوع خاک‌های موجود در محدوده‌های A و D افزایش یافته است. پیامد این موضوع، کاهش میزان شباهت میان خاک‌های موجود در محدوده‌های مزبور بوده است.

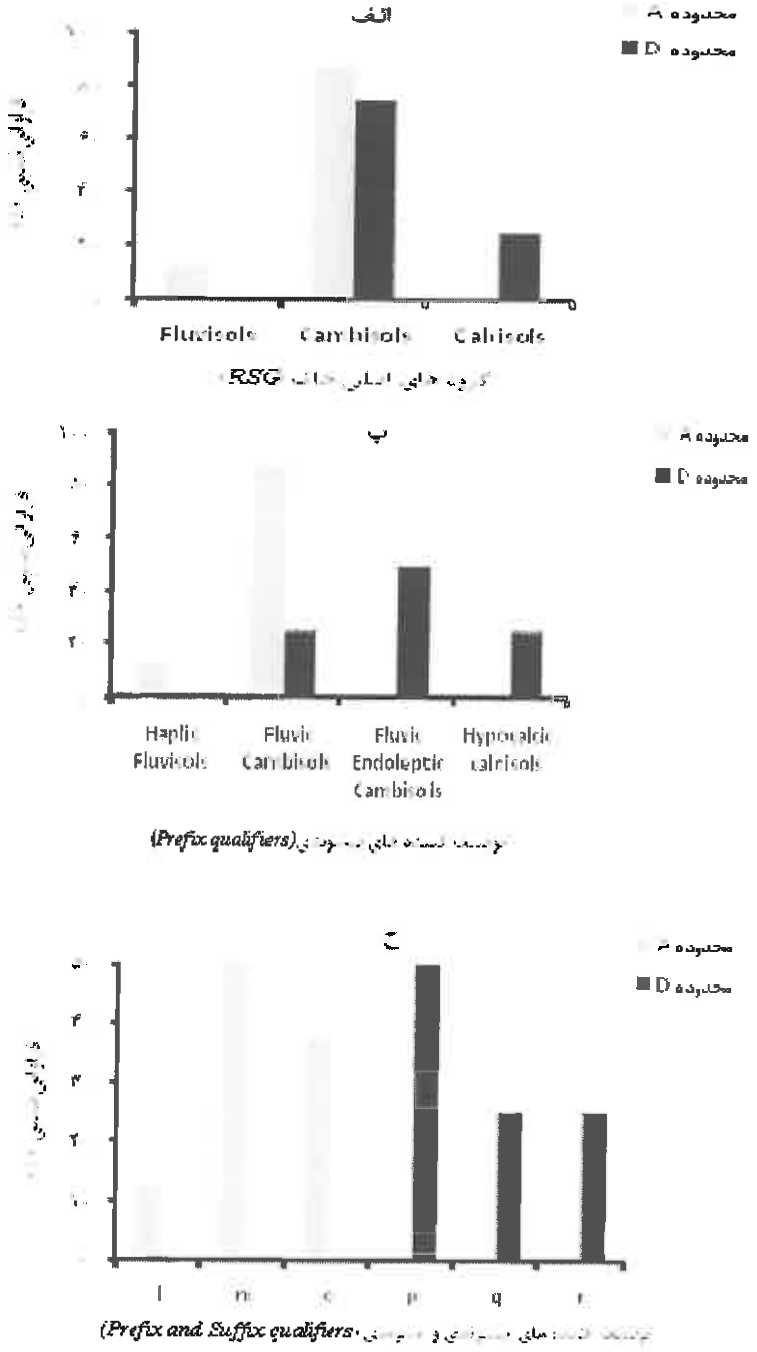
۴- ۲-۴- مقایسه‌ی محدوده‌های A و D (از واحد Pi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

خاک‌رخ‌های معرفی‌شده در قسمت قبل (بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی)، این‌بار بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷)، رده‌بندی گردیده‌اند و نتایج آن در جدول (۴-۱۰) نشان داده شده‌اند. هم‌چنین، فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف مربوط به سامانه‌ی مزبور برای هر کدام از این محدوده‌ها در شکل (۴-۶) آورده شده است.

جدول ۴-۱۰: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفر شده در محدوده‌های A و D بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	طبقه‌بندی جهانی خاک	علامت
A	۱	Haplic Fluvisols (Calcaric, Skeletic)	l
	۲	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۳	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۴	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۵	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	m
	۶	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)	o
	۷	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)	o
	۸	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)	o
D	۱	Fluvic Endoleptic Cambisols (Calcaric)	p
	۲	Fluvic Cambisols (Calcaric, Siltic)	q
	۳	Fluvic Endoleptic Cambisols (Calcaric)	p
	۴	Hypocalcic Calcisols (Skeletic)	r

* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۶- ج)، هر خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.



شکل ۴-۶: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های A و D (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)

چنان‌چه در جدول (۴-۱۰) مشاهده می‌گردد خاک‌های موجود در محدوده‌های A و D در سه گروه مرجع فلووی‌سول[1]، کمبی‌سول[2] و کلسی‌سول[3] قرار گرفته‌اند. البته بیشترین سطح از محدوده‌های مزبور توسط خاک‌های کمبی‌سول پوشانده شده است؛ به‌طوری که ۸۷/۵ درصد از کل خاک‌های محدوده‌ی A، و حدود ۷۵ درصد از خاک‌های موجود در محدوده‌ی D، در گروه فوق جای گرفته‌اند. بنابراین آن‌چه در این منطقه قابل ذکر است، شباهت قابل توجه این دو منطقه از لحاظ نوع و میزان تکامل خاک‌های آن‌ها به‌واسطه‌ی وجود افق کمبیک[4] می‌باشد. به‌علاوه، ۱۲/۵ درصد از خاک‌های موجود در منطقه‌ی A در گروه مرجع "فلووی‌سول" قرار گرفته‌اند؛ در حالی که ۲۵ درصد از خاک-های منطقه‌ی D در گروه مرجع "کلسی‌سول" جای دارند (شکل ۴-۶-الف).

در سطح دوم سامانه‌ی جهانی و تنها بر مبنای توصیف‌کننده‌های پیشوندی (شکل ۴-۶-ب)، ۸۷/۵ درصد از خاک‌های محدوده‌ی A هم‌چنان بدون تغییر مانده‌اند و به‌صورت "فلوویک کمبی‌سول" نامیده شده‌اند. لیکن در محدوده‌ی D گروه اصلی کمبی‌سول به دو بخش "فلوویک کمبی‌سول" و "فلوویک اندولپتیک کمبی‌سول" با فراوانی‌های نسبی (به ترتیب) ۲۵ و ۵۰ درصد تفکیک گردیده است. البته گروه اصلی کلسی‌سول در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی نیز بدون تغییر باقی مانده است و با نام هیپوکلسیک کلسی‌سول[5] معرفی شده است.

نتایج به‌دست آمده در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی و بر اساس کاربرد توأمان توصیف‌کننده-های پیشوندی و پسوندی، حاکی از آن است که خاک‌های محدوده‌ی A شامل چهار خاک l، m، n و o با میزان فراوانی نسبی (به ترتیب) ۱۲/۵، ۳۷/۵، ۱۲/۵ و ۳۷/۵ درصد است؛ در حالی‌که خاک‌های تکامل‌یافته در محدوده‌ی D در سه گروه p، q و r با فراوانی نسبی (به ترتیب) ۵۰، ۲۵ و ۲۵ درصد قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۶-پ). بنابراین، بر اساس آخرین سطح رده‌بندی موجود در سامانه‌ی طبقه-بندی جهانی و کاربرد هم‌زمان توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی، خاک‌های محدوده‌های A و D

1 - Fluvisols
2 -Cambisols
3 - Calcisols
4 - Cambic
5 - Hypocalcic Calcisols

در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ فاقد شباهت با یکدیگر می‌باشند؛ چرا که تغییرات بسیار اندک این خاک‌ها در ویژگی‌هایی چون میزان سیلت و کربنات کلسیم معادل (جدول‌های ۴-۷ و ۴-۸)، باعث قرارگیری این خاک‌ها در گروه‌های مختلف گردیده است.

به‌طور کلی، مقایسه‌ی نمودارهای فراوانی نسبی سطوح مختلف طبقه‌بندی خاک جهانی در دو مقیاس مورد مطالعه (شکل‌های (۴-۳) و (۴-۶)) نشان می‌دهد که با تغییر مقیاس از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰ تنوع خاک‌های موجود در این محدوده‌ها افزایش یافته است و خاک‌های متعدد و متنوع‌تر در سطوح مختلف مشخص گردیده‌اند. به‌عنوان مثال، با نگاهی کوتاه به نمودار گروه‌های اصلی خاک در دو مقیاس مزبور می‌توان دریافت که در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ میزان یکنواختی و شباهت میان خاک‌های محدوده‌های A و D به مراتب بیشتر از مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ می‌باشد، چراکه در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ تنها یک گروه مرجع خاک "کمبی‌سول" وجود دارد که فراوانی آن در هر دو محدوده‌ی فوق به میزان ۱۰۰ درصد می‌باشد. اما در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰و مطابق شکل (۴-۶-الف)، گروه‌های مرجع خاک "فلووی-سول" و "کلسی‌سول" به خاک‌های این مناطق افزوده گردیده‌اند. همچنین، با مشاهده‌ی نمودار توصیف‌کننده‌های پیشوندی مناطق A و D آشکار می‌گردد که با تغییر مقیاس از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰ تنوع خاک‌های آن‌ها از سه (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) به پنج (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) نوع خاک ارتقاء یافته است، به‌طوری که "هاپلیک فلووی‌سول" و "هیپوکلسیک‌کلسی‌سول" به خاک‌های این محدوده‌ها اضافه شده‌اند. به‌علاوه،در سطح توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی با تغییر مقیاس از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰، دو خاک دیگر به خاک‌های شناسایی‌شده در این محدوده‌ها اضافه گردیده است؛ به‌طوری‌که تعداد خاک‌های موجود در این دو محدوده از پنج (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) به هفت (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) نوع خاک افزایش یافته است. نکته‌ی حایز اهمیت این است که در این سطح از مقایسه، هیچ شباهتی میان خاک‌های این دو محدوده مشاهده نگردید. به دیگر سخن، با تغییر مقیاس نقشه‌برداری، از میزان شباهت‌های موجود میان خاک‌های این دو منطقه کاسته شده است.

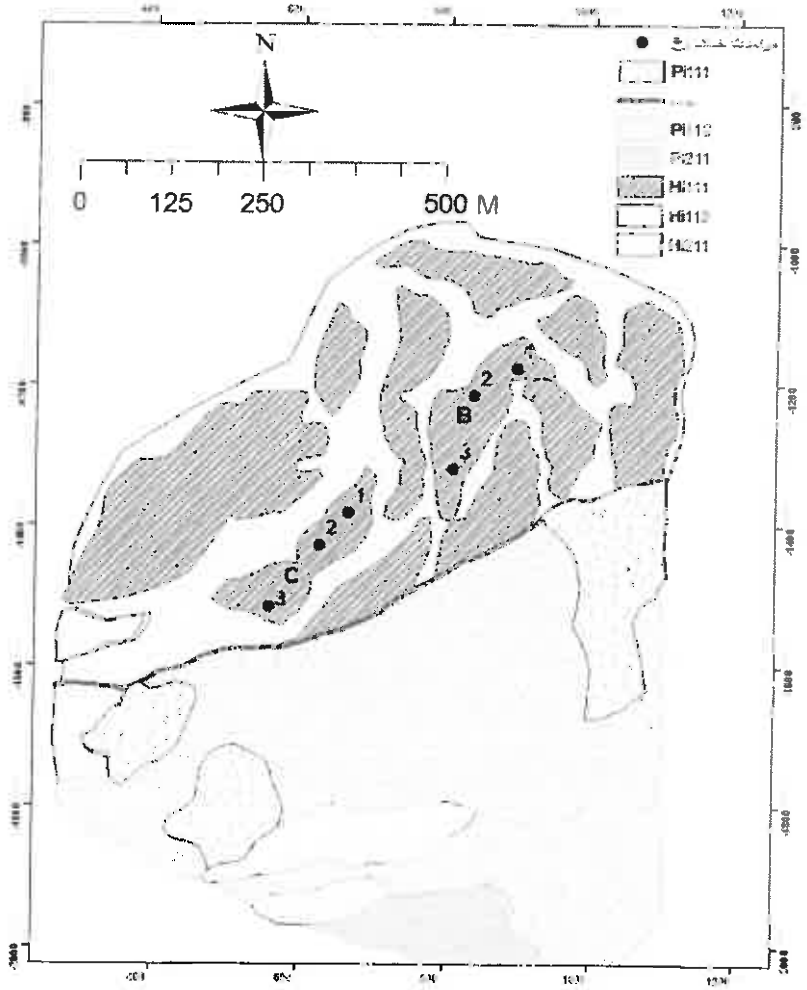
نظر به این‌که استفاده از پسوند یوتریک[1] برای خاک‌رخ شماره‌ی ۵ موجود در محدوده‌ی A، بیانگر وضعیت مشابهی با پسوند کلکاریک[2] موجود در مابقی خاک‌های این واحد است؛ بنابراین می‌توان خاک n را مشابه خاک m این واحد تلقی نمود (جدول ۴-۱۰). از طرفی، تنها تفاوت خاک o با خاک m، در وجود پسوند سیلتیک[3] برای خاک o است (جدول ۴-۱۰) و این دو خاک از نظر دیگر ویژگی‌ها، مشابه می‌باشند (جدول‌های ۴-۷ و ۴-۸). در نتیجه، می‌توان گفت که خاک m با o نیز مشابه است. با این اوصاف، بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷)، نوع واحد نقشه‌ی منطقه‌ی A، کماکان همگون می‌باشد. هم‌چنین، با توجه به اینکه خاک p، ۵۰ درصد از واحد D را پوشش داده است (نمودار ۴-۶-پ) و خاک q نیز مشابه با آن تلقی می‌شود (جدول‌های ۴-۷ و ۴-۸)؛ نوع واحد D نیز همگون می‌باشد. در نتیجه، تغییر مقیاس مطالعاتی از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰ تأثیری بر نوع واحد نقشه نداشته است.

۴-۲-۵- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی، در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

تپه‌ماهورهای موجود در محدوده‌های B و C، با توجه به مقیاس مطالعاتی ۱:۵۵۰۰۰ و مساحت هر محدوده، هر یک دربرگیرنده‌ی سه خاک‌رخ مشاهداتی می‌باشند (شکل ۴-۷).

نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک‌رخ‌ها در جدول‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) آورده شده است. به‌علاوه، جدول (۴-۱۳) رده‌بندی خاک‌رخ‌های مذکور را بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی تا سطح فامیل نشان می‌دهد.

1 - Eutric
2 - Calcaric
3 - Siltic



شکل ۴-۷: موقعیت محدوده‌های B و C از واحد نقشه‌ی Hi111 به همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

جدول ۴-۱۱: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	شن	سیلت	رس	ذرات ۰/۱ تا ۲ میلی‌متر	ذرات ۲ تا ۷۵ میلی‌متر	بافت
				(٪)					
B	۱	A	۰-۱۰	۴۷	۴۱	۱۲	۳۲	۶۰	SL
		Bt	۱۰-۳۵	۲۹	۴۱	۳۰	۱۹	۵۷	CL
		Bk	۳۵-۸۰	۳۲	۴۴	۲۴	۲۴	۶۳	L
		Cr	۸۰-۱۱۰	۴۸	۲۸	۲۴	۳۷	۷۱	SCL
	۲	A	۰-۱۲	۳۹	۴۲	۱۹	۲۱	۵۶	L
		Bw	۱۲-۲۷	۴۱	۴۲	۱۷	۲۰	۵۳	L
		Bk	۲۷-۸۵	۲۳	۴۱	۳۶	۹	۵۶	CL
		Cr	۸۵+	۲۳	۳۷	۴۰	۱۳	۶۵	C
	۳	A	۰-۱۰	۳۷	۴۸	۱۵	۲۱	۵۸	SiL
		Bw	۱۰-۲۳	۲۷	۵۲	۲۱	۱۶	۵۳	SL
		Bk	۲۳-۱۵۰	۲۹	۴۶	۲۵	۲۸	۵۷	L
		Cr	۱۵۰+	-	-	-	-	-	-
C	۱	A	۰-۱۷	۴۹	۳۲	۱۹	۳۶	۵۷	SL
		Bk	۱۷-۴۳		۲۷	۲۹	۲۹	۶۰	SCL
		Cr	۴۳-۸۰	۷۹	۱۱	۱۰	۷۱	۷۰	SL
	۲	Ap	۰-۸	۴۲	۲۲	۳۶	۱۴	۶۸	CL
		Bw	۸-۳۰	۳۳	۲۹	۳۸	۱۵	۶۰	CL
		Bk1	۳۰-۵۰	۳۰	۲۷	۴۳	۲۴	۷۰	C
		Bk2	۵۰-۸۰	۲۹	۲۵	۴۶	۲۰	۷۱	C
		Cr	۸۰-۱۱۷	۳۳	۲۹	۳۸	۲۰	۸۵	CL
	۳	A	۰-۱۰	۵۵	۳۴	۱۱	۳۶	۵۸	SL
		Bw	۱۰-۳۵	۴۵	۵۱	۴	۳۶	۵۸	SiL
		Cr	۳۵-۸۰	۷۹	۱۱	۱۰	۷۱	۷۰	LS
		R	۸۰+	-	-	-	-	-	

جدول۴-۱۲: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	کربنات کلسیم معادل (٪)	مواد آلی (٪)	واکنش خاک	قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq\ 100g^{-1}$)
B	۱	A	۰-۱۰	۳	۲/۲۲	۷/۳	۰/۴	۱۱/۶
		Bt	۱۰-۳۵	۶	۱/۵۱	۷/۵	۰/۵	۲۲/۸
		Bk	۳۵-۸۰	۴۰	۰/۶۳	۷/۶	۰/۴	۱۳/۹
		Cr	۸۰-۱۱۰	۲۲	۰/۷۲	۷/۶	۰/۴	۱۴/۶
	۲	A	۰-۱۲	۸	۱/۲۱	۷/۷	۰/۳	۱۳/۸
		Bw	۱۲-۲۷	۱۰	۱/۳۶	۷/۷	۰/۶	۱۳
		Bk	۲۷-۸۵	۲۵	۰/۸۸	۷/۷	۰/۵	۲۱/۳
		Cr	۸۵+	۳۱	۰/۸۷	۷/۶	۰/۳	۲۵/۱
	۳	A	۰-۱۰	۱۲	۱/۳۶	۷/۶	۰/۵	۱۱/۸
		Bw	۱۰-۲۳	۱۱	۰/۷۵	۷/۷	۰/۵	۱۴/۸
		Bk	۲۳-۱۵۰	۱۳	۰/۵۷	۷/۶	۰/۳	۱۶/۱
		Cr	۱۵۰+	-		-	-	-
C	۱	A	۰-۱۷	۷	۱/۱۴	۷/۶	۲/۷	۱۴/۹
		Bk	۱۷-۴۳	۲۵	۰/۷۱	۷/۷	۱/۱	۱۶/۲
		Cr	۴۳-۸۰	۳۱	۱/۷۲	۷/۶	۱/۲	۸/۱
	۲	Ap	۰-۸	۱۶	۱/۰۷	۷/۵	۲/۶	۲۰/۶
		Bw	۸-۳۰	۱۶	۰/۵۱	۷/۷	۰/۸	۲۳/۷
		Bk1	۳۰-۵۰	۱۸	۰/۰۱	۷/۵	۳/۱	۲۴/۸
		Bk2	۵۰-۸۰	۱۹	۰/۸۲	۷/۵	۲/۷	۲۲/۴
		Cr	۸۰-۱۱۷	۱۷	۰/۶۷	۷/۵	۳/۰	۱۹/۵
	۳	A	۰-۱۰	۴	۲/۳۱	۷/۴۵	۱/۳	۱۱/۹
		Bw	۱۰-۳۵	۱۴	۲/۲۱	۷/۵	۰/۷	۱۰/۱
		Cr	۳۵-۸۰	۲۱	۱/۰۷	۷/۶	۱/۲	۸/۱
		R	۸۰+	-	-	-	-	-

جدول۴-۱۳: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	فامیل خاک	علامت*
B	۱	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Calcic Haploxeralfs	h
	۲	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Calcixerepts	e
	۳	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
C	۱	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Calcixerepts	e
	۲	Clayey-Skeletal, Mixed, Active, Mesic Typic Calcixerepts	i
	۳	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b

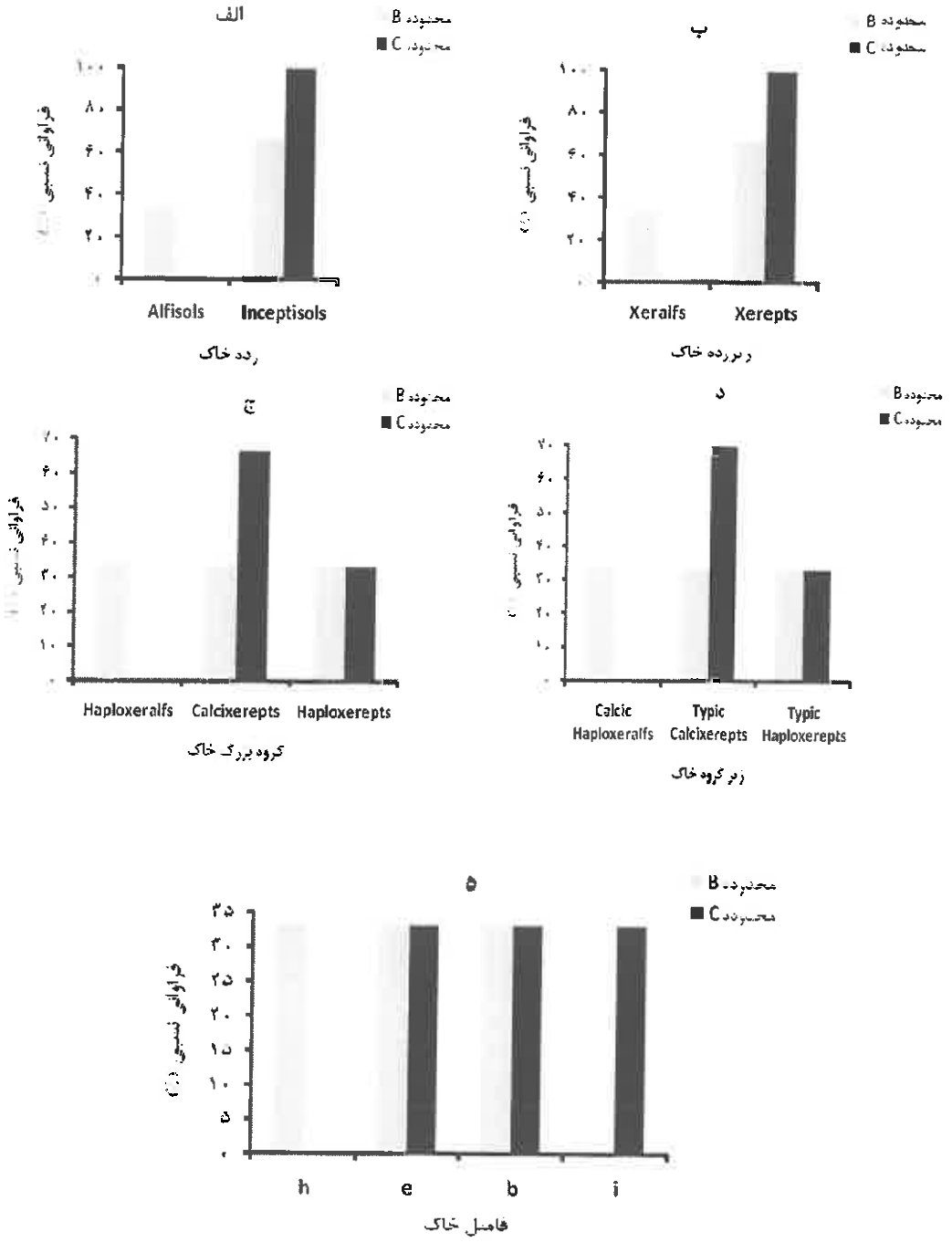
* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۸- ه)، هر خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.

با استفاده از اطلاعات جدول (۴-۱۳)، فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های B و C مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در شکل (۴-۸) آورده شده‌اند.

با مطالعه‌ی خاک‌های محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، مشخص گردید که در محدوده‌ی B، خاک‌ها از دو رده‌ی آلفی‌سول[1] و "اینسپتی‌سول" با فراوانی نسبی ۳۳/۳ و ۶۶/۷ درصد تشکیل یافته‌اند. ولیکن خاک‌های منطقه‌ی C، تنها شامل یک رده‌ی "اینسپتی‌سول" می‌باشند (شکل ۴-۸-الف). به بیان بهتر، خاک‌های موجود در محدوده‌ی B، در سطح اول سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی از تنوع بیشتری در مقایسه با محدوده‌ی C برخوردار می‌باشند.

از طرفی بر اساس شکل (۴-۸-ب) در محدوده‌های B و C، و در سطح دوم سامانه‌ی مزبور (زیر رده) نیز فراوانی‌های زیررده‌های زرآلف[2] و زرپت[3] مطابق با سطح اول این سامانه و بدون تغییر، تکرار شده‌اند. به علاوه، ۶۶/۷ درصد از خاک‌های هر دو محدوده با یکدیگر شبیه می‌باشند و در زیررده‌ی "زرپت" قرار دارند.

1 - Alfisols
2 - Xeralfs
3 - Xerepts



شکل ۴-۸: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های B و C (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰)

در سطح سوم سامانه‌ی آمریکایی، محدوده‌ی B شامل سه گروه بزرگ هاپلوزرآلف[1]، "کلسی‌زرپت" و "هاپلوزرپت" ، با فراوانی نسبی یکسان و در حدود ۳۳/۳ درصد می‌باشد. ولیکن در محدوده‌ی C تنها دو زیرگروه "هاپلوزرپت" و "کلسی‌زرپت" شناسایی گردید. شباهت میان دو محدوده‌ی B وC نیز مربوط به همین دو زیرگروه بالا می‌باشد؛ به‌طوری‌که ۳۳/۳ درصد از خاک‌های این دو محدوده در گروه‌بزرگ "کلسی‌زرپت" و ۳۳/۳ درصد نیز در زیرگروه "هاپلوزرپت" مشاهده گردیدند.

در سطح زیرگروه، سه خاک کلسیک هاپلوزرآلف[2]، تیپیک کلسی‌زرپت[3] و "تیپیک هاپلوزرپت" در محدوده‌ی B، و دو زیرگروه "تیپیک کلسی‌زرپت" و "تیپیک هاپلوزرپت" در محدوده‌ی C با فراوانی مشابه با آن‌چه در سطح گروه‌بزرگ گفته شد، شناسایی شدند.

مقایسه‌ی رده‌بندی خاک‌های این دو محدوده در سطوح پائین‌تر، بیان‌گر وجود سه فامیل h، e و b در محدوده‌ی B و سه فامیل e، i و b در محدوده‌ی C هر یک با فراوانی نسبی یکسان ۳۳/۳ درصد بود (شکل ۴-۸-ث). به دیگر سخن، شباهت میان خاک‌های دو محدوده‌ی B و C در دقیق‌ترین سطح رده‌بندی (فامیل خاک) ۶۶/۷ درصد است که سهم هر کدام از فامیل‌های b و e، ۳۳/۳ درصد می‌باشد. در هر حال، با توجه به جدول (۴-۱۲) می‌توان دریافت که عدم وجود مقدار کربنات کلسیم معادل کافی (۱۳ درصد) برای افق Bk در خاکرخ شماره‌ی ۳، موجب شده است تا این افق به‌عنوان یک افق کلسیک مد نظر قرار نگیرد و درنتیجه رده‌بندی این خاک در سطح زیرگروه با خاکرخ شماره‌ی ۲ متفاوت گردیده است (جدول ۴-۱۳). نگاهی به اجزای فامیل این خاک‌ها (جدول ۴-۱۳) نشان می‌دهد که آن‌ها در مابقی خصوصیات یکسان می‌باشند و درنتیجه می‌توان این دو خاکرخ را مشابه تلقی نمود. بنابراین محدوده‌ی B را می‌توان اجتماعی از دو فامیل e و h[4] مد نظر قرار داد. این در حالی است که نوع واحد نقشه‌ی محدوده‌ی C، به‌صورت اجتماع خاک‌های e و i[5] قابل تعریف می‌باشد.

1 - Haploxeralfs
2 - Calcic Haploxeralfs
3 - Typic Calcixerepts
4 - e-h association
5 - e-i association

به‌طور کلی می‌توان عنوان نمود که در مقیاس مطالعاتی ۱:۵۵۰۰۰، علاوه بر شباهت ۶۶/۷ درصدی خاک‌های دو محدوده‌ی B و C در هر پنج سطح رده‌بندی خاک آمریکایی، نوع واحد نقشه‌برداری آن‌ها نیز با یکدیگر مشابه می‌باشد؛ لیکن ترتیب قرارگیری خاک‌ها در تعریف این واحدهای نقشه، اندکی با یکدیگر تفاوت دارد.

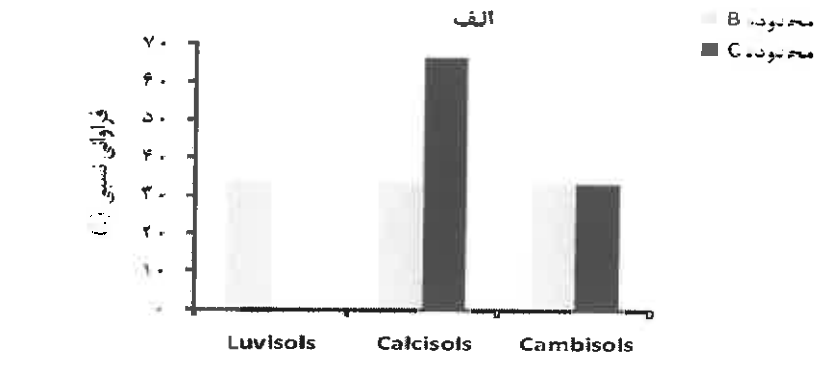
۴-۲-۶- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی، در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

جدول (۴-۱۴) در بر گیرنده‌ی رده‌بندی خاک‌های تکامل‌یافته در محدوده‌های B و C، بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) می‌باشد. هم‌چنین شکل (۴-۹) فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف مربوط به سامانه‌ی مزبور را برای هر یک از این دو محدوده‌ها نشان می‌دهد.

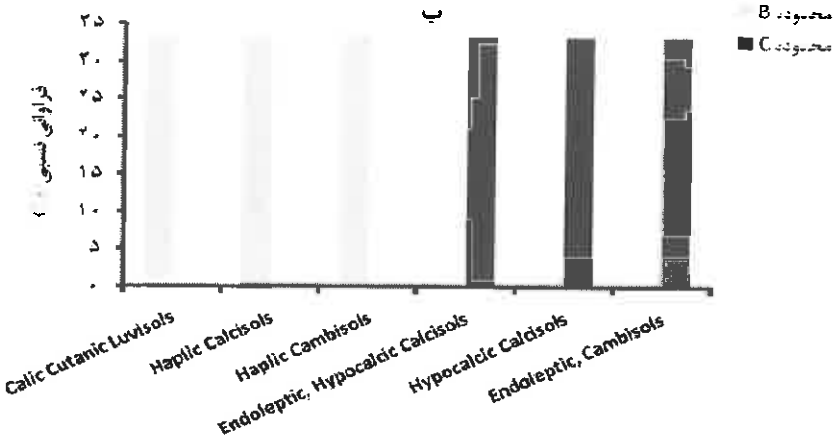
جدول ۴-۱۴: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C براساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	طبقه‌بندی جهانی خاک	علامت*
B	۱	Calcic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)	s
	۲	Haplic Calcisols (Skeletic, Endoclayic)	u
	۳	Haplic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic)	v
C	۱	Endoleptic Hypocalcic Calcisols (Skeletic)	x
	۲	Hypocalcic Calcisols (Skeletic, Clayic)	y
	۳	Endoleptic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic, Siltic)	z

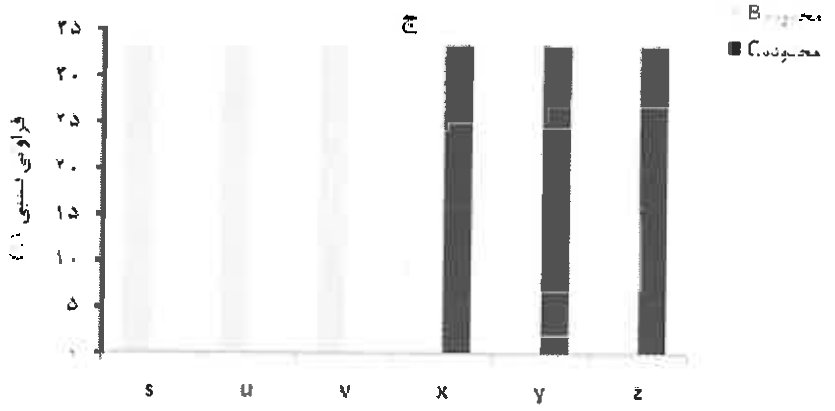
* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۹- ج)، هر خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.



گروه های اصلی خاک (*RSG*)



توصیف کننده های پسوندی (*Prefix qualifiers*)



توصیف کننده های پیشوندی و پسوندی (*Prefix and Suffix qualifiers*)

شکل ۴-۹: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های B و C (در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰)

با عنایت به مطالب جدول (۴-۱۴) و شکل (۴-۹) مشخص می‌گردد که خاک‌های تکامل‌یافته بر روی تپه‌ماهورهای موجود در محدوده‌ی B، در سه گروه مرجع لووی‌سول[1]، "کمبی‌سول" و "کلسی‌سول" قرار دارند؛ که هر یک به میزان ۳۳/۳ درصد از سطح این محدوده را در بر گرفته‌اند. خاک‌های محدوده‌ی C نیز شامل دو گروه مرجع کمبی‌سول و کلسی‌سول می‌باشند که بیشترین سطح از محدوده‌ی مزبور توسط خاک‌های "کلسی‌سول" (با فراوانی ۶۶/۷ درصد) پوشانده شده است. بدون شک، در سطح گروه‌های اصلی، شباهت قابل ملاحظه‌ای میان این دو محدوده قابل تشخیص می‌باشد. این در حالی است که شباهت ۶۶/۷ درصدی میان محدوده‌های B و C مربوط به خاک‌های "کلسی-سول" و "کمبی‌سول" هر یک به میزان ۳۳/۳ درصد می‌باشد (۴-۹-الف).

در سطح دوم سامانه‌ی جهانی و تنها بر مبنای توصیف‌کننده‌های پیشوندی (شکل ۴-۹-ب)، خاک‌های محدوده‌ی B در سه گروه کلسیک کوتانیک لووی‌سول[2]، هاپلیک کلسی‌سول[3] و هاپلیک کمبی-سول[4]جای دارند. لیکن در محدوده‌ی D گروه اصلی "کلسی‌سول" به دو بخش اندولپتیک هیپوکلسیک کلسی‌سول[5] و هیپوکلسیک کلسی‌سول[6] با فراوانی‌های نسبی یکسان ۳۳/۳ درصد تفکیک گردیده است. به علاوه، ۳۳/۳ درصد مابقی خاک‌های موجود در محدوده‌ی مزبور نیز به‌صورت اندولپتیک کمبی‌سول[7] معرفی شده است.

نتایج به‌دست آمده در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی و بر اساس کاربرد توأمان توصیف‌کننده-های پیشوندی و پسوندی، حاکی از آن است که خاک‌های محدوده‌ی B شامل سه خاک s، u و v با میزان فراوانی نسبی یکسان ۳۳/۳ درصد است؛ این در حالی است که خاک‌های تکامل یافته در محدوده‌ی C نیز شامل سه خاک x، y و z با همان میزان فراوانی، مشابه محدوده‌ی B می‌باشند (شکل ۴-۹-پ). نکته‌ی حائز اهمیت این است که بر اساس آخرین سطح رده‌بندی موجود در سامانه-

1 - Luvisols
2 - Calic Cutanic Luvisols
3 - Haplic Calcisols
4 - Haplic Cambisols
5 - Endoleptic Hypocalcic Calcisols
6 - Hypocalcic Calcisols
7 - Endoleptic Cambisols

ی طبقه‌بندی جهانی و کاربرد هم‌زمان توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی، خاک‌های محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ فاقد شباهت با یکدیگر می‌باشند؛ چرا که تفاوت‌های بسیار جزئی این خاک‌ها در ویژگی‌هایی چون میزان کربنات کلسیم معادل، بافت خاک و محدودیت عمقی ایجاد شده به‌وسیله‌ی لایه‌ی محدودکننده (جدول‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲)، باعث قرارگیری این خاک‌ها در گروه‌های مختلف گردیده است.

نظر به این‌که خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۲ و ۳ موجود در محدوده‌ی B، دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مشابه فراوانی از جمله نوع و ترتیب افق‌ها، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، ذرات درشت و غیره هستند، برخلاف وجود اندکی تفاوت در میزان کربنات کلسیم معادل و بافت خاک، با اندکی اغماض می‌توان این دو خاک‌رخ (فامیل‌های u و v) را مشابه در نظر گرفت (جدول ۴-۱۴). با توجه به تفاوت فاحش خاک‌رخ شماره‌ی ۱ با دو خاک‌رخ دیگر به دلیل وجود افق آرجیلیک و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، و قرارگیری آن در گروه مرجع "لووی‌سول"، محدوده‌ی B را می‌توان اجتماعی از دو فامیل s و u[1] مد نظر قرار داد.

از آن‌جایی‌که تفاوت میان خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱ و ۲ موجود در محدوده‌ی C ناچیز می‌باشد؛ به‌راحتی می‌توان این دو خاک‌رخ را مشابه در نظر گرفت. بنابراین نوع واحد نقشه‌ی مربوط به محدوده‌ی C، به‌صورت اجتماع خاک‌های x و y[2] قابل تعریف می‌باشد.

بنابراین ملاحظه می‌شود که در مقیاس مطالعاتی ۱:۵۵۰۰۰، علی‌رغم عدم شباهت خاک‌های دو محدوده‌ی مزبور در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی خاک‌ها (بر اساس توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی)، نوع واحد نقشه‌برداری آن‌ها با یکدیگر مشابه و به‌صورت اجتماع می‌باشد.

1 - s-u association
2 - x-y association

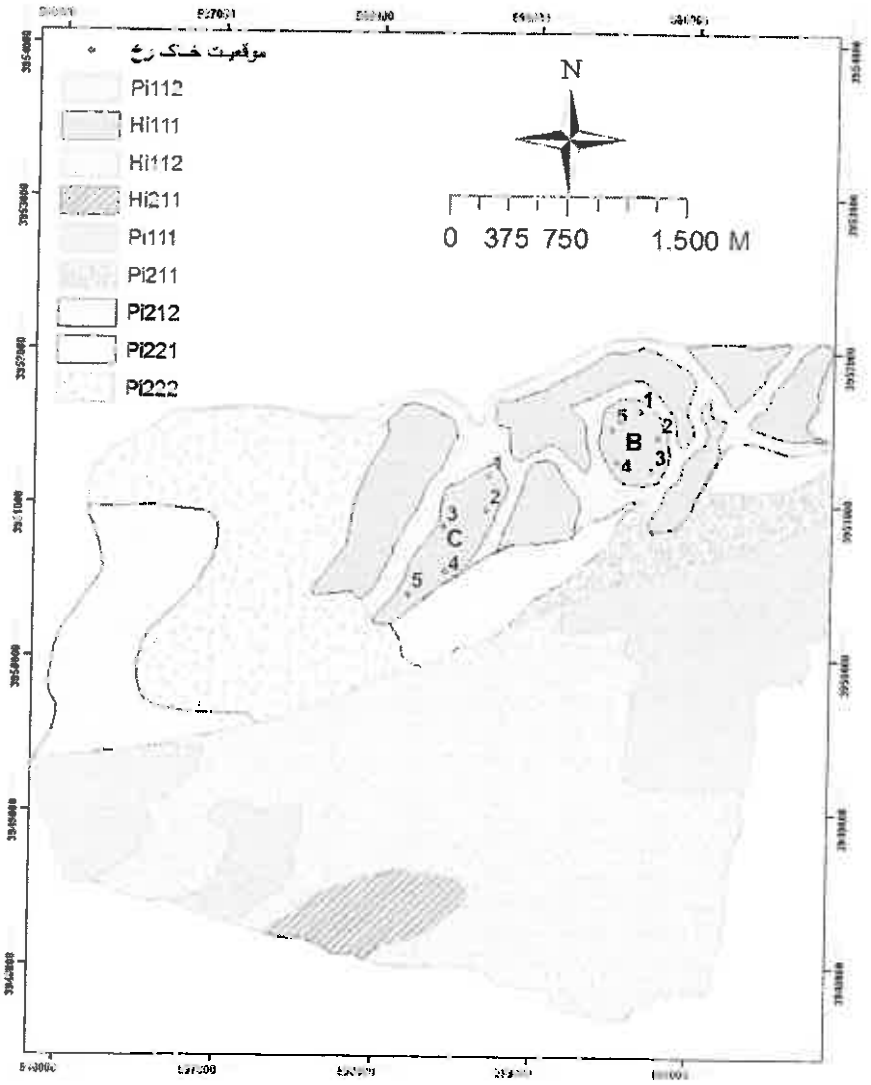
۴-۲-۷- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

با انتخاب مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ پس از ۱:۵۵۰۰۰، می‌توان تأثیر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی را به‌شکل قابل درک در اراضی تپه‌ماهوری بررسی نمود. بدین ترتیب همان‌گونه که در شکل (۴-۱۰) مشخص است، تپه‌ماهورهای موجود در محدوده‌های B و C هر یک دربر گیرنده‌ی پنج خاک‌رخ مشاهداتی می‌باشند. چراکه با بزرگ‌تر شدن مقیاس (دقیق‌تر گردیدن سطح مطالعات) از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰، تعداد خاک‌رخ‌های حفر گردیده در این دو محدوده نیز افزایش یافت.

جدول‌های (۴-۱۵) و (۴-۱۶) نیز نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک‌رخ‌ها را نشان می‌دهند. هم‌چنین، رده‌بندی خاک‌رخ‌های مزبور بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی تا سطح فامیل در جدول (۴-۱۷) آورده شده‌اند.

با توجه به اطلاعات جدول (۴-۱۷)، فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های B و C مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در شکل (۴-۱۱) آورده شده‌اند.

با مطالعه‌ی خاک‌های محدوده‌ی B در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ مشخص گردید که از پنج خاک‌رخ حفرشده در این محدوده، سه خاک‌رخ در رده‌ی "آلفی‌سول" و دو خاک‌رخ دیگر در رده‌ی "اینسپتی‌سول" با میزان فراوانی نسبی ۶۰ و ۴۰ درصد قرار دارند. در سطح زیررده، دو زیررده‌ی "زرآلف" و "زرپت" با همان فراوانی نسبی (مشابه با سطح رده) مشاهده گردید.



شکل ۴-۱۰: موقعیت محدوده‌های B و C از واحد نقشه‌ی Hi111 به همراه محل حفر خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در هر محدوده در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

جدول ۴-۱۵: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	شن	سیلت	رس	ذرات ۰/۱ تا ۲ میلی‌متر	ذرات ۲ تا ۷۵ میلی‌متر	بافت
				(٪)					
B	۱	A	۰-۱۲	۴۴	۴۴	۱۲	۳۲	۶۳	L
		Bt	۱۲-۵۶	۳۴	۳۳	۳۳	۱۹	۴۵	CL
		Btk	۵۶-۱۴۰	۴۱	۳۱	۲۸	۳۱	۶۶	L
	۲	A	۰-۱۰	۴۸	۴۲	۱۰	۳۷	۷۸	SL
		Bt	۱۰-۵۷	۴۱	۳۱	۲۷	۲۵	۷۸	L
		Cr	۵۷+	-	-	-	-	-	-
	۳	A	۰-۱۰	۴۷	۴۱	۱۲	۳۲	۶۰	SL
		Bt	۱۰-۳۵	۲۹	۴۱	۲۹	۱۹	۵۷	CL
		Bk	۳۵-۸۰	۳۲	۴۴	۲۳	۲۴	۶۳	L
		Cr	۸۰-۱۱۰	۴۸	۲۸	۲۴	۳۷	۷۱	SCL
	۴	A	۰-۱۲	۳۹	۴۲	۱۹	۲۱	۵۶	L
		Bw	۱۲-۲۷	۴۱	۴۲	۱۷	۲۰	۵۳	L
		Bk	۲۷-۸۵	۲۳	۴۱	۳۶	۹	۵۶	CL
		Cr	۸۵+	۲۳	۳۷	۴۰	۱۳	۶۵	C
	۵	A	۰-۱۰	۳۷	۴۸	۱۵	۲۱	۵۸	SiL
		Bw	۱۰-۲۳	۲۷	۵۲	۲۱	۱۶	۵۳	SL
		Bk	۲۳-۱۵۰	۲۹	۴۶	۲۵	۲۸	۵۷	L
		Cr	۱۵۰+	-	-	-	-	-	-
C	۱	Ap	۰-۸	۵۱	۳۲	۱۷	۳۸	۵۶	SL
		Bw	۸-۳۰	۳۷	۲۷	۳۵	۲۳	۵۶	CL
		Bk1	۳۰-۶۵	۲۹	۲۹	۴۲	۲۳	۶۰	C
		Bk2	۶۵-۱۲۰	۳۱	۳۳	۳۶	۲۳	۶۴	L
		Cr	۱۲۰+	۵۸	۲۸	۱۴	۵۴	۷۵	SL
	۲	A	۰-۱۰	۵۷	۲۷	۱۶	۴۷	۸۰	SL
		Bw	۱۰-۳۰	۳۸	۲۶	۳۶	۲۲	۶۰	CL
		Cr	۳۰-۸۰	۴۶	۲۰	۳۴	۳۵	۷۴	SCL
	۳	A	۰-۱۷	۴۹	۳۲	۱۹	۳۶	۵۷	SL
		Bk	۱۷-۴۳	۴۴	۲۷	۲۹	۲۹	۶۰	SCL
		Cr	۴۳-۸۰	۷۹	۱۱	۱۰	۷۱	۷۰	SL
	۴	A	۰-۸	۴۲	۲۲	۳۶	۱۴	۶۸	CL
		Bw	۸-۳۰	۳۳	۲۹	۳۸	۱۵	۶۰	CL
		Bk1	۳۰-۵۰	۳۰	۲۷	۴۳	۲۴	۷۰	C
		Bk2	۵۰-۸۰	۲۹	۲۵	۴۶	۲۰	۷۱	C
		Cr	۸۰-۱۱۷	۳۳	۲۹	۳۸	۲۰	۸۵	CL
	۵	A	۰-۱۰	۵۵	۳۴	۱۱	۳۶	۵۸	SL
		Bw	۱۰-۳۵	۴۵	۵۱	۴	۳۶	۵۸	SiL
		Cr	۳۵-۸۰	۷۹	۱۱	۱۰	۷۱	۷۰	LS
		R	۸۰+	-	-	-	-	-	-

جدول ۴-۱۶: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

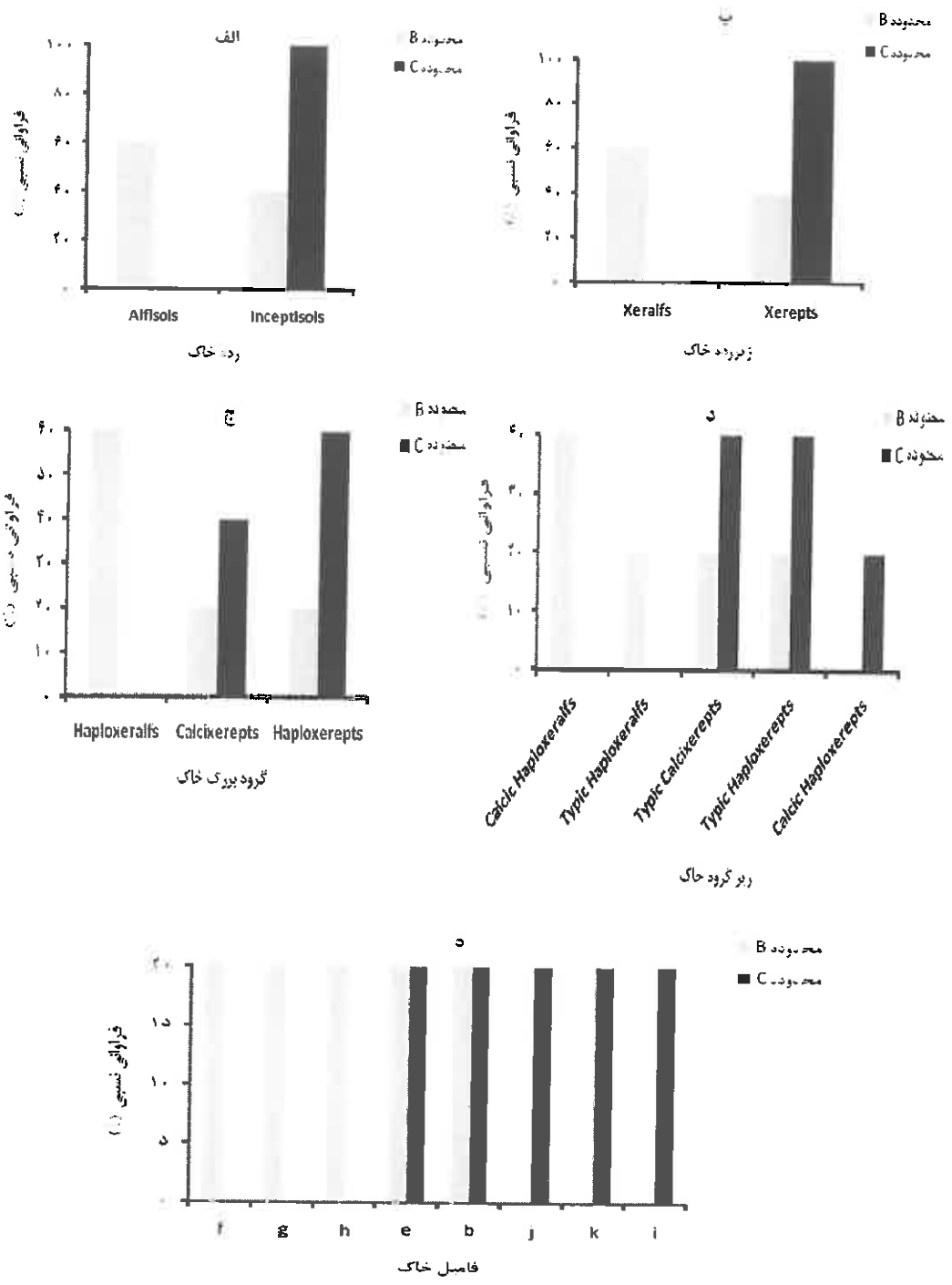
نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	افق	عمق (cm)	کربنات کلسیم معادل (٪)	مواد آلی (٪)	واکنش خاک	قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq\ 100g^{-1}$)
B	۱	A	۰-۱۲	۱	۱/۲۵	۷/۶	۱/۷	۱۱/۸
		Bt	۱۲-۵۶	۱	۱/۱۶	۷/۳	۳/۵	۱۸/۳
		Btk	۵۶-۱۴۰	۲۶	۰/۸۲	۷/۶	۳/۲	۱۵/۱
	۲	A	۰-۱۰	۶	۱/۶۴	۷/۲	۰/۴	۱۰/۲
		Bt	۱۰-۵۷	۳	۱/۰۱	۷/۱	۰/۲	۱۶/۱
		Cr	۵۷+	-	-	-	-	-
	۳	A	۰-۱۰	۳	۲/۲۱	۷/۳	۰/۴	۱۱/۶
		Bt	۱۰-۳۵	۶	۱/۵۱	۷/۵	۰/۵	۲۲/۸
		Bk	۳۵-۸۰	۴۰	۰/۶۳	۷/۶	۰/۴	۱۳/۹
		Cr	۸۰-۱۱۰	۲۲	۰/۷۲	۷/۶	۰/۴	۱۴/۶
	۴	A	۰-۱۲	۸	۱/۲۱	۷/۷	۰/۳	۱۳/۸
		Bw	۱۲-۲۷	۱۰	۱/۳۶	۷/۷	۰/۶	۱۳/۱
		Bk	۲۷-۸۵	۲۵	۰/۸۸	۷/۷	۰/۵	۲۱/۳
		Cr	۸۵+	۳۱	۰/۸۷	۷/۶	۰/۳	۲۵/۱
	۵	A	۰-۱۰	۱۲	۱/۳۶	۷/۶	۰/۵	۱۱/۸
		Bw	۱۰-۲۳	۱۱	۰/۷۵	۷/۷	۰/۵	۱۴/۸
		Bk	۲۳-۱۵۰	۱۳	۰/۵۷	۷/۷	۰/۳	۱۶/۱
		Cr	۱۵۰+	-		-	-	-
C	۱	Ap	۰-۸	۳۸	۲/۰۲	۷/۵	۱/۴	۱۴/۵
		Bw	۸-۳۰	۸	۰/۸۱	۷/۶	۱/۰	۲۲/۱
		Bk1	۳۰-۶۵	۱۱	۱/۲۷	۷/۶	۱/۱	۲۶/۷
		Bk2	۶۵-۱۲۰	۸	۰/۸۸	۷/۴	۳/۱	۲۰/۴
		Cr	۱۲۰+	۱۶	۰/۱۴	۷/۵	۲/۸	۷/۱
	۲	A	۰-۱۰	۹	۱/۸۶	۷/۶	۱/۴	۱۳/۵
		Bw	۱۰-۳۰	۱۳	۰/۴۸	۷/۴	۳/۳	۲۱/۵
		Cr	۳۰-۸۰	۲۰	۱/۰۳	۷/۶	۳/۳	۱۸/۳
	۳	A	۰-۱۷	۷	۱/۱۴	۷/۶	۲/۷	۱۴/۹
		Bk	۱۷-۴۳	۲۵	۰/۷	۷/۷	۱/۱	۱۶/۲
		Cr	۴۳-۸۰	۲۱	۱/۷	۷/۶	۱/۲	۸/۱
	۴	Ap	۰-۸	۱۶	۱/۰۷	۷/۵	۲/۶	۲۰/۶
		Bw	۸-۳۰	۱۶	۰/۵۱	۷/۷	۰/۸۱	۲۳/۷
		Bk1	۳۰-۵۰	۱۸	۰/۰۱	۷/۵	۳/۱	۲۴/۸
		Bk2	۵۰-۸۰	۱۹	۰/۸۲	۷/۵	۲/۷	۲۲/۴
		Cr	۸۰-۱۱۷	۱۷	۰/۶۷	۷/۵	۳/۱	۱۹/۵
	۵	A	۰-۱۰	۴	۲/۳۱	۷/۴	۱/۳	۱۱/۹
		Bw	۱۰-۳۵	۱۴	۲/۲۱	۷/۵	۰/۷	۱۰/۱
		Cr	۳۵-۸۰	۲۱	۱/۰۷	۷/۶	۱/۲	۸/۱

جدول ۴-۱۷: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفر شده در محدوده‌های B و C بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	فامیل خاک	علامت*
B	۱	Loamy-Skeletal, Mixed, Active, Mesic Calcic Haploxeralfs	f
	۲	Loamy-Skeletal, Mixed, Active, Mesic Typic Haploxeralfs	g
	۳	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Calcic Haploxeralfs	h
	۴	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Calcixerepts	e
	۵	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b
C	۱	Clayey-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Calcic Haploxerepts	j
	۲	Loamy-Skeletal, Mixed, Active, Mesic Typic Haploxerepts	k
	۳	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Calcixerepts	e
	۴	Clayey-Skeletal, Mixed, Active, Mesic Typic Calcixerepts	i
	۵	Loamy-Skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	b

در سطح سوم سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی گروه‌های بزرگ "هاپلوزرآلف"،"کلسی‌زرپت" و "هاپلوزرپت"، به ترتیب با فراوانی‌های نسبی ۶۰، ۲۰ و ۲۰ درصد در محدوده‌ی مزبور مشخص گردیدند. به‌علاوه، تپه-ماهورهای موجود در محدوده‌ی B را می‌توان در چهار زیرگروه "کلسیک هاپلوزرآلف"، "تیپیک هاپلوزرآلف"، "تیپیک کلسی‌زرپت" و "تیپیک هاپلوزرپت" و با فراوانی‌های نسبی (به ترتیب) ۴۰، ۲۰، ۲۰ و ۲۰ درصد معرفی نمود.

از طرف دیگر، با بررسی خاک‌های تکامل یافته در محدوده‌ی C و در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، مشاهده گردید که تمامی این خاک‌ها در رده‌ی "اینسپتی‌سول" و زیررده‌ی "زرپت" قرار دارند. به علاوه، خاک‌های محدوده‌ی فوق شامل دو گروه‌بزرگ "هاپلوزرپت" و "کلسی‌زرپت" با فراوانی نسبی ۶۰ و ۴۰ درصد می-باشند. در سطح پائین‌تر، سه زیرگروه "تیپیک کلسی‌زرپت"، "تیپیک هاپلوزرپت" و "کلسیک هاپلوزرپت" با فراوانی‌های نسبی (به ترتیب) ۴۰، ۴۰ و ۲۰ درصد مشخص گردید.



شکل ۴-۱۱: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای محدوده‌های B و C
(در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)

میزان شباهت میان خاک‌های دو محدوده‌ی B و C تا سطح زیرگروه بر اساس سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ حائز اهمیت می‌باشد. بدین ترتیب که در سطوح رده و زیررده، این میزان شباهت در حدود ۴۰ درصد می‌باشد که تنها مربوط به رده‌ی "اینسپتی‌سول" و زیررده‌ی "زرپت" می‌باشد (شکل ۴-۱۱-الف و ب). در مورد سطوح سوم و چهارم سامانه‌ی رده‌بندی مزبور، وجه اشتراک این دو محدوده، مربوط به گروه‌های بزرگ "هاپلوزرپت" و "کلسی‌زرپت" و به میزان ۲۰ درصد می‌باشد. لازم به توضیح است که ۲۰ درصد از خاک‌های محدوده‌ی B و ۴۰ درصد از خاک‌های محدوده‌ی C با یکدیگر شبیه و در زیرگروه‌های "تیپیک کلسی‌زرپت" و "تیپیک هاپلوزرپت" قرار دارند (شکل ۴-۱۱-پ و ت).

با بررسی نتایج رده‌بندی خاک‌رخ‌ها تا سطح فامیل در محدوده‌ی B، مشخص گردید که این خاک‌ها در پنج فامیل مختلف به نام‌های f، g، h، e و b با میزان فراوانی یکسان ۲۰ درصد قرار دارند. این موضوع نشان از تنوع خاک‌های محدوده‌ی B در سطح فامیل دارد. هم‌چنین بر اساس شکل (۴-۱۱-ث) خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌ی C، شامل پنج فامیل مختلف به‌صورت j، k، e، i و b می‌باشند که هر فامیل حدود ۲۰ درصد از سطح محدوده‌ی مزبور را پوشش می‌دهد.

با نگاه موشکافانه‌تر به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (جدول‌های ۴-۱۵ و ۴-۱۶) و هم‌چنین رده-بندی پنج فامیل موجود در محدوده‌ی B (جدول ۴-۱۷) و مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر مشخص می-گردد که خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱و ۳ بجز تفاوت جزئی که مربوط به کلاس فعالیت تبادل کاتیونی است، کاملاً با یکدیگر مشابه هستند. از طرفی، خاک‌رخ شماره‌ی ۲ (فامیل g) نیز با دو خاک‌رخ فوق (فامیل f و h) شبیه می‌باشد، چراکه بجز اندک تفاوتی که در میزان کربنات کلسیم معادل و وجود افق کلسیک (Calcic) دارند، کاملاً با یکدیگر منطبق هستند. از این رو می‌توان خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱، ۲ و ۳ را مشابه درنظر گرفت. از آن‌جایی‌که تنها تفاوت دو خاک‌رخ ۴ و ۵ در این محدوده نیز تنها مربوط به بالاتر بودن میزان کربنات کلسیم معادل در خاک‌رخ شماره‌ی ۴ نسبت به ۵ است، این دو خاک‌رخ (فامیل‌های e و b) را نیز می‌توان مشابه قلمداد نمود. بنابراین علاوه بر وجود شباهت‌های مذکور و به

دلیل وجود الگوی پراکنش مناسب که امکان جداسازی این دو گروه خاک‌رخ‌ها با یکدیگر وجود دارد؛ می‌توان واحد نقشه‌ی B را اجتماعی از دو فامیل f و e[1] معرفی نمود.

در محدوده‌ی C، خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۲ و ۵ مشابه به‌نظر می‌آیند؛ چراکه تنها تفاوت آنها مربوط به "کلاس فعالیت تبادل کاتیونی" می‌باشد. از طرفی، خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱ و ۴ را نیز می‌توان با همدیگر مشابه دانست، چراکه تفاوت آن‌ها مربوط به کلاس فعالیت تبادل کاتیونی است. به‌علاوه، باید توجه داشت که علی‌رغم وجود نماد Bk در خاک‌رخ شماره‌ی ۱ از این محدوده، عدم کفایت شرط کربنات کلسیم معادل باعث شده است که این خاک، فاقد افق کلسیک باشد. با این حال، می‌توان این دو خاک را مشابه تلقی نمود. خاک ۳ را هم می‌توان به‌عنوان ناخالصی غیرمحدودکننده تلقی نمود. با توجه به این توضیحات، نوع واحد مربوط به محدوده‌ی C را می‌توان اجتماعی از دو فامیل i و b[2] دانست.

نکته‌ی حائز اهمیت این‌که با تغییر مقیاس مطالعاتی از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰، با افزایش تنوع خاک-های مشاهده شده در دو محدوده‌ی مزبور، از میزان شباهت میان آن‌ها در هر پنج سطح سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی کاسته شد؛ لیکن نوع واحد نقشه‌ی مربوط به محدوده‌های مذکور، بدون تغییر و به‌صورت اجتماع باقی ماند.

۴-۲-۸- مقایسه‌ی محدوده‌های B و C (از واحد Hi111) بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک جهانی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

جدول (۴-۱۸) در برگیرنده‌ی رده‌بندی خاک‌های تکامل‌یافته در محدوده‌های B و C، بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) می‌باشد. هم‌چنین، شکل (۴-۱۲) فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف مربوط به سامانه‌ی مزبور را برای هر یک از این دو محدوده نشان می‌دهد.

1 - f-e association
2 - i-b association

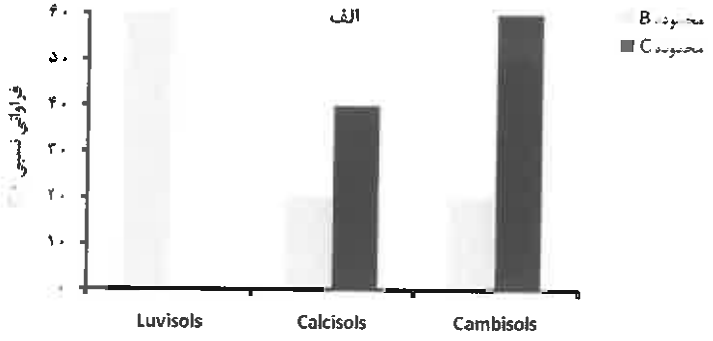
جدول۴-۱۸: رده‌بندی خاک‌رخ‌های حفرشده در محدوده‌های B و C بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷) در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	طبقه‌بندی جهانی خاک	علامت*
B	۱	Calcic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)	s
	۲	Endoleptic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)	t
	۳	Calcic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)	s
	۴	Haplic Calcisols (Skeletic, Endoclayic)	u
	۵	Haplic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic)	v
C	۱	Haplic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic)	v
	۲	Endoleptic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	w
	۳	Endoleptic Hypocalcic Calcisols (Skeletic)	x
	۴	Hypocalcic Calcisols (Skeletic, Clayic)	y
	۵	Endoleptic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic, Siltic)	z

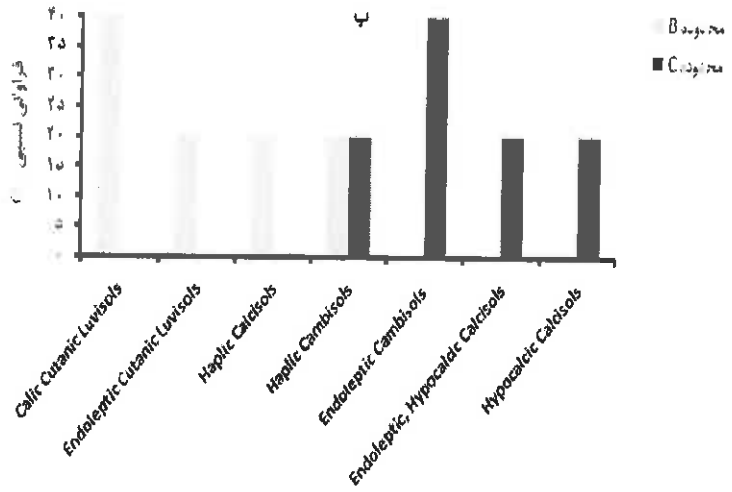
* به‌منظور سهولت ترسیم نمودارها در شکل (۴-۱۲- ج)، هر خاک با یک حرف انگلیسی نمایش داده شده است.

بر اساس مطالب جدول (۴-۱۸) و شکل (۴-۱۲-الف) مشخص می‌گردد که پنج خاک‌رخ حفرشده در تپه‌ماهورهای موجود در محدوده‌ی B و بر اساس سطح اول سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در سه گروه "لووی‌سول"، "کلسی‌سول" و "کمبی‌سول" قرار دارند. گروه اصلی لووی‌سول با فراوانی نسبی ۶۰ درصد بیشترین سطح از خاک‌های محدوده‌ی B را تحت پوشش قرار داده است. دو گروه اصلی دیگر هر یک با فراوانی نسبی ۲۰ درصد در مرتبه‌ی بعد جای دارند.

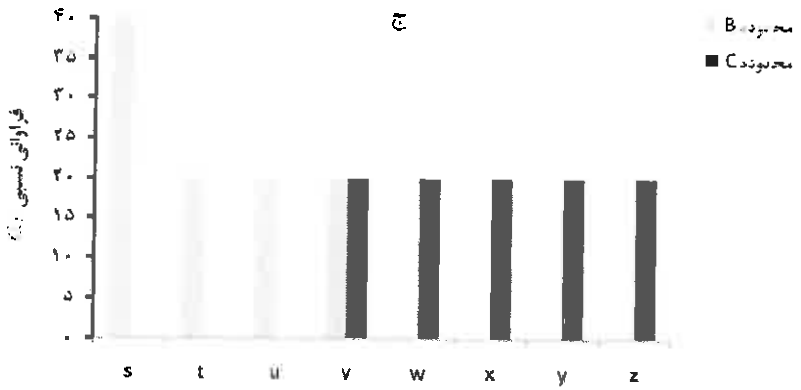
مطابق شکل (۴-۱۲-ب) چهار نوع خاک در سطح دوم سامانه‌ی جهانی (توصیف‌کننده‌های پیشوندی)، در محدوده‌ی B تشخیص داده شد که خاک‌های موجود در گروه "کلسیک کوتانیک لووی‌سول" با فراوانی نسبی ۴۰ درصد در جایگاه بالاتری نسبت به سه گروه دیگر قرار دارند. سه نوع دیگر خاک‌های موجود در سطح توصیف‌کننده‌های پیشوندی، با نام‌های" اندولپتیک کوتانیک لووی‌سول" "هاپلیک کلسی‌سول و "هاپلیک کمبی‌سول" هر یک با فراوانی ۲۰ درصد در محدوده‌ی فوق قرار دارند.



گروه های اصلی خاک (*RSG*)



توصیف کننده های پسوندی (*Prefix qualifiers*)



توصیف کننده های پسوندی و پسوندی (*Prefix and Suffix qualifiers*)

شکل ۴-۱۲: فراوانی نسبی خاک‌ها در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای محدوده‌های B و C (در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)

در سطح دوم سامانه‌ی مزبور و با در نظر گرفتن هر دو توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی، چهار نوع خاک مشاهده گردید که با حروف s، t، u و v در شکل (۴-۱۲-پ) مشخص شده است. از این میان، خاک "s" با داشتن ۴۰ درصد فراوانی، بیشترین سطح از محدوده‌ی B را به خود اختصاص داده است و سه نوع خاک دیگر، دارای فراوانی یکسان ۲۰ درصد می‌باشند.

همان‌گونه که از شکل (۴-۱۲-الف) برمی‌آید، در اولین سطح از سامانه‌ی رده‌بندی جهانی، خاک‌های محدوده‌ی C شامل دو گروه اصلی "کمبی‌سول" و "کلسی‌سول" به ترتیب با فراوانی نسبی ۶۰ و ۴۰ درصد می‌باشند که در این سطح، دارای تنوع خاکی کمتری نسبت به محدوده‌ی B می‌باشد. محدوده-ی مزبور در سطح دوم شامل چهار گروه از توصیف‌کننده‌های پیشوندی می‌باشد که خاک "اندولپتیک کمبی‌سول" با فراوانی ۴۰ درصد بیشترین مساحت از این محدوده را پوشانده است؛ ولیکن سه خاک دیگر هر یک با میزان فراوانی ۲۰ درصد در یک سطح از اولویت قرار دارند. بر اساس سامانه‌ی طبقه-بندی جهانی و با در نظر گرفتن هر دو توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی، پنج نوع خاک در این محدوده مشاهده گردید که با حروف v، w، x، y و z در شکل (۴-۱۲-پ) مشخص شده‌اند. هر پنج خاک موجود دارای فراوانی نسبی یکسان ۲۰ درصد می‌باشند.

علی‌رغم وجود تنوع بیشتر خاک‌های محدوده‌ی B در سطح اول طبقه‌بندی جهانی، محدوده‌ی C در سطح دوم و بر اساس توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی، از تنوع بالاتری نسبت به محدوده‌ی B برخوردار است.

شباهت میان خاک‌های محدوده‌های B و C در گروه‌های اصلی مربوط به دو گروه "کلسی‌سول" و "کمبی‌سول" هر یک به میزان ۲۰ درصد می‌باشد. این میزان شباهت در مورد توصیف‌کننده‌های پیشوندی مربوط به وجود خاک "هاپلیک کمبی‌سول" و به میزان ۲۰ درصد در این دو منطقه می-باشد. ناگفته نماند که وجه اشتراک میان خاک‌های دو محدوده‌ی مزبور در سطح توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی بر اساس نمودار شکل (۴-۱۲-پ)، تنها ۲۰ درصد می‌باشد که مربوط به خاک "d" می‌باشد. به دیگر سخن، نمودار توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی در سامانه‌ی طبقه‌بندی

جهانی حاکی از انطباق کامل آن با نمودار توصیف‌کننده‌های پیشوندی دارد، چراکه شباهت این دو منطقه در این‌جا نیز مربوط به خاک "d" است. به علاوه خاک‌های دیگر نیز با همان تعداد و فراوانی-های یکسان تکرار شده‌اند.

مقایسه‌ی رده‌بندی خاک‌های فوق بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی و در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ نشان می‌دهد که شباهت‌های ایجاد شده در سطوح دوم و سوم این سامانه در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ هرگز در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰۰ مشاهده نگردید. بدین معنا که بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی خاک‌ها، مقیاس مطالعاتی ۱:۴۰۰۰۰ شباهت بیشتری میان خاک‌های محدوده‌های B و C در مقایسه با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ را به ارمغان آورده است.

نظر به اینکه خاک‌رخ‌های ۴ و ۵ موجود در محدوده‌ی B، علی‌رغم اینکه دارای گروه‌های اصلی متفاوتی می‌باشند؛ به عنوان دو خاک مشابه تلقی می‌شوند و نیز با توجه به اینکه خاک‌رخ شماره‌ی ۲ را می‌توان به‌عنوان ناخالصی غیرمحدودکننده برای این واحد مد نظر قرار داد؛ بنابراین نوع واحد نقشه-ی B را می‌توان به‌صورت اجتماعی از دو واحد s و u[1] معرفی نمود.

در محدوده‌ی C، خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱ و ۴ را می‌توان مشابه دانست. از طرفی، خاک‌رخ‌های شماره-ی ۲ و ۵ نیز مشابه می‌باشند. بنابراین، با توجه به اینکه خاک‌رخ شماره‌ی ۳ را می‌توان به‌عنوان ناخالصی غیرمحدودکننده مد نظر قرار داد؛ نوع واحد C را می‌توان اجتماعی از خاک‌های y و z[2] معرفی کرد.

به‌طور کلی، با تغییر مقیاس مطالعاتی از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰، و بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی، در نوع واحد نقشه‌ی خاک موجود در این دو محدوده هیچ‌گونه تغییری حاصل نگردیده و کماکان به‌صورت اجتماع باقی مانده است. به علاوه، همان‌گونه که از مقایسه‌ی نمودارهای شکل‌های (۴-۹) و (۴-۱۲) نیز مشخص است، با بزرگ‌تر شدن مقیاس از ۱:۵۵۰۰۰ به ۱:۴۰۰۰۰ تنوع خاک-های موجود در محدوده‌های مزبور افزایش یافته است.

---

1 - s-u association
2 - y-z association

۴-۳- بررسی کارایی دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و جهانی در ارتباط با طبقه‌بندی خاک‌های موجود در پیدمونت‌های محدوده‌های A و D و تپه‌ماهورهای محدوده‌های B و C در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

هر چند در هر دو سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی، از معیارهای متکی به ذات خاک (خصوصیات ژنتیکی و ریختی خاک) برای نام‌گذاری و ساختاربندی ویژگی‌های خاک استفاده شده است (گراسیموف[1]، ۲۰۱۰)؛ اما میزان همبستگی این سامانه‌ها با یکدیگر و تلاش برای همسان-سازی آن‌ها، همواره یکی از دغدغه‌های خاک‌شناسان بوده است (اسفندیارپور و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین، طبقه‌بندی خاک‌های موجود بر روی محدوده‌های A و D بر اساس دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (تا سطح زیرگروه) و طبقه‌بندی جهانی مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۴-۱۹) آورده شده است. گروه‌های اصلی خاک و رده‌های خاک در دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و جهانی به نوعی بر یکدیگر منطبق بوده و توصیفاتی هم‌سو را پیرامون ویژگی‌های خاک مطرح می-کنند. از آن‌جایی‌که رکا و پازوس[2] (۲۰۰۲) نیز با بررسی میزان هم‌خوانی بین دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی برای خاک‌های آرژانتین نتیجه گرفتند که همبستگی خوبی بین اسامی خاک در سطح زیرگروه سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی با واحدهای خاک تعریف شده در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی وجود دارد، در این‌جا نیز سعی بر آن شد که معرفی خاک‌ها بر اساس این سطوح از سامانه‌های مزبور مورد بررسی قرار گیرند.

[1] - Gerasimova
[2] - Roca and Pazos

جدول ۴-۱۹: طبقه‌بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در مناطق A و D بر اساس دو سامانه‌ی مختلف در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰)	طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷)
A	۱	Typic Xerofluvents	Haplic Fluvisols (Calcaric, Skeletic)
	۲	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)
	۳	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)
	۴	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)
	۵	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Eutric, Skeletic)
	۶	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)
	۷	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)
	۸	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic, Siltic)
D	۱	Typic Haploxerepts	Fluvic Endoleptic Cambisols (Calcaric)
	۲	Typic Haploxerepts	Fluvic Cambisols (Calcaric, Siltic)
	۳	Typic Haploxerepts	Fluvic Endoleptic Cambisols (Calcaric)
	۴	Typic Calcixerepts	Hypocalcic Calcisols (Skeletic)

با در نظر گرفتن توصیف‌کننده‌های پسوندی در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای خاک‌رخ اول محدوده‌ی A در می‌یابیم که علاوه بر اشاره به وجود مقادیر بالای ذرات درشت خاک (پسوند اسکلتیک)، وجود مقادیری از کربنات کلسیم معادل در این خاک‌رخ را نیز متذکر می‌گردد؛ ولیکن در سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی هیچ اشاره‌ای به آن‌ها نشده است. بر همین اساس می‌توان عنوان نمود که خصوصیات بیشتری از خاک‌رخ در نامگذاری آن توسط سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی مد نظر قرار گرفته شده است.

در مورد خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۲ تا ۸ واقع در پیدمونت‌های محدوده‌ی A بایستی توجه داشت که بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی و در سطح دوم آن (توصیف‌کننده‌های پیشوندی)، نه تنها وجود افق "کمبیک" را در مورد تمامی این خاک‌ها آشکار می‌سازد، بلکه لایه‌لایه‌ای بودن این خاک‌رخ‌ها را به‌واسطه‌ی وجود شرایط آبرفتی در منطقه به‌وسیله‌ی پیشوند فلوویک[1] بیان می‌نماید. این در حالی است که سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی، فاقد این توانایی بوده است. همچنین، با توجه به صفات پسوندی

1 - Fluvic

مورد استفاده برای این خاک‌ها می‌توان درک نمود که سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی حقایق بیشتری را از واقعیت صحرا در اختیار قرار داده است.

محققین بسیاری در مطالعات خود به جنبه‌های مختلف برتری سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی نسبت به آمریکایی اشاره نموده‌اند (اسفندیارپور و همکاران، ۱۳۹۰).

با مقایسه‌ی دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و جهانی در معرفی خاک‌رخ‌های موجود در پیدمونت‌های محدوده‌ی D مشخص می‌گردد که حضور تنها افق کمبیک در خاک‌رخ اول تا سوم این محدوده (جدول ۴-۱۹)، نام "تیپیک هاپلوزرپت" را برای این خاک‌ها در سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی به ارمغان آورده است. طبقه‌بندی جهانی نیز به این مسئله به درستی اشاره نموده است و نام "کمبی-سول" را برای آن‌ها برگزیده است؛ لیکن سامانه‌ی اخیر کماکان برتری نسبی خود را حفظ کرده است؛ چراکه توجه به تجمع کربنات‌ها در ۱۰۰ سانتی‌متری سطح این خاک‌ها و لایه لایه بودن آن‌ها با توجه به پسوند "کلکاریک" و پیشوند "فلوویک" به خوبی نمایان است. هم‌چنین، وجود محدودیت عمقی به واسطه‌ی حضور لایه‌ی محدودکننده‌ی سنگی در فاصله‌ی ۱۰۰ سانتی‌متری خاک، از طریق بیان پیشوند "اندولپتیک" در خاک‌رخ‌های اول و سوم به خوبی قابل درک می‌باشد. دکرز[1] و همکاران (۲۰۰۳) توجه به عمق قرارگیری برخی از عوارض و خصوصیات خاک در سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی را با استفاده از مشخص‌کننده‌هایی نظیر اپی[2] و اندو[3]، از محاسن این سامانه در بیان هرچه بهتر تفسیرهای مدیریتی خاک برشمرده‌اند. در مورد خاک‌رخ چهارم موجود در محدوده‌ی D نیز استفاده از پیشوند "هایپوکلسیک" که به وجود افق کلسیک با میزان ۲۵ درصد یا کمتر کربنات کلسیم معادل در بخش ریز خاک[4]، در ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک اشاره دارد؛ گویای نگاه کامل‌تر سامانه‌ی جهانی نسبت به رده‌بندی آمریکایی به این خاک می‌باشد. رده‌بندی پنج خاک‌رخ حفرشده در اراضی تپه-

---

1 -Deckers
2 - Epi
3 - Endo
4 - Fine earth

ماهوری موجود در هر کدام از محدوده‌های B و C بر اساس هر دو سامانه‌ی طبقه‌بندی آمریکایی و جهانی در جدول (۴-۲۰) آورده شده است.

جدول ۴-۲۰: طبقه‌بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در مناطق B و C بر اساس دو سامانه‌ی مختلف در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰

نام محدوده	شماره‌ی خاک‌رخ	رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰)	طبقه‌بندی جهانی (۲۰۰۷)
B	۱	Calcic Haploxeralfs	Calcic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)
	۲	Typic Haploxeralfs	Endoleptic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)
	۳	Calcic Haploxeralfs	Calcic Cutanic Luvisols (Profondic, Skeletic)
	۴	Typic Calcixerepts	Haplic Calcisols (Skeletic, Endoclayic)
	۵	Typic Haploxerepts	Haplic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic)
C	۱	Calcic Haploxerepts	Haplic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic)
	۲	Typic Haploxerepts	Endoleptic Cambisols (Calcaric, Skeletic)
	۳	Typic Calcixerepts	Endoleptic Hypocalcic Calcisols (Skeletic)
	۴	Typic Calcixerepts	Hypocalcic Calcisols (Skeletic, Clayic)
	۵	Typic Haploxerepts	Endoleptic Cambisols (Calcaric, Pisocalcic, Skeletic, Siltic)

رده‌بندی خاک‌رخ‌های شماره‌ی یک و سه در محدوده‌ی B و بر طبق سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی گویای وجود افق‌های آرجیلیک[1] و کلسیک در خاک است؛ لیکن طبقه‌بندی جهانی علاوه بر اشاره به این افق‌ها، با توجه به پیشوند کوتانیک[2]، وجود پوشش رسی در بعضی از قسمت‌های افق آرجیلیک را گزارش می‌دهد. هم‌چنین پسوند پروفوندیک[3]، به افق آرجیلیکی اشاره دارد که میزان کاهش رس در قسمت‌های مختلف آن، کمتر از ۲۰ درصد نسبت به حداکثر مقدار رس موجود در فاصله‌ی ۱۵۰ سانتی‌متری خاک است. چنین موضوعاتی برای خاک‌رخ دوم منطقه‌ی B نیز صدق می‌کند. افزون بر این موضوع، پیشوند "اندولپتیک" موجود در طبقه‌بندی جهانی خاک‌رخ اخیر، بر محدودیت عمقی به‌وسیله‌ی لایه‌ی سنگی دلالت دارد که در سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی اشاره‌ای به آن نشده است.

1 - Argillic
2 - Cutanic
3 - Profondic

همچنین، وجود پسوندهای "کلکاریک" و پیزوکلسیک[1] برای برخی از خاک‌های موجود در محدوده-های B و C (مانند خاک‌رخ شماره‌ی ۵ محدوده‌ی B، خاک‌رخ‌های شماره‌ی ۱ و ۵ محدوده‌ی C)، گویای دقت بیشتر این سامانه در معرفی خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه از لحاظ وجود مواد آهکی در فاصله‌ی ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متری سطح خاک‌ها و یا تجمع کربنات‌های ثانویه در فاصله‌ی ۱۰۰ سانتی‌متری خاک است.

نکته‌ی قابل توجه در تمامی خاک‌رخ‌های محدوده‌های B و C، وجود پسوند اسکلتیک[2] در طبقه‌بندی جهانی این خاک‌ها به معنی وجود مقدار زیاد (بزرگ‌تر یا مساوی ۴۰ درصد) ذرات درشت در فاصله‌ی ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک است که چنین موضوعی در رده‌بندی آمریکایی، هرگز تا سطح زیرگروه مد نظر قرار نگرفته است.

به‌طور کلی، پژوهش‌های قابل توجهی توسط اسواران و همکاران[3] (۲۰۰۲)، دکرز و همکاران (۲۰۰۳) و سکو[4] و همکاران (۲۰۰۸) در خارج از ایران و تومانیان و همکاران (۲۰۰۳)، حسینی‌فرد (۱۳۸۸)، نورایی (۱۳۸۸) و اسفندیارپور و همکاران (۱۳۹۰) در ایران صورت گرفته‌اند که همگی به کارایی بیشتر سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در مقایسه با سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی اذعان داشته‌اند.

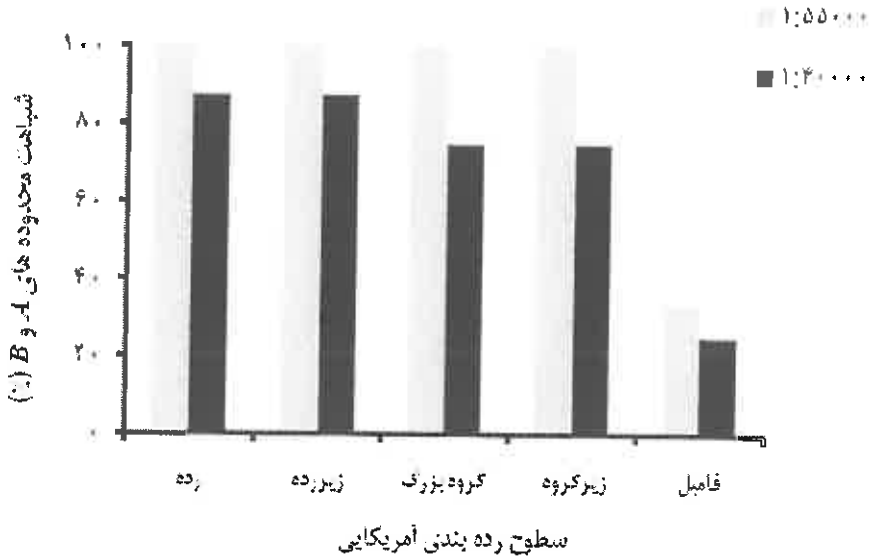
۴-۴- برآورد درصد شباهت نسبی میان خاک‌های موجود در پیدمونت‌های محدوده‌های A و D و تپه‌ماهورهای محدوده‌های B و C در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰، بر اساس سامانه‌های طبقه‌بندی آمریکایی و جهانی خاک‌ها

پرسش موجود در این ارتباط، آن است که از میان دو مقیاس نیمه‌تفصیلی ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۵۵۰۰۰، کدام‌یک میزان شباهت بالاتری از خاک‌های دو منطقه را ارایه داده است؟ و هر یک از دو سامانه‌ی

1 - Pisocalcic
2 - Skeletic
3 - Eswaran
4 - Secu

رده‌بندی جهانی و آمریکایی در برآورد میزان شباهت میان خاک‌های محدوده‌های مشابه به چه صورت عمل کرده است؟

برای پاسخ‌گویی به این سؤالات، پس از بررسی رده‌بندی خاک‌های این مناطق براساس سامانه‌های طبقه‌بندی آمریکایی و جهانی در دو مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۵۵۰۰۰، نتایج شباهت‌های میان محدوده‌های A و D در شکل (۴-۱۳) آورده شده است.



شکل ۴-۱۳: شباهت نسبی رده‌بندی خاک بین محدوده‌های A و D در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی

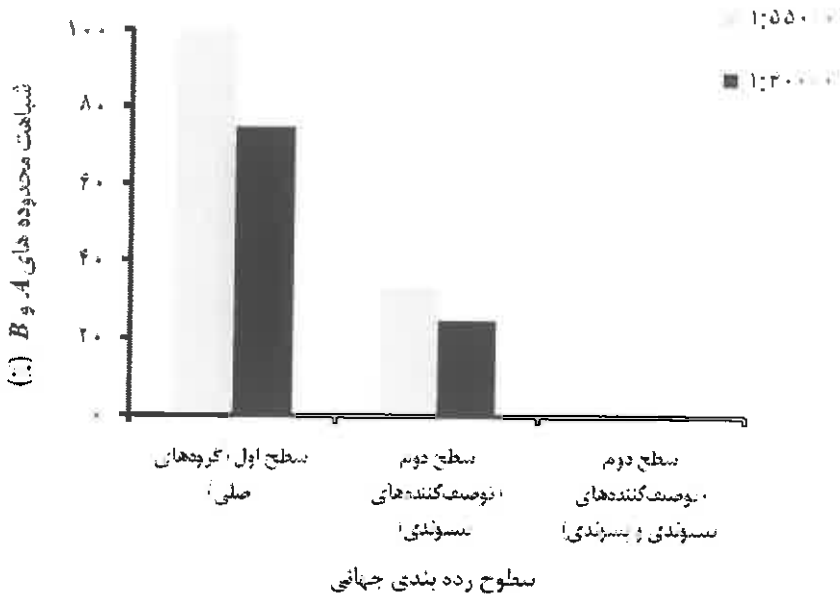
همان‌گونه که در شکل (۴-۱۳) و در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ مشاهده می‌گردد، خاک‌های اراضی پیدمونت محدوده‌های D و A درسطوح رده، زیررده، گروه‌بزرگ و زیرگروه، کاملاً بر یکدیگر منطبق می‌باشند. به دیگر سخن، میزان شباهت این محدوده‌ها تا سطح زیرگروه، برابر با ۱۰۰ درصد است. اما میزان شباهت میان این مناطق درسطح فامیل به نحو چشم‌گیری کاهش یافته است و به ۳۳/۳ درصد رسیده است. چراکه فامیل خاک پنجمین سطح از سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی می‌باشد و بدیهی است که سطوح پایین‌تر رده‌بندی آمریکایی نسبت به سطوح بالاتر آن، جزئیات بیشتری از ویژگی‌های خاک را

مدنظر قرار می‌دهند و طبیعت تغییرپذیر و پیچیده‌ی خاک را آشکارتر می‌سازند. چنین موضوعی باعث کاهش میزان شباهت میان فامیل‌های خاک موجود در این دو منطقه گردیده است.

آن‌چنان‌که نمودار شکل (۴-۱۳) نمایش می‌دهد، درصد شباهت موجود میان خاک‌های دو محدوده‌ی D و A در تمامی سطوح رده‌بندی آمریکایی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نسبت به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ کاهش یافته‌است. به دیگر سخن، کاهش ۱۲/۵ درصدی در سطوح رده و زیررده، این میزان شباهت را از ۱۰۰ به ۸۷/۵ درصد رسانده است. به‌علاوه در حدود ۲۵ درصد کاهش در سطوح گروه‌بزرگ و زیرگروه اتفاق افتاده است و میزان شباهت را از ۱۰۰ به ۷۵ درصد رسانده است. در سطح فامیل نیز میزان شباهت از ۳۳/۳ به ۲۵ درصد تقلیل یافته است.

نکته‌ی قابل تأمل اینکه با تغییر مقیاس، بیشترین کاهش شباهت در سطوح گروه‌بزرگ و زیرگروه رخ داده است. البته در این دو منطقه، کمترین میزان شباهت در سطح فامیل و در حدود ۲۵ درصد می‌باشد که در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ اتفاق افتاده است.

سامانه‌ی دیگری که بر اساس آن درصد شباهت خاک‌های موجود در پیدمونت‌های محدوده‌های A و D در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت، سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی می‌باشد که نتایج آن در شکل (۴-۱۴) به نمایش درآمده است.



شکل ۴-۱۴: شباهت نسبی رده‌بندی خاک بین محدوده‌های A و D در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی

در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ درصد شباهت میان خاک‌های مناطق A و D با یکدیگر بر اساس سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی و در سطح گروه‌های اصلی، ۱۰۰ درصد برآورد گردیده است. علی‌رغم شباهت ۱۰۰ درصدی در سطح اول سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی خاک‌ها، این شباهت در سطح دوم (توصیف‌کننده-های پیشوندی) به ۳۳/۳ درصد کاهش یافته است. چنان‌چه شباهت میان خاک‌های این دو منطقه در سطح دوم و بر اساس کاربرد توأمان توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ بررسی گردد، در مشاهده می‌شود که، میان این خاک‌ها هیچ شباهتی وجود ندارد. شایان ذکر است که جزئی‌نگری سطوح پائین‌تر سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی، عامل اصلی کاهش درصد شباهت در سطوح پائین نسبت به سطوح بالاتر این طبقه‌بندی بوده است.

در هر حال، سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی نیز همانند سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی، درصد شباهت‌های به‌دست آمده میان خاک‌های محدوده‌ی A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ را بیش از مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ برآورد نموده است. به عبارتی، از مقایسه‌ی میزان شباهت‌های حاصل‌شده از سامانه‌های طبقه‌بندی

جهانی و آمریکایی در دو مقیاس مزبور، در می‌یابیم که میزان شباهت برآوردشده میان دو منطقه در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ همواره و در همه‌ی سطوح، بالاتر از مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ قرار گرفته است.

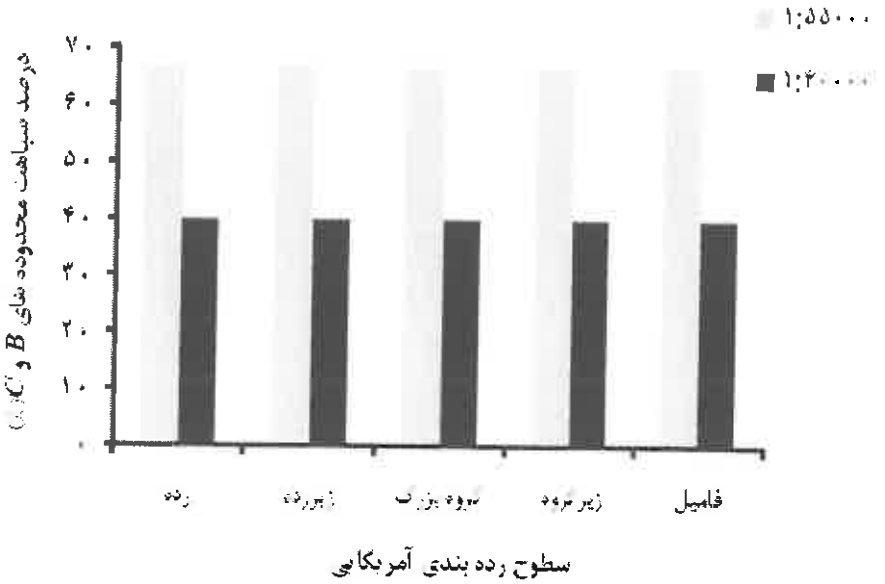
همچنین، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و براساس سطح اول سامانه‌ی جهانی که تقریبا با سطوح رده و زیررده سامانه‌ی آمریکایی قابل مقایسه است، ۷۵ درصد شباهت بین دو محدوده‌ی A و D مشاهده شده است (شکل ۴-۱۴)، که نسبت سطوح فوق در سامانه‌ی آمریکایی، ۱۲/۵ درصد پایین‌تر قرار گرفته است. بنابراین در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نیز سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی نسبت به سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی، میزان تشابه‌های خاکی بیشتری را برای واحدهای ژئومرفولوژیکی مشابه به ارمغان آورده است.

هم‌چنین بر اساس توصیف‌کننده‌های پیشوندی سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی که به نوعی قابل قیاس با سطوح پائین‌تر سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی می‌باشد، ۲۵ درصد شباهت میان خاک‌های محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ رقم خورده است که به مراتب بسیار پائین‌تر از این میزان شباهت، در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی می‌باشد.

به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که سلسله مراتب روش ژئوپدولوژی در تفکیک واحدهای خاک، با سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی نسبت به سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی سازگارتر می‌باشند. به عبارت دیگر، هرچند که سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در بیان واقعیت و ویژگی‌های اراضی و معرفی خاک‌های مناطق مختلف، عملکرد بهتری داشته است، لیکن طبق مطالب فصل دوم و با توجه به ساختار شش‌گانه‌ی روش ژئوپدولوژی که به نوعی از شش سطح موجود در سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی گرفته شده است؛ این سامانه علاوه بر هم‌خوانی بیشتری که با روش ژئوپدولوژی دارد، در یک مقیاس یکسان، تخمین مناسب‌تری از شباهت‌های میان خاک‌های دو واحد پیدمونت مشابه را ارائه می‌دهد.

اما پرسش اینجا است که وضعیت در رابطه با تپه‌ماهورهای مشابه چگونه می‌باشد؟ به عبارت دیگر، آیا نتیجه‌ی حاصل برای پیدمونت‌ها را می‌توان در ارتباط با اراضی تپه‌ماهوری نیز تعمیم داد؟ برای این منظور، میزان شباهت خاک‌های موجود در تپه‌ماهورهای دو محدوده‌ی B و C در پنج سطح سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی برای دو مقیاس مطالعاتی در شکل (۴-۱۵) به نمایش درآمده است.

با توجه به شکل (۴-۱۵) مشاهده می‌شود که در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، شباهت میان خاک‌های دو محدوده‌ی B و C در سطوح رده، زیررده، گروه بزرگ، زیرگروه و فامیل به یک میزان و برابر ۶۶/۷ درصد می‌باشد. این در حالی است که بر اساس شکل (۴-۱۳) در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ برای خاک‌های تکامل‌یافته بر روی پیدمونت‌های محدوده‌های A و D، شباهتی در حدود ۱۰۰ درصد را در چهار سطح اول سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و ۳۳/۳ درصد را در سطح فامیل آن می‌توان مشاهده نمود.

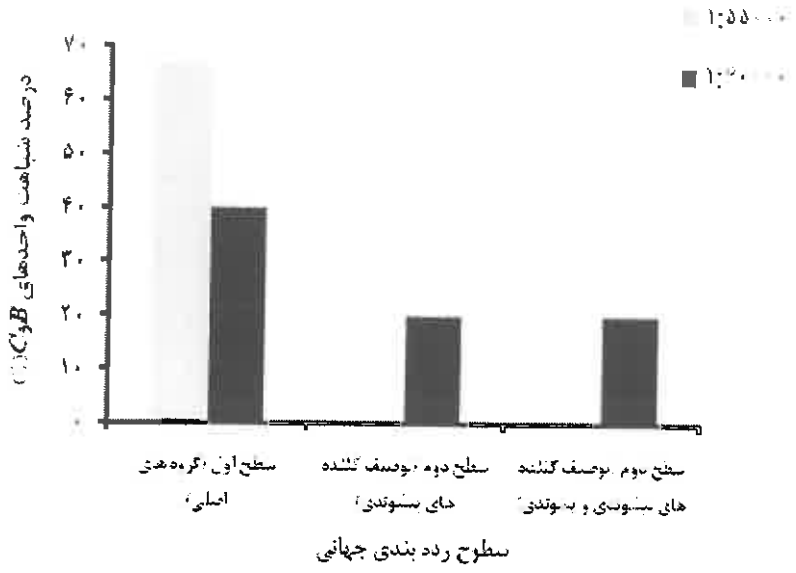


شکل ۴-۱۵: شباهت نسبی رده‌بندی خاک بین محدوده‌های B و C در سطوح مختلف سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی

در نتیجه، می‌توان چنین استدلال نمود که نتایج روش ژئوپدولوژی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، حاکی از شباهت بیشتر خاک‌ها در مناطق پیدمونت نسبت به تپه‌ماهورها بوده است؛ بدین معنا که در مناطق پیدمونت نسبت به مناطق تپه‌ماهوری، با اطمینان بیشتری می‌توان نتایج حاصل از شناسایی خاک به روش ژئوپدولوژی را به مناطق مشابه تعمیم داد. البته ناگفته نماند که مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ در سطح فامیل، برای تپه‌ماهورهای B و C شباهت بالاتری را نسبت به پیدمونت‌های محدوده‌های A و D به ارمغان آورده است.

در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و بر اساس رده‌بندی آمریکایی، میزان شباهت دو محدوده‌ی B و C در حدود ۲۶/۷ درصد نسبت به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ کاهش نشان داده است (شکل ۴-۱۵)؛ به‌طوری‌که این میزان کاهش، درصد شباهت در هر پنج سطح سامانه‌ی طبقه‌بندی آمریکایی را به ۴۰ درصد رسانده است. این مطلب گویای تفصیلی‌تر بودن نگاه مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، به ویژگی‌های خاک‌های این مناطق در مقایسه با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ می‌باشد. با مقایسه‌ی شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۵) می‌توان دریافت که سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی در برآورد میزان شباهت میان پیدمونت‌های محدوده‌های A و D نسبت به محدوده‌های B و C بر اساس مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ اعداد بزرگ‌تری را ارائه داده است. این مطلب نیز گویای سازگاری بیشتر سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی در مناطق پیدمونت نسبت به مناطق تپه‌ماهوری و نیز کارایی بالاتر مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ نسبت به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ برای روش ژئوپدولوژی است.

نتایج حاصل از شکل (۴-۱۶) نشان می‌دهد که نتایج سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در ارتباط با درصد شباهت‌های برآوردشده میان محدوده‌های B و C، اندکی متفاوت از سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی است.



شکل ۴-۱۶: شباهت رده‌بندی خاک بین محدوده‌های B و C در سطوح مختلف سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی

مطابق شکل (۴-۱۶) و در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، ۶۶/۷ درصد شباهت در بالاترین سطح سامانه‌ی طبقه-بندی جهانی (گروه‌های اصلی خاک)، میان دو محدوده‌ی B و C حاصل شده است. لیکن در سطح دوم سامانه‌ی مزبور، برخلاف انتظار، هیچ شباهتی وجود ندارد. این در حالی است که برای خاک‌های موجود در محدوده‌های A و D و در همین مقیاس (۱:۵۵۰۰۰)، ۳۳/۳ درصد شباهت در سطح توصیف‌کننده‌های پیشوندی مشاهده شده است (شکل ۴-۱۴).

بر اساس شکل (۴-۱۶) و در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، میزان شباهت ۴۰ درصد میان خاک‌های دو محدوده-ی B و C در سطح گروه‌های مرجع به‌دست آمده است که ۲۶/۶ درصد کاهش را نسبت به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ نشان می‌دهد. نکته‌ی حائز اهمیت این‌که علی‌رغم تمامی نتایجی که در قبل به آن اشاره شد، در سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، شباهت بیشتری نسبت به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ حاصل شده است که شاید بتوان علت آن را به تصادفی بودن محل حفر خاک‌رخ‌ها و یا ماهیت تغییرپذیری شدید خاک‌ها در سیمای اراضی تپه‌ماهور (به واسطه‌ی وجود شیب زیادتر نسبت به اراضی پیدمونت) مربوط دانست.

از طرفی، مقایسه‌ی میزان شباهت‌های منتج از سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ برای دو سیمای اراضی مطالعاتی (پیدمونت‌های محدوده‌های A و D و تپه‌ماهورهای محدوده‌ی B و C)، بیانگر این مطلب است که این میزان تشابه در سیمای اراضی پیدمونت در سطح اول و دوم (صفات پیشوندی)، بیش از اراضی تپه‌ماهوری است (شکل‌های ۴-۱۴ و ۴-۱۶) که خود نقطه‌ی عطفی در مطالعات ژئوپدولوژیک محسوب می‌شود؛ چراکه به نوعی همخوانی بیشتر سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی را برای اینگونه مطالعات مورد تصدیق قرار می‌دهد. زینک (۱۹۸۹) نیز عنوان نموده است که ساختار سلسله مراتب ژئومرفیک موجود در روش ژئوپدولوژی با سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی، قابل مقایسه است.

به‌طور کلی، میزان شباهت میان خاک‌های دو واحد مشابه موجود در پیدمونت‌ها و تپه‌ماهورها در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، همواره و در همه‌ی سطوح، کمتر از مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ بوده است. در نتیجه، نگاه

دقیق‌تر به واحدهای نقشه‌ی مشابه و مدنظر قرار دادن خصوصیات جزئی‌تر خاک‌ها، باعث ایجاد شباهت کمتری میان دو واحد مشابه شده است. رزیتر (۲۰۰۰) و یودامسری (۲۰۰۶) مناسب‌ترین مقیاس مطالعاتی برای روش ژئوپدولوژی را نیمه‌تفصیلی تا اجمالی بیان نموده‌اند. نکته‌ی جالب توجه در این راستا آن است که رزیتر (۲۰۰۰) مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰ را به‌عنوان بازه‌ی مطالعات نیمه‌تفصیلی معرفی نموده است؛ حال آنکه در ایران به‌طور معمول مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰ را به‌عنوان دامنه‌ی مطالعات نیمه‌تفصیلی در نظر می‌گیرند (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷). بنابراین، اگر تعریف پژوهشگران ایرانی از مطالعات نیمه‌تفصیلی ملاک عمل قرار گیرد، باید گفت که نتایج تحقیق حاضر در دو مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۵۵۰۰۰ نشان می‌دهد که در بازه‌ی مطالعات نیمه-تفصیلی نیز تغییر مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی اثرگذار بوده است. لیکن به نظر می‌رسد که با توجه به نتایج پژوهش حاضر، تعریف رزیتر (۲۰۰۰) از مطالعات نیمه‌تفصیلی با واقعیت صحرا و تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه، همخوانی بیشتری دارد. بنابراین، نتایج این تحقیق با گفته‌های رزیتر (۲۰۰۰) و حتی یودامسری (۲۰۰۶) کاملاً منطبق خواهند بود، چرا که درصد شباهت میان واحدهای مشابه در اشکال اراضی پیدمونت و تپه‌ماهور، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ (که بر اساس گفته‌ی رزیتر (۲۰۰۰) خارج از بازه‌ی مطالعات نیمه‌تفصیلی است)، کمتر از مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ (که بر اساس گفته‌ی رزیتر (۲۰۰۰) در بازه‌ی مطالعات نیمه‌تفصیلی قرار دارد) به‌دست آمده است. در هر حال، اسفندیارپور و همکاران (۲۰۰۹) یکی از روش‌های احتمالی به منظور ویرایش راهکار مورد استفاده در روش ژئوپدولوژی برای مقیاس‌های بزرگ‌تر از نیمه‌تفصیلی را تعریف "فازهای شکل اراضی"[1] معرفی نموده‌اند. بدین معنا که به سلسله مراتب روش ژئوپدولوژی که متناسب با مقیاس هستند، یک طبقه‌ی دیگر اضافه نمود که نتیجه‌ی آن، تفکیک منطقی‌تر اراضی و دست‌یابی به زیرواحدهای یکنواخت‌تر می‌باشد. بایستی دقت داشت که فازهای شکل اراضی را می‌توان با بهره‌گیری

1 - Landform phases

از شواهد صحرایی منطقه‌ی مطالعاتی (مانند پوشش گیاهی، درصد ذرات درشت موجود در سطح خاک و غیره) تفکیک نمود.

نکته‌ی قابل تأمل دیگر در این پژوهش، اثر نوع شکل اراضی بر نتایج واحدهای ژئومرفیکی مشابه می‌باشد. به‌طوری‌که در یک مقیاس معین (مثلاً ۱:۵۵۰۰۰)، درصد شباهت تخمین زده شده برای چهار سطح رده، زیررده، گروه‌بزرگ و زیرگروه در اراضی پیدمونت موجود در محدوده‌های A و D برابر با ۱۰۰ درصد و در سطح فامیل ۳۳/۳ درصد می‌باشد، لیکن در سیمای اراضی تپه‌ماهوری موجود در محدوده‌های B و C این درصد شباهت کمتر از مقادیر به‌دست‌آمده برای پیدمونت‌های A و D می‌باشد (شکل‌های ۴-۱۳ و ۴-۱۵). مطالب فوق در مورد مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نیز صدق می‌نمایند. در مورد سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی نیز مطابق نمودارهای (۴-۱۴) و (۴-۱۶)، نوع شکل اراضی در تخمین شباهت میان مناطق مشابه تأثیر بسزایی داشته است؛ به‌طوری که در بیش‌تر سطوح این سامانه، درصد شباهت در پیدمونت‌ها بیش از تپه‌ماهورها به‌دست آمده است. در هر حال، نتایج حاصل از پژوهش حاضر، به نوعی مشابهت کمتر نتایج روش ژئوپدولوژی را برای مناطق تپه‌ماهوری مشابه آشکار می‌سازد. شاید دلیل این موضوع را بتوان به دامنه‌ی نوسانات شیب در این دو سیمای اراضی مرتبط دانست؛ چراکه اشکال اراضی پیدمونت دارای شیب ۲ تا ۸ درصد و تپه‌ماهورها ۸ تا ۲۵ درصد می‌باشند (Soil survey staff، ۱۹۹۳). بنابراین دامنه‌ی نوسانات شیب در اراضی پیدمونت، تنها ۶ درصد است؛ در حالی که این دامنه در اراضی تپه‌ماهوری به ۱۷ درصد می‌رسد. به همین دلیل، با تغییرات بیشتر شیب در یک واحد تپه‌ماهوری، تغییرات خاکی زیادتری نسبت به پیدمونت‌ها وجود خواهد داشت. پینوک و دیجانگ[1] (۱۹۹۰) و ویلدینگ[2] و همکاران (۱۹۹۴) نیز عنوان نموده‌اند که بیشترین تغییرپذیری در ویژگی‌های خاک درون واحدهای فیزیوگرافیک، در طول تپه‌ماهورها اتفاق می‌افتد. در نتیجه، به نظر می‌رسد که برای دست‌یابی به نتایج مطلوب‌تر برای اراضی تپه‌ماهوری، بهتر

[1] - Pennock and de Jong
[2] -Wilding

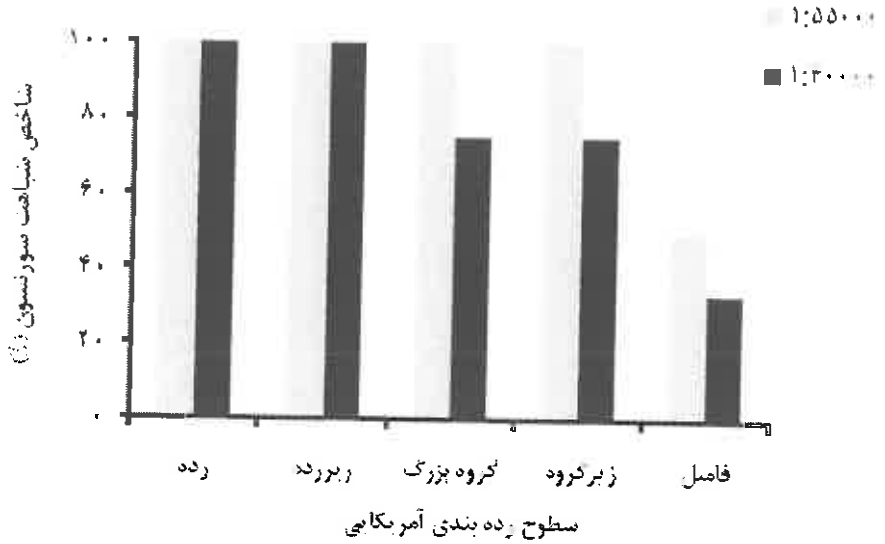
است که به تفکیک واحدهای جزئی‌تر تحت عنوان "فاز شکل اراضی" اقدام نمود که البته برای انجام این‌کار باید مقیاس مطالعاتی را افزایش داد.

مطلب دیگری که باید بدان توجه داشت این است که شناسایی و رده‌بندی خاک‌رخ‌های موجود در مناطق چهارگانه‌ی مطالعاتی ثابت کرد که تفکیک و مرزبندی واحدهای نقشه‌ی خاک، پیچیده‌تر از آن است که بتوان تنها از طریق تفسیر عکس‌های هوایی بدان دست یافت. به عبارت دیگر، احتمال وجود خاک‌های یکسان در سطح فامیل سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و یا سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی (در قالب کاربرد همزمان توصیف‌کننده‌های پیشوندی و پسوندی)، برای اشکال اراضی مشابه اندکی دور از ذهن می‌باشد؛ زیرا گاهی اوقات وجود نمونه‌های متعددی از تغییرپذیری در مقیاس‌های موضعی کوچک از دید تفسیر عکس‌های هوایی پنهان می‌ماند. برخی اوقات نیز دلیل عدم دسترسی به این تغییرات ژئومرفولوژیکی از طریق تفسیر عکس‌های هوایی را می‌توان به پوشیده شدن سطح واحدها توسط برخی از مواد جدیدتر ارتباط داد (اسفندیارپور و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین، تعیین بهترین موقعیت حفر خاک‌رخ به‌گونه‌ای که گویای حقایق بیشتری از واقعیت‌های صحرایی باشد، نتایج روش ژئوپدولوژی را تا حد زیادی می‌تواند دستخوش تغییر و تحول قرار دهد. اسفندیارپور و همکاران (۱۳۸۸) نیز زمانی که خاک‌های موجود در یک واحد ژئومرفیک مشابه را بین مناطق نمونه و تعمیم مورد مقایسه قرار دادند، عنوان نمودند که شباهت رده‌بندی به موقعیت خاک‌رخ‌ها در منطقه‌ی تعمیم بستگی دارد. به‌طور کلی، مشکل اصلی در برآورد دقیق خاک‌ها، محدودیت و عدم درک صحیح فرآیندهایی است که در تکامل خاک‌ها در گذر زمان مؤثر بوده‌اند.

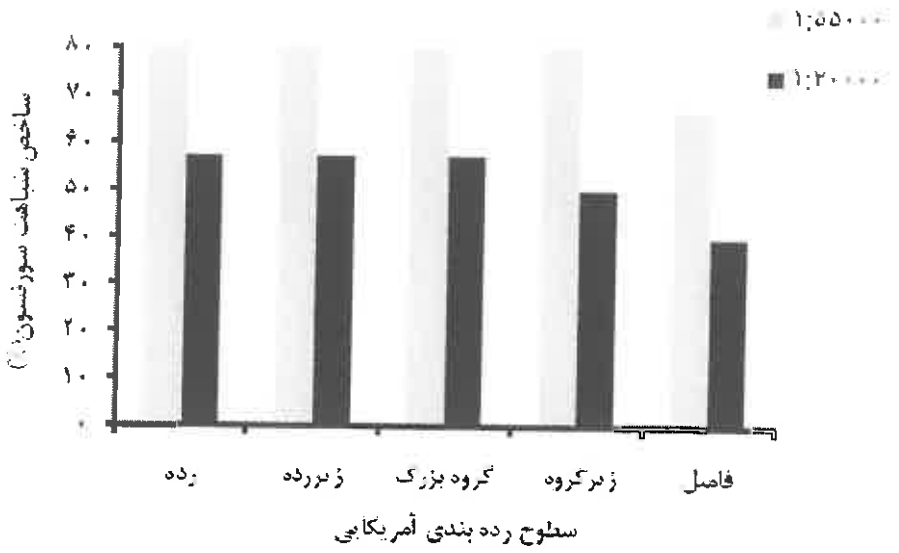
۴-۵- برآورد میزان شباهت میان خاک‌های موجود در پیدمونت‌های محدوده‌های A و D و تپه‌ماهورهای محدوده‌های B و C در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰، بر اساس شاخص شباهت سورنسون

از آن‌جایی که هر کدام از روش‌های نقشه‌برداری، متکی به نگرش خود نسبت به شباهت بین خاک‌ها است (سارما، ۲۰۰۶)؛ توجه به مسائلی هم‌چون شاخص‌های شباهت 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 (اسفندیاریور و همکاران، ۱۳۸۸).

پس از محاسبه‌ی شاخص سورنسون بر اساس رابطه‌ی ارائه شده در فصل سوم در هر چهار منطقه‌ی مطالعاتی، نتایج حاصل از آن‌ها به‌صورت نمودار شکل‌های (۴-۱۷) و (۴-۱۸) نمایش داده شده‌اند.



شکل ۴-۱۷: مقایسه‌ی شاخص شباهت سورنسون در محدوده‌های A و D برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک آمریکایی



شکل ۴-۱۸: مقایسه‌ی شاخص شباهت سورنسون در محدوده‌های B و C برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک آمریکایی

نتایج حاصل از کاربرد شاخص سورنسون به منظور بررسی میزان شباهت موجود بین واحد Pi111 در محدوده‌های A و D در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، نشان‌دهنده‌ی آن است که تا سطح زیرگروه، دو منطقه‌ی مزبور از شباهت کامل و ۱۰۰ درصد برخوردار می‌باشند؛ لیکن در سطح فامیل، میزان شباهت کاهش و به ۵۰ درصد رسیده است (شکل ۴-۱۷). شاخص شباهت سورنسون در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نیز همانند مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، میزان شباهت ۱۰۰ درصد را برای سطوح رده و زیررده به ارمغان آورد. البته این میزان شباهت در سطوح گروه‌بزرگ، زیرگروه و فامیل کاهش یافته و به ۷۵، ۷۵ و ۳۳/۳ درصد رسیده است. با بررسی و مقایسه‌ی دقیق میزان شباهت‌های نسبی (شکل ۴-۱۳) و درصد شباهت‌های سورنسون (شکل ۴-۱۷) میان خاک‌های محدوده‌های A و D نتیجه‌گیری می‌شود که بر اساس شاخص شباهت سورنسون، خاک‌های این دو محدوده در سطح بالاتری از شباهت قرار دارند؛ به‌طوری‌که در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ بر اساس شاخص شباهت فوق، میان این دو محدوده در سطح فامیل، ۵۰ درصد و بر اساس شباهت نسبی در حدود ۳۳/۳ درصد انطباق گزارش شده است. به علاوه در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نیز، درصد شباهت‌های بالاتری بر اساس شاخص سورنسون در سطوح رده، زیررده و

فامیل، نسبت به شباهت نسبی مشخص شده است. شاید دلیل این برتری را بتوان چنین عنوان نمود که این شاخص تنها با در نظر گرفتن گونه‌های مشترک بین دو جامعه و نیز تعداد گونه‌های موجود در هر کدام از جوامع شباهت بین دو محدوده را برآورد می‌کند؛ ولیکن در شباهت نسبی میزان انطباق دو جامعه با یکدیگر بطور نسبی مشخص می‌شود.

همان‌گونه که در شکل (۴-۱۸) نیز مشخص می‌باشد، در اراضی تپه‌ماهوری با استفاده از شاخص سورنسون، میزان شباهت میان واحدهای Hi111 موجود در محدوده‌های مشابه B و C، در دو مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ مورد مقایسه قرار گرفته است. در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، این شاخص گویای میزان شباهت ۸۰ درصدی میان این دو محدوده تا سطح زیرگروه می‌باشد، اما در سطح فامیل این شباهت به حدود ۶۶/۷ درصد کاهش یافته است.

در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ تمامی سطوح رده‌بندی از لحاظ میزان شباهت برآورد گردیده توسط شاخص سورنسون در مرتبه‌ی پائین‌تری نسبت به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ قرار گرفتند. به‌طوری‌که در سه سطح رده، زیررده و گروه‌بزرگ این میزان شباهت از ۸۰ به ۵۷ درصد کاهش یافت. در سطح زیرگروه این میزان شباهت باز هم کمتر شده و به ۵۰ درصد رسید. ناگفته نماند که در سطح فامیل از ۶۶/۷ درصد شباهتی که بر اساس مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ استخراج گردیده بود، در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ تنها ۴۰ درصد باقی ماند (شکل ۴-۱۸).

در مقایسه‌ی میزان شباهت نسبی و شاخص شباهت سورنسون ارائه شده با یکدیگر در محدوده‌ی B و C مشاهده می‌شود که شاخص شباهت سورنسون شباهت بالاتری را نسبت به شباهت نسبی برای دو محدوده‌ی مزبور به ارمغان آورده است. به‌طوری‌که در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ شباهت نسبی برآورد شده برای سطوح رده تا زیرگروه، ۶۶/۷ درصد بوده (شکل ۴-۱۵) که بر اساس شاخص سورنسون به ۸۰ درصد رسیده است. البته در سطح فامیل و بر اساس هر دو شیوه، شباهت ۶۶/۷ درصد گزارش شده است. این مطلب در مورد مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ نیز صادق می‌باشد. در هر حال شاخص مذکور تنها بر اساس وجود یا عدم وجود انواع خاک‌ها (در سطوح مختلف سامانه‌های آمریکایی و جهانی) در دو

منطقه‌ی مورد نظر استوار است و شباهت را صرف نظر از فراوانی نسبی خاک‌ها مد نظر قرار می‌دهد (چائو و همکاران، ۲۰۰۵).

آن‌چه مسلم است، بر اساس نتایج حاصل‌شده از شاخص سورنسون نیز مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ نسبت به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، میزان شباهت بالاتری از خاک‌های چهار محدوده‌ی مطالعاتی را برآورد نموده است که با نتایج حاصل از کاربرد شباهت نسبی نیز همخوانی دارد. از طرف دیگر، سیر نزولی نمودارهای (۴-۱۷) و (۴-۱۸) (عمدتاً در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)، گویای وجود شباهت بیشتر خاک‌های محدوده‌های مطالعاتی، در سطوح بالاتر مطالعاتی نسبت به سطوح پائین‌تر (دقیق‌تر) رده‌بندی می‌باشند.

از نتایج مهم دیگر کاربرد شاخص شباهت سورنسون می‌توان به کارایی بالاتر آن در نواحی پیدمونت موجود در نواحی A و D نسبت به اراضی تپه‌ماهوری موجود در محدوده‌های B و C اشاره نمود. به‌طوری‌که شباهت تخمین زده شده توسط این شاخص (در هر دو مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۵۵۰۰۰) بین محدوده‌های مطالعاتی، در نواحی پیدمونت بیش از اراضی تپه‌ماهوری گزارش شده است. بنابراین می‌توان عنوان نمود که میزان شباهت برآورد شده توسط شاخص سورنسون در هر دو سیمای اراضی (پیدمونت و تپه‌ماهور) و در هر دو مقیاس (۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰)، بالاتر از میزان شباهت نسبی می‌باشد.

به‌طورکلی کاربرد شاخص شباهت سورنسون اثبات نمود که مقیاس بر نتایج روش ژئوپدولوژی در برآورد میزان شباهت خاک‌های موجود در محدوده‌های مشابه در نقشه‌ی خاک تأثیرگذار است؛ بدین ترتیب که مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ نسبت به ۱:۴۰۰۰۰ نتایج قابل قبول‌تری را در تعیین شباهت میان خاک‌ها در واحدهای مشابه ارائه داده است. اما بایستی توجه داشت که مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ نیز نمی‌تواند واحدهای کاملاً یکنواخت را تا سطح فامیل برای نقشه‌ی خاک به ارمغان آورد. به عبارت دیگر، نتایج تعمیم‌پذیری روش ژئوپدولوژی در مورد واحدهای ژئومرفیک مشابه را تنها می‌توان تا سطح زیرگروه قابل اطمینان دانست. اسفندیارپور و همکاران (۱۳۸۸) نیز با کاربرد شاخص شباهت دیگری به نام جاکارد، به منظور بررسی نتایج حاصل از روش ژئوپدولوژی به این نتیجه رسیدند که روش مزبور قادر

به تفکیک واحدهای یکنواخت و همگن در مقیاس‌های بزرگ (۱:۲۰۰۰۰) نمی‌باشد و در خوش‌بینانه-ترین حالت ممکن، می‌توان گفت که روش ژئوپدولوژی برای سطوح بالاتر از فامیل می‌تواند به منظور تعمیم نتایج برای واحدهای ژئومرفیک مشابه در مقیاس‌های بزرگ مورد استفاده قرار گیرد.

در هر حال، بر مبنای نتایج حاصل از این پژوهش، مقیاس‌های کوچک‌تر از ۱:۵۵۰۰۰ را می‌توان به-منظور تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئوپدولوژی برای واحدهای مشابه در راستای کاهش هزینه و زمان مطالعات نقشه‌برداری خاک توصیه نمود.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج حاصل از یافته‌های این پژوهش را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱) نتایج روش ژئوپدولوژی با تغییر مقیاس مطالعاتی، دست‌خوش تغییر می‌گردند و منجر به تفاوت‌های تاکسونومیکی (به‌خصوص در سطوح پایین‌تر رده‌بندی) در واحدهای ژئوپدولوزیک مشابه می‌شوند. به همین دلیل، میزان اعتبار نتایج روش ژئویدولوژی، شدیداً وابسته به مقیاس می‌باشد.

۱) هرچند تغییر مقیاس مطالعاتی روش ژئوپدولوژی، موجبات تغییر نوع خاک‌ها را برای واحدهای ژئومرفیک مشابه فراهم نموده است؛ لیکن بر نوع واحد نقشه اثرگذار نبوده است.

۲) روش ژئوپدولوژی، تنها تا سطح زیرگروه می‌تواند میزان شباهت قابل قبولی را برای دو واحد ژئومرفیک مشابه تخمین بزند و برای سطوح پایین‌تر رده‌بندی (مثل فامیل خاک)، کارایی این روش در هاله‌ای از ابهام قرار می‌گیرد.

۲) کارایی بهتر روش ژئوپدولوژی، محدود به مقیاس‌های نیمه‌تفصیلی و یا کوچکتر (مانند اجمالی) می‌باشد.

۳) نوع روش برآورد شباهت میان واحدهای ژئوپدولوژیک مشابه، بر قابلیت اعتماد نتایج روش ژئوپدولوژی اثرگذار است؛ به‌طوری‌که میزان شباهت برآوردشده توسط شاخص سورنسون، بالاتر از میزان شباهت نسبی می‌باشد.

۴) شناسایی و رده‌بندی خاک‌رخ‌های موجود در مناطق چهارگانه‌ی مطالعاتی ثابت کرد که تفکیک و مرزبندی واحدهای نقشه‌ی خاک، پیچیده‌تر از آن است که بتوان تنها از طریق تفسیر عکس‌های هوایی بدان دست یافت. به دیگر سخن، تغییرپذیری خاک‌ها و طبیعت پیچیده‌ی آن‌ها به‌دلیل فرآیندهای تکاملی متفاوت در طول زمان، تفکیک واحدهای ژئومرفیک حاصل از روش ژئوپدولوژی را فراتر از تفسیر صرف عکس‌های هوایی می‌نماید.

۵) عدم دست‌یابی به خاک‌های یکسان در سطح فامیل سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و یا سطح دوم سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی برای اشکال اراضی مشابه، بیانگر این حقیقت است که روش ژئوپدولوژی هنوز قادر به برآورد و تعیین تغییرات کامل خاک‌ها و تعریف دقیق طبیعت بی‌نظم و درهم آن‌ها نمی‌باشد.

۶) نوع شکل اراضی بر قابلیت اعتماد نتایج روش ژئویدولوژی و میزان تشابه واحدهای ژئومرفیکی مشابه مؤثر می‌باشد؛ چراکه درصد شباهت تاکسونومیکی میان خاک‌های موجود در اشکال اراضی پیدمونت‌ها بیش از تپه‌ماهورها بود.

۷) سامانه‌ی رده‌بندی خاک آمریکایی نسبت به سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در برآورد شباهت‌های تاکسونومیکی میان واحدهای ژئومرفیک مشابه، از هم‌خوانی بالاتری با روش ژئوپدولوژی برخوردار می‌باشد.

۸) سامانه‌ی طبقه‌بندی جهانی در معرفی خصوصیات خاک‌های منطقه و واقعیت صحرا نسبت به سامانه‌ی طبقه‌بندی آمریکایی، دقیق‌تر عمل نموده و در جایگاه بالاتری قرار دارد.

۵-۲- پیشنهادها

با عنایت به نتایج حاصل از این پژوهش، پیشنهادهای زیر با هدف تخصصی‌تر شدن مطالعات آتی و بهبود کیفیت آن‌ها ارائه می‌گردند:

۱) مقایسه‌ی همزمان عملکرد سه نوع مقیاس تفصیلی، نیمه‌تفصیلی و اجمالی بر نتایج روش ژئوپدولوژی

۲) مقایسه‌ی نتایج حاصل از عملکرد همزمان دو روش ژئوپدولوژی و فیزیوگرافی در نقشه‌برداری خاک-ها

۳) ویرایش اصول روش ژئوپدولوژی به منظور کاربردی کردن آن در مقیاس‌های تفصیلی و بزرگ‌تر.

یکی از روش‌های پیشنهادی به‌منظور استفاده از روش ژئوپدولوزی برای مقیاس‌های بزرگ‌تر از نیمه‌تفصیلی را می‌توان تعریف "فازهای شکل اراضی" معرفی نمود. بدین معنا که به سلسله مراتب روش ژئوپدولوژی که

متناسب با مقیاس هستند، حداقل یک طبقه‌ی دیگر اضافه نمود که نتیجه‌ی آن، تفکیک منطقی‌تر اراضی و دست‌یابی به زیرواحدهای یکنواخت‌تر خواهد بود.

۴) پیشنهاد می‌گردد که عملکرد روش ژئوپدولوژی در مورد سایر سیماهای اراضی و شکل‌های اراضی مختلف موجود در آن‌ها نیز مورد آزمون قرار گیرد.

منابع

منابع مورد استفاده:

۱. آبکار، ا. ۱۳۸۹. بررسی، پراکنش، تغییرات و نمایش خصوصیات نقشه‌های خاک با استفاده از سیستم گوگل ارت و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک-شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲. احمدی، ح. ۱۳۷۴. ژئومرفولوژی کاربردی، جلد اول: فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران.

۳. اسفندیارپور، ع. ۱۳۸۰. بررسی ژنز، رده‌بندی و تهیه‌ی نقشه‌ی خاک‌های جزیره‌ی کیش. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی کرج، ۱۳۸۰.

۴. اسفندیارپور، ع. و باقری، م. ۱۳۸۵. شناسایی و نقشه‌برداری خاک، انتشارات پلک.

۵. اسفندیارپور، ع. صالحی، م.ح.، تومانیان، ن. و محمدی، ج. ۱۳۸۷. تأثیر موقعیت منطقه‌ی نمونه و نظر کارشناس بر نتایج روش ژئوپدولوژی در نقشه‌برداری خاک (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی بروجن، استان چهارمحال و بختیاری). مجله‌ی علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). سال سیزدهم. شماره‌ی ۴۲. صفحات ۱۱۳ تا ۱۲۷.

۶. اسفندیارپور، ع. صالحی، م.ح.، تومانیان، ن. و محمدی، ج. ۱۳۸۸. ارزیابی نقشه‌برداری خاک به روش ژئوپدولوژی با استفاده از شاخص‌های تفرق و شباهت (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی بروجن، استان چهارمحال و بختیاری). نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۲۳. شماره‌ی ۴. صفحات ۱۰۰ تا ۱۱۳.

۷. اسفندیارپور، ع. فرپور، م.ه، کمالی، ا. ۱۳۹۰. بررسی کارایی دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و جهانی در ارتباط با طبقه‌بندی خاک‌های شور استان کرمان.نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۲۳. شماره‌ی ۴. صفحات ۱۰۰ تا ۱۱۳.

۸. الهی صدرآبادی، ص. و علیمرادی، ل. ۱۳۸۹. بررسی نوع گونه‌ای و کارکردی جوامع علف‌های هرز باغات پسته در شهرستان بردسکن. نشریه‌ی بوم‌شناسی. جلد ۲. شماره‌ی ۴. صفحات ۵۷۴ تا ۵۸۶.

۹. بنایی، م. ح. ۱۳۷۷. نقشه‌ی رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب کشور.

۱۰. جعفری، م. و سرمدیان، ف. ۱۳۸۲. مبانی خاک‌شناسی و رده‌بندی خاک، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۱. حسینی‌فرد، ج. ۱۳۸۸. تغییر و تحولات کانی‌شناسی و شیمیایی برخی کانی‌های پتاسیم‌دار در محیط ریشه‌ی پسته و گندم. پایان‌نامه‌ی دکترای تخصصی خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۲. رجایی، ع. ۱۳۷۳. ژئومرفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای، نشر قومس.

۱۳. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۳۵. عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰.

۱۴. سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۳۸۱. عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰.

۱۵. سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۳۸۱. نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، بلوک ۳۶ تهران.

۱۶. سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۳۸۴. نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، بلوک ۱۵ تهران.

۱۷. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۳۷۵. نقشه‌ی زمین‌شناسی ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، برگه‌ی شماره‌ی ۶۴۶۱ دماوند.

۱۸. شاکری، س. پاشایی، ع. و مؤمنی، ع. ۱۳۸۶. مطالعه‌ی خاک‌شناسی نیمه‌تفصیلی به روش ژئوپدولوژیک برای بهینه‌سازی طبقه‌بندی تناسب اراضی در منطقه‌ی آق‌قلا. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۴. شماره‌ی ۵. صفحات ۳۵ تا ۴۵.

۱۹. صالحی، م.ح. و خادمی، ح. ۱۳۸۷. مبانی نقشه‌برداری خاک، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲۰. صالحی، م.ح. ۱۳۸۱. مطالعه‌ی چگونگی تشکیل و میزان تغییرپذیری خاک‌های چندین واحد نقشه در منطقه‌ی فرخ‌شهر شهرکرد، پایان‌نامه‌ی دکترای خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲۱. فرپور، م.ه. ۱۳۷۴. رابطه‌ی خاک و ژئومرفولوژی در منطقه‌ی گدار کبک چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲۲. فرپور، م.ه. ۱۳۸۱. رابطه‌ی خاک و ژئومرفولوژی و تکامل خاک‌های گچی در منطقه‌ی رفسنجان، پایان‌نامه‌ی دکترای خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲۳. قلی‌زاده، ع. ۱۳۸۰. بررسی کارایی روش ژئوپدولوژی و روش خاک‌شناسی معمول در ایران برای طبقه‌بندی تناسب اراضی تحت کشت محصولات عمده‌ی منطقه‌ی گنبد قابوس- استان گلستان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۲۴. قیومی محمدی، ح. ۱۳۸۰. مطالعه‌ی ژئوپدولوژیک واحد هیدرولوژیک داران- دامنه، پایان-نامه‌ی کارشناسی ارشد ژئومرفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد.

۲۵. قیومی محمدی، ح و رامشت، م. ح. ۱۳۸۸. فضا و نگرش فضایی در مطالعات خاک و ژئومرفولوژی، حوضه‌ی آبی زاینده رود. مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره‌ی ۳. صفحات ۱ تا ۲۰.

۲۶. نورایی، ک. ۱۳۸۸. نحوه‌ی تشکیل و رده‌بندی خاک‌های ردیف پستی و بلندی سیرچ-کاله-شور در حوضه‌ی لوت. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

27. Arcak, C., Ozen, s., Kurucu, Y., Altinbas, U., Bolca, M., and Turk, T ., 2002.Estimtion of degradation risk on mass movement-prone areas of Senirkent and GIS&RS-aided modeling and and mapping of susceptible zones using Direct-Heuristik Technique. Proceeding of the International Conference on Sustainable Land Use and Management. June 10-13. Canakkale, Turkey (Online).

28. Avery, B.W., 1987. Soil survey methods: areview. Technical Monograph No. 18. Silsoe: Soil Survey & Land Resource Center. 86 p.
29. Bie, S.W., and Beckett, P.H.T., 1970. The costs of soil survey. Soils and Fertilizers 33, 203-216.
30. Bani-Nemeh, J., 2003. Land evaluation for land use planning with especial attention to sustainable fodder production in the Rouzeh-Chai catchment of Orumieh area, Iran. Msc. Thesis, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
31. Bani-Nemeh, J., Momeni, A., Hennemann, R., and Farshad, A., 2005. Application of a geopedologic approach and remote sensing to land suitability classification for fodder production in Roozeh-Chaei area. Proce. of the ninth congress of soil sciences, Tehran, Iran. 348-350.
32. Behrens, T., Zhu, A., Schimidt, k., Scholten, T., 2010. Multi-scale digital terrainanalysis and feature selection for digital soil mapping.Geoderma 155, 175-185.
33. Bie, S.W., and Beckett, P.H.T., 1970. The costs of soil survey. Soil and Fertilizers 33, 203-216.
34. Birkland, P.W., 1999. Soils and geomorphology (3rd ed.). Oxford University press, New York, USA.
35. Brower, J.E,.and Zar, J.H., 1984. Field and laboratory methods for general ecology (2nd ed.). Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa, USA.
36. Burrough, P.A., 1983. Multiscale source of spatial variation in soil. The application of fractal concept to nested levels of soil variation. Journal of Soil Science 34, 577-597.
37. Burrough, P.A., 1993. Soil variability: a late 20th century view. Soil Fertility 56, 529-562.
38. Chao, A., Chazdon, R.L., Colwel, R.K., and Shen, T.J., 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species with incidence and abundance data. Ecology Letters 8, 148-159.
39. Cremeens, D.L., Brown, R.B., and Huddleston, J.H., 1994. Whole regolith pedology. SSSA Special Publication 34. Soil Science of America: Madison, WI. 136 P.

40. Deckers, J., Driessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O., and Berding, F. 2003. Anticipated developments of the world Refrence Base for soil resources. In: Eswaran, H., Rice, T., Ahrens, R., and Stewart, B.A., 2002. Soil classification: A global desk refrence. CRC Press, Boca Raton, FL.
41. Dent, D., and Young, A., 1981. Soil survey and land evaluation, George Allen and Unwin Publishers, London, UK.
42. Dobermann, A., Goovaters, P., and Neue, H.U., 1997. Scale-dependent correlations among soil properties in two tropical lowland rice fields. Soil Science Society of America Journal 61, 1483-1496.
43. Edmonds, W.J., Baker, J.C., and Simpson, T.w., 1985. Variance and scale influences on classifying and interpreting soil map units. Soil Science Society of America Journal 49, 957-961.
44. Esfandiarpoor Borujeni, I., Salehi, M.H., Toomanian, N., Mohammadi, J., and Poch, R.M., 2009. The effect of survey density on the results of geopedological approach in soil mapping: a case study in the Borujen region, Central Iran. Catena 79, 18–26.
45. EsfandiarpoorBorujeni, I., Mohammadi, J., Salehi, M.H., Toomanian, N., Poch, R.M., 2009. Assessing geopedological soil mapping approach by ststistical and geoststistical methods: a case study in the Borujen region, Central Iran. Catena 82, 1–14.
46. Eswaran, H., Rice, T., Ahrens, R., and Stewart, B.A., 2002. Soil classification: A global desk reference. CRC Press, Boca Raton, FL.
47. Eyk, J.J.v.d., MacVicar, C.N., and Villiers, J.M.d., 1969. Soils of the Tugela Basin: a study in subtropical Africa. Natal Town &Regional Planning Reports 15. Natal (RSA:): Natal Town & Regional Planning Commission. 363 P.
48. Farshad, A., 1997. Analysis of integrate soil and water management practices within different agricultural system under semi-arid condition of Iran and evaluation of their sustainability. Ph.D dissertation, Gent University, Gent, Belgium.
49. Farshad, A., 1999. Aerial photo-interpretation for soil survey. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, the Netherland.

50. Farshad, A., Udomsri, S., Yadav, R.D., Shrestha, D.P., and Sukchan, S., 2005. Understanding geopedologic is clue for improving the management of salt-affected soil in NongSuang district, Nakhon Ratchasima. Land Development Department, Thailand.
51. Farshad, A., Udomsri, S., Hansakdi, E., and Shrestha, D.P., 2006. GIS-based geopedology: a way to predictive soil mapping. Proceeding of the 18th World Congress of Soil Science. July 9-15. WCSS, Philadelphia, USA.
52. Gee, G.W., and Bauder, J.W., 1986. Particle size analysis. PP. 383-411. In: Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1, Am. Soc. Agron. Inc, Mdison, WI, USA.
53. Gerasimova M.I. 2010. Chinese soil taxonomy: between the American and the international classification systems. Eurasian Soil Science 43: 945–949.
54. Gerrard, A.J., 1992. Soil geomorphology: an integration of pedology and geomorphology. Chapman and Hall, New York, USA.
55. Gower, J.C,1971. General coefficient of similarity and some of its properties. Biometrics 27, 857-874.
56. Graham, R.S., and Boull, S.W., 1990. Soil-geomorphic relation on the Blue Ridge Front:II. Soil characteristics and pedogenesis. Soil Science Society of America Journal 54, 1367-1377.
57. Hay G.J., Marceau, D.J., and Bouchard, A., 2002. Modeling multi-scale landscape structure within a hierarchical scale-space framework. ISPRS Commission IV Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. July 9-12. Ottawa, Canada, pp. 532-535.
58. Hengl, T., and Rossiter, D.J., 2003. Supervised landform classification to enhance and replace photo-interpretation in semi-detailed soil survey. Soil Science Society of America Journal 67, 1810-1822.
59. IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
60. Jenny, H., 1941. Factors of Soil Formation, A System of Quantitative Pedology. McGraw-Hill, New York. 281 pp.
61. Kolay, A.K., 2000. Basic concepts of soils science 2 nd ed., New AGE International Publishers, 420 pp.

62. Lin, H., Wheeler, D., Bell, J., and Wilding, L., 2005. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. Ecological Modeling 182, 271-290.
63. Loeppert, R.H. and Suarez, D.L., 1996. Carbonate and gypsum, PP. 437-474. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Am. Soc. Agron. Inc, Madison, WI, USA.
64. Mahler, P.J., 1970. Manual of land classification for irrigation. Ministry of Agriculture, Soil and Water Research Institute of Iran, Pub. No. 205.
65. Marceau, D.J., 1999. The scale issue in social and natural science. Canadian Journal of Remote Sensing 25, 247-356.
66. Marceau, D.J., 1999. The scale issue in social and natural science. Canadian Journal of Remote Sensing 25, 347-356.
67. Martin, M.A., Pachepsky, Y.A., and Perfect, E., 2005. Scaling fractal and diversity in soils and ecohydrology. Ecological Modelling 182, 217-220.
68. McBratney A.B., 1992. On variation, uncertainty and informatics in environmental soil management. Australian Journal of Soil Research 30, 913-935.
69. Meyer, A.D.S., Garcia, A.A.F., Souza, A.P.D., 2004. Comparison of similarity coefficient used for cluster analysis with dominant markers in maize. Genetics and Molecular Biology 27,1, 83-91.
70. Momeni, A., 1994. Assessment of the prevailing irrigation practice and their relation to soil, using remote sensing and GIS in the Hamadan area (Iran). MSc. Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Enschede, The Netherlands.
71. Momeni, A., 1999. Soil quality changes under long-term when cultivation in the Marvdasht plain, south-central Iran. Ph.D dissertation, Gent University, Gent, Belgium.
72. Moore, I.D., Gessler, P.E., Nielsen, G.A., and Peterson, G.A., 1993. Soil attributes prediction using terrain analysis. Soil Science Society of America Journal 57, 443-452.
73. Nelson, D.W. and Summers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, PP. 961-1010. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of soil Analysis. Part 3, Am. Agron. Inc, Madison, WI. USA.

74. .O□Neill, R.V., Johnson, A.R., and King, A.W., 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. Landscape Ecology 3, 193-205.

75. O□Neill, R.V., 1996. Recent developments in ecological theory: hierarchy and scale. In: J.M. Scott, T.H. Tear and F.W. Davis (Eds.), GAP Analysis: a landscape approach to biodiversity planning American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD, pp. 7-14.

76. Pennock, D.J., and de Jong, E., 1990. Regional and catenary variations in properties of Borolls of southern Saskatchewan, Canada. Soil Science Society of America Journal 54, 1697-1701.

77. Philips, J.D., 2001. Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability. Catena 43, 101-113.

78. Philips, J.D., 2005. Weathering instability and landscape evolution. Geomorphology 67, 255-272.

79. Phillips, J.D., Marion, D., 2005. Biomechanical effects, lithological variations, and local pedodiversity in some forest soils of Arkansas. Geoderma 124, 73–89.

80. Phillips, J.D., Gares, P.A., Slattery, M.C., 1999. Agricultural soil redistribution and landscape complexity. Landscape Ecology 14, 197–211.

81. Roca, P.N., and Pazos, M.S., 2002. The WRB applied to Argentinian soils: two case studies. European Soil Bureau, Research Report NO. 7. Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia. 191-197.

82. Rossiter, D.G., 2000. Methodology for soil resource inventories. Lecture notes, 2nd Revised Version. Soil Science Division, International Instutute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Enschede, The Netherlands.

83. Rossiter, D.G., and Hengl, T., 2001. Technical notes: creating geometrically correct photo-interpretation, photo-mosaics, and base maps for a project GIS. http://www.itc.nl/ □rossiter.

84. Saldaña, A., Ibáñez, J.J., 2004. Pedodiversity analysis at large scales: an example of three fluvial terrains of the Henares River (central Spain). Geoderma 62, 123–138.

85. Salehi, J., 1994. Application of remote sensing and geographic information system for evaluation of soil and water resource for development planning in the Hmadan-Bahar plain, Hamadan Province, Iran. MSc. Thesis, Intrenational

Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Enschede, The Netherlands.

86. Sarma, V.A.K., 2006. Mapping of soil Science publisher, NH. USA.
87. Schoenberger, P.J., Wysocki. D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D. (E ds.)., 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils (2nded.). Natural Resources Conservation Service. National soil survey Center, Lincoln. Ne, 228 pp.
88. Secu, C.V., Patriche, C., and Vasiliniuc, I., 2008. Aspects regarding the correlation of the Romanian soil taxonomy system (2003) with WRB (2006).
89. Shaetzl, R.J., and Anderson, S., 2005. Soils: genesis and geomorphology. Cambridge University Press, New York, USA.
90. 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), Enschede, the Netherlands. 106 pp.
91. Soil Survey Staff, 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agricultural Handbook 436,Washington DC, USA.
92. Soil Survey Division Staff, 1993. Soil survey manual. United State Department of Agriculture, Handbook No. 18, Wahsington DC, USA.
93. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy (11th ed.). NRCS, USDA, USA.
94. Sumner, M.E., and Miller, w.p., 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficient. In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis, Part 3. American Society of Agronomy, Inc., Madison. WI, USA, pp. 1201-1229.
95. Sylla, M., Stein, A., van Mensvoort, M.E.F., and can Breemen, N., 1996. Spatial variability of soil actual and potential acidity in the mangrove agroecosystem of West Africa. Soil Science Society of American Journal 60. 219-229.
96. Toomanian, N., Jalalian, A., Khademi, H., Eghbal, M.K. 2003. Application of WRB (FAO) and US Taxonomy systems to gypsiferous soil in Northwest Isfahan, Iran. Journal of Agricultural Science Technology 5, 51-66.

97. Toomanian, N., Jalalian, A., Khademi, H., Eghbal, M.K., and Papritz, A., 2006. Pedodiversity and pedogenesis in Zayandeh-rud Valley, central Iran. Geomorphology 81, 376-393.

98. Udomsri, S., 2006. Application of computer assisted geopedology to predictive soil maping and its use in assessing soil erosion pron e areas: a case study of DoiAngKhang, AngKhang Royal Agricultural Station, Thailand. MSc. Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.

99. Urban, D.L., O□Neill, R.V., and Shugart, H.H., 1987. Landscape ecology: ahierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. Bioscience 37, 119-127.

100. Valentine, K.W.G., 1981. How soil map units and delineation change with survey intensity and map scale. Canadian Journal of Soil Science 61, 535-551.

101. Walker, P.H., 1989. Contributions to the understanding of soil and landscape relationships. Austalian Journal of Soil Research 27, 589-605.

102. Webster, R., Butler, B.E., 1976. Soil survey and classification studies in Ginninderra. Aust. Journal. Soil Res 14, 1–24.

103. Wilding, L.P., 1985. Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: Nielsen, D.R., Bouma, J. (Eds.), Soil Spatial Variability. Proceedings of the Workshop ISSS and SSSA, Las Vegas, NV. 30 November–1 December 1984. PURDOC, Wageningen, The Netherlands, pp. 166–189.

104. Wilding, L.P., Bouma, J., and Goss, D., 1994. Impact of spatial variability on modeling. In: Bryant, R., Arnold, R.W. (Eds.), Quantitative Modeling of Soil Forming Processes. Soil Science Society of America Special Publication #39. Madison, WI,pp. 61–75.

105. Wösten, J.H.M., Bannink, M.H., and Bouma, J., 1987. Land evaluation at different scales: you pay for what you get! Soil Survey and Land Evaluation 7, 13-24.

106. Wu, J., And David, J.L., 2002. A spatially explicit hierarchical approach to modeling complex ecological system: theory and applications. Biological Modeling 153, 7-26.

107. Wu, J., And Levin, S.A., 1994. A spatial patch dynamic modeling approach to pattern and process in an annual grassland. Ecological Monographs 64, 447-464.

108. Zink, J.A., 1989. Physiography and soils. Lecture notes for soil students. Soil Science Division, Soil survey courses subject matter: K6 ITC, Enschede, The Netherlands.

Effects of Scale on Geopedological results in Soil Mapping

Abstract

Geopedology is a systematic approach to analyze the influence of the geomorphic levels on soil mapping. This approach makes it possible to generalize the soil survey results in one geomorphic unit to the other similar units of the same area that consequents in reducing the time and costs of soil survey. The main question in this regard is to what extent the soil data generalization can be valid? To answer this question the effect of the mapping scale, landform and kind of the soil classification system on the reliability of the geopedologic approach were studied in an area of about 1600 ha on the northeast of Damavand. For this purpose, the geomorphic units were determined by interpreting the 1:55000 and 1:40000 scale air photos of the study area, separately. In the next step, two similar districts named A and D were selected in piedmont landscape unit and two similar districts named B and C were selected in hill landscape unit as well. Afterward, 13 and 22 pedons were described and sampled in four selected districts of 1:55000 and 1:40000 scale maps, respectively. The pedons were classified up to the family level according to Soil Taxonomy (USDA, 2010) and up to the subunit level (including suffix and prefix qualifiers) based on WRB (FAO, 2007) soil classification systems after physical and chemical analysis on all of the pedons' master horizons. Finally, relative and Surndsun indices were used to analyze and compare the soil classifications of similar studied geomorphic units in two mapping scales, separately. The results indicated to the significant effect of mapping scale on the geopedologic approach so that the two taxonomic similarity indices for the same geomorphic units and in all levels were lower in 1:40000 scale than the 1:55000 scale for all studied pedons. Since geopedology approach is suitable for semi-detailed to reconnaissance studies, the results of this study showed mapping scale was effective in semi-detailed scales, as well. The results also show the similarity was higher among the pedons in piedmont than hill. In the other word, the geopedologic approach was more efficient for mapping the piedmont landscape unit. It was probably due to the less variations of slope in piedmont comparing to hill. Furthermore, despite the ability of WRB classification system to better depict the reality of soil characteristics in the field, Soil Taxonomy system was more successful to predict the similarity among geopedologic units. It is likely because of the six-level hierarchical origins of both Soil Taxonomy classification system and the geopedologic approach that made them correlate more easily. It is suggested to add a newer and more precise category to the geopedologic approach naming "landform phase" in order to increase the efficiency of this approach when it is going to use for semi-detailed and larger scales soil survey.

Key words: Geopedology, Soil mapping, Scale, Generalization, Landform