

# نقش تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در طول دامنه‌ها در فرسایش‌پذیر شدن خاک‌های کوهستان‌ها (با تأکید بر فرسایش خندقی): دامنه‌های شمال غربی سبلان (از اهر تا مشکین شهر)

مریم بیاتی خطیبی\*

دانشیار گروه پژوهشی جغرافیای دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

پذیرش: ۸۷/۳/۸

دریافت: ۸۶/۸/۲۱

## چکیده

در محدوده‌های کوهستانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها، متأثر از تفاوت در ویژگی‌های عناصر دامنه‌ای متفاوت است. عناصر دامنه‌ای علاوه بر تأثیرگذاری به این ویژگی‌ها، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر حساسیت فرسایش‌پذیری خاک‌ها نیز تأثیر می‌گذارند. به لحاظ تغییرات سریع در ویژگی‌های خاک‌ها در طول دامنه‌ها، توجه به تأثیر این تغییرات در میزان فرسایش‌پذیری خاک‌ها و همچنین توجه به تمامی آنها در اعمال هرگونه اقدامات حفاظتی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هریک از ویژگی‌های خاک، یعنی بافت، ساختمان خاک، مقادیر کربن آلی، میزان هدایت الکتریکی، pH، رطوبت خاک متأثر از عناصر دامنه‌ای، به نحوی در فرسایش‌پذیری خاک‌ها و یا حاصلخیزی آنها مؤثرند. به لحاظ اهمیت این تأثیرات، با هدف بررسی فرسایش توده‌ای خاک در محدوده مطالعه شده، به عنوان یک منطقه کوهستانی (واقع در جغرافیایی ۳۸° ۱۵' تا ۳۸° ۳۰' عرض شمالی و ۴۷° ۰۰' تا ۴۷° ۳۸' طول شرقی، بین اهر و مشکین‌شهر). سعی شده است تا نقش عناصر دامنه‌ای در تعیین ویژگی‌های اصلی خاک و در نهایت در میزان فرسایش‌پذیری آن مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه ابتدا با استفاده از نمونه‌های برداشت شده از بخش‌های مختلف منطقه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در طول دامنه‌ها مورد تحلیل قرار گرفته و با استفاده از روش‌های آماری، نقش عناصر دامنه‌ای در طول شدن خندق‌ها بررسی شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که نقش

Email: m\_bayati@tabrizu.ac.ir

\* نویسنده مسؤول مقاله:

عناصر دامنه‌ای در تغییر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی و همچنین نقش طول دامنه در طویل شدن خندق‌ها تعیین کننده است.

کلیدواژه‌ها: خاک، فرسایش خاک، فرسایش خندقی، عناصر دامنه‌ای، خاک کوهستان‌ها، دامنه‌های سبلان.

## ۱- مقدمه

خاک ترکیب پیچیده‌ای از مواد بیوژئوشیمیایی است که امکان تشکیل و ادامه حیات بر سطح زمین را فراهم می‌سازد. در واقع خاک‌ها سیستم‌های اکولوژیکی فعالی هستند که در طی زمان، زایش، تحول و یا در اثر وقوع تغییرات ناگهانی در شرایط محیطی، به طور سریع فرسایش پیدا می‌کنند [۱، ص ۱۰؛ ۲، صص ۱۲۵۸-۱۲۷۳].

خاک‌ها محصول و نتیجه عملکرد فرایندهای مختلفی هستند که در طی زمان در اثر عملکرد تمامی فرایندها در ارتباط با یکدیگر تشکیل و به مرور زمان افق‌های ژنتیکی در آن شکل می‌گیرند. محل تشکیل خاک، ویژگی‌ها و شدت و ضعف عوامل تأثیرگذار، زمان و عوامل متعدد دیگر، سرعت تشکیل و تحول خاک را تعیین می‌کنند. در بین کلیه عوامل تأثیرگذار بر خاک، عوامل توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی از عوامل مهم در فرایند زایش و تحول خاک‌ها محسوب می‌شوند. به همین دلیل برای درک تفاوت‌های ویژگی‌های خاک در محدوده‌های کوهستانی، این منبع ارزنده طبیعی در طول دامنه‌ها بررسی می‌شود.

نتایج تفاوت در نیمرخ‌های خاک در طول توپوگرافی شکل‌گیری کاتناهای خاک است. در واقع زایش واژه کاتنا<sup>۱</sup> خود دلیل اهمیت عناصر دامنه‌ای بر ویژگی‌های خاک است. در مناطق کوهستانی، بارش و نیروی ثقل محرک اصلی تغییرات ژئومورفیک است که این تغییرات کنار عوامل لیتولوژیکی در نهایت موجب تغییرات چشم‌اندازها در محیط‌های کوهستانی می‌شوند [۳، صص ۳۴۷-۳۶۲؛ ۴، صص ۸۹، ۱۶۳-۱۷۱].

در چنین محدوده‌هایی، خاک‌ها و دامنه‌ها باید به عنوان سیستم بازی در نظر گرفته شوند که انرژی و ماده از سویی به آن وارد و از سوی دیگر از آن خارج شود. در داخل چنین سیستمی، در اثر تأثیر عناصر زیرسیستم، تبدیلات و تغییراتی صورت می‌گیرد که نتیجه نهایی آن

۱. مفهوم کاتنا برای اولین بار به وسیله میلن ۱۹۳۵ پس از مطالعه خاک‌های تانزانیا ارائه شد. او برای پهنه‌بندی خاک‌های این کشور از این مفهوم استفاده کرد.

تشکیل خاک با ویژگی‌های مختلف در طول دامنه‌ها است. در واقع این ویژگی‌ها انعکاسی از ویژگی‌های محیطی و نحوه تأثیر عوامل تأثیرگذار هستند [۵، صص ۱۷۳-۱۹۳].

باتوجه به این ویژگی‌ها و با شناخت دقیق از نحوه تغییرات و تبدیلات ماده وانرژی در داخل این سیستم و در یک مقیاس محدود (مانند یک دامنه)، می‌توان نحوه وقوع تغییرات محیطی و نحوه تأثیرات این تغییرات بر ویژگی‌های خاک‌ها و اشکال سطحی را به‌طور دقیق لمس کرد و با توجه به این ویژگی‌ها، نحوه تغییرات اشکال سطحی دامنه‌ها را در آینده، نظیرسازی نمود. از دیدگاه حفظ خاک و از جنبه عملیات مدیریتی خاک نیز، شناخت عملکرد سیستم‌های خاک و نحوه تأثیر عوامل تأثیرگذار، به‌ویژه عناصر دامنه ای بر آن از ضروریات است.

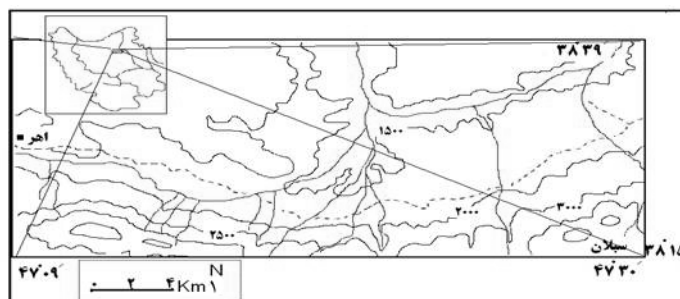
در محدوده دامنه‌ها، هر خاک با تمامی نیمرخ‌ها، دارای تاریخ و ویژگی‌های خاص خود است که این ویژگی‌ها و تفاوت در تاریخ آنها بیانگر نحوه تأثیر و تغییر عوامل مختلف دامنه‌ای و همچنین تفاوت در اقالیم حاکم بردامنه‌ها است [۶، صص ۲۰۹-۲۲۵؛ ۷، صص ۲۸۶۷-۲۸۷۹].

اگر تأثیر عوامل مختلف دامنه‌ای در زایش و تحول خاک در ارتباط با یکدیگر مورد مطالعه و خاک به عنوان یک سیستم در نظر گرفته شود، تحلیل و درک تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های آن بسیار آسان‌تر خواهد بود. ویژگی‌های نیمرخ‌های خاک‌هایی که از قسمت‌های مختلف سطوح هموار تهیه می‌شوند، تقریباً یکسان هستند. اما نیمرخ‌هایی که از خاک‌های مستقر بر روی دامنه‌ها تهیه می‌شوند، در یک محدوده طولی کوچک، بسیار متفاوت خواهند بود. تغییرات در مورفولوژی دامنه که در جهت شیب صورت می‌گیرد، بسیار سریع است. این تغییرات سریع، به عناصر دامنه‌ای و به عملکرد فرایندها و در نهایت به خاک منتقل می‌شود و در ویژگی نیمرخ‌های آن منعکس می‌گردد. بنابراین با بررسی نیمرخ‌ها می‌توان اطلاعات بسیار ارزشمندی در رابطه با نحوه تأثیر عناصر مختلف توپوگرافی بر ویژگی‌های خاک به‌دست آورد. در واقع بررسی خاک و نیمرخ‌های آن روی سطوح شیب‌دار می‌تواند به بسیاری سئوال‌های اساسی در مورد نحوه زایش و تحول خاک در قالب یک سیستم پاسخ دهد.

## ۲- موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های زمین شناسی و خاک شناسی منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه شده در شمال غرب ایران و در محدوده جغرافیایی  $38^{\circ} 15'$  تا  $38^{\circ} 30'$  عرض

شمالی و  $47^{\circ}00'$  تا  $38^{\circ}47'$  طول شرقی، بین اهر و مشکین شهر گسترده شده است (شکل ۱). این منطقه به وسیله رودخانه اهر و قره‌سو زهکشی می‌شود و از نظر اقلیمی نیز جزء نواحی نیمه خشک با متوسط بارندگی ۳۵۰ میلی‌متر در سال محسوب می‌شود. نزدیک به ۵۰ درصد بارندگی منطقه در فصل بهار نازل می‌شود. بارندگی‌هایی رگباری بهاری در سایش سطوح شیب‌دار و در تشکیل و توسعه خندق‌ها نقش اساسی ایفا می‌کنند.



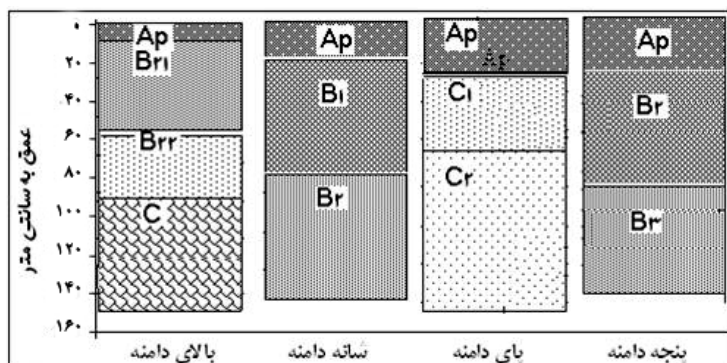
شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی محدوده مطالعه‌شده

توپوگرافی منطقه از تنوع خاصی برخوردار است، که این تنوع مدیون ساختار زمین‌شناسی، فعالیت‌های تکتونیکی و پشت سرگذشتن دوره‌های مختلف اقلیمی است. برونزدهای سنگی منطقه شامل سنگ‌های آذرین و رسوبات دوره پالئوسن می‌باشد که در بخش‌های مختلف دیده می‌شوند. واحدهای آهکی که در غرب منطقه برونزد کرده‌اند، از ضخامت قابل ملاحظه‌ای برخوردارند (۲۰۰ متر) و از واحدهای رسوبی مربوط به کرتاسه محسوب می‌شوند (شکل ۲).



شکل ۲ آهک‌های خشک شده در قسمت‌های بالایی دامنه‌ها

در بخش فوقانی واحدهای یادشده می‌توان شاهد مارن‌ها و شیل‌هایی بود که حاصل فعالیت شدید فرایندهای فرسایشی در دوره‌های گذشته هستند. در شرایط کنونی به لحاظ ارائه بستر مساعد وقوع پدیده‌های مختلفی از جمله لغزش‌های بزرگ و کوچک و تشکیل خندق‌های متعدد در روی این سازندها مشاهده می‌شود. رسوبات اوایل کواترنر که به‌طور عمده متشکل از کنگلومراها می‌باشند، به سهولت به‌وسیله چینه‌بندی ناجور و شکل هموار قابل تشخیص هستند و اغلب در دره‌ها و فرورفتگی‌ها را سبب شده‌اند. درکف خندق‌های عمیق منطقه که اغلب در روی تراس‌های قدیمی تشکیل شده‌اند، می‌توان شاهد رخنمون رسوبات مذکور بود. آبرفت‌های قدیمی منطقه که با تغییرات اقلیمی بعد از پلیستوسن در رابطه هستند، از ضخامت قابل ملاحظه‌ای برخوردارند (حدود ۱۰۰ متر) و تا کناره دامنه‌ها و گاه تا ارتفاعات بالا گسترده شده‌اند. آبرفت‌های مذکور به لحاظ ویژگی‌هایی که دارند و به جهت اینکه هنوز هم به استحکام کامل نرسیده‌اند، زمینه مساعدی را برای وقوع لغزش‌ها و تشکیل خندق‌ها در منطقه فراهم کرده‌اند. خاک‌های محدوده مطالعه شده (که اغلب بر روی آبرفت‌های قدیمی تشکیل شده‌اند) به دو رده آنتی سول و اینسپتی سول تقسیم می‌شوند. در قسمت‌های رأس دامنه‌ها با ارتفاع ۱۲۴۰ متر و شیب ۲/۴ درصد، خاک‌ها اغلب از نوع اینسپتی سول هستند. در این خاک‌ها، افق‌های مشخصی مانند  $A_p$ ,  $B_{r1}$ ,  $B_{r2}$ ,  $C$  تا عمق ۱۴۵ سانتی‌متری تشکیل شده‌اند (شکل ۳).



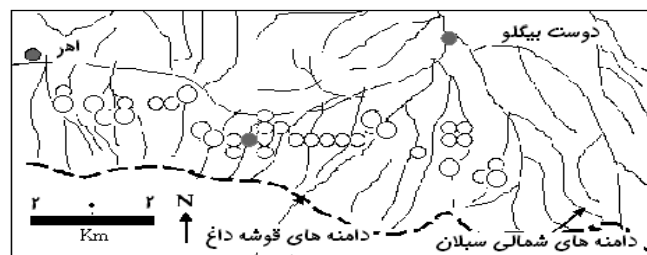
شکل ۳ نیمرخ‌های تهیه شده از بخش‌های مختلف دامنه‌ها

در این خاک‌ها، عمق سولوم به ۹۵ سانتی‌متر می‌رسد. از ویژگی‌های خاک این قسمت، وجود یک افق آهکی در عمق ۷۵-۹۰ سانتی‌متر است که در صورت خشک بودن به صورت پودر می‌باشد (شکل ۲) و در حالت خیس بودن به صورت روانه‌های گلی درمی‌آیند. در بخش شانه دامنه‌ها در ارتفاع ۱۱۸۰ متر، تیپ خاک‌ها اینسپتی سول است. خاک‌های این بخش نسبتاً تکامل یافته هستند و در آن افق‌های  $B_1, B_2, B_3, Ap$  تشکیل شده‌اند (شکل ۳). تیپ خاک‌های بخش پای دامنه‌ها آنتی سول و فاقد تکامل پرفیلی و دارای افق‌های  $C_1, C_2, Ap$  است. عمق سولوم در این بخش ۲۵ سانتی‌متر است. در بخش پاشنه دامنه‌ها تیپ خاک‌ها اینسپتی سول است. خاک‌های این بخش نسبتاً تکامل یافته‌اند و افق‌های  $B_1, B_2, B_3, Ap$  دارند. در دشت‌های آبرفتی به طرف بالادست دامنه‌ها کامل نیمرخ خاک پیشرفته تراست و در این نیمرخ‌ها، سن و قدمت خاک‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. خاک‌های دشت‌های سیلابی اطراف رودخانه نسبت به خاک‌های دشت‌های آبرفتی، تکامل بیشتری نشان می‌دهند.

مطالعات خاک‌شناسی در دشت مشکین شهر نشان می‌دهد که یک افق آهکی در نیمرخ‌های خاک در بخش رأس دامنه در عمق ۷۰-۹۵ سانتی‌متر قابل ردیابی است [۸، صص ۳۷-۴۸]. این افق آهکی معمولاً زمانی تشکیل می‌شود که میزان رطوبت مؤثر معادل بارش سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر باشد. حضور افق مذکور، نشان از حاکمیت یک دوره نسبتاً طولانی اقلیم خشک‌تر از امروز با بارش حدود ۲۰۰ میلی‌متر است. در تکامل نیمرخ خاک‌های دشت مشکین شهر علاوه بر آب و هوا، عامل مورفوژنز و مورفولوژی نیز به طور محلی نقش اساسی داشته است.

## ۲-۱- مواد و روش‌ها

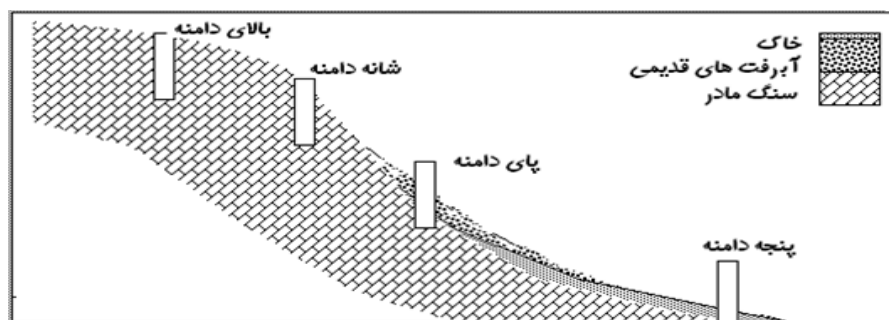
در محدوده مطالعه شده، خندق‌های بزرگ و کوچک زیادی تشکیل شده‌اند (شکل ۴).



شکل ۴ پراکنندگی خندق‌ها در محدوده مطالعه شده

در ابتدای تحقیق تصور براین بود که علت تشکیل این پدیده‌ها علاوه بر اینکه به ویژگی‌های خاک برمی‌گردد، به نحوه تأثیر عوامل مختلف، به‌ویژه عوامل متعدد توپوگرافی نیز برمی‌گردد. در واقع طبق بررسی‌های صورت گرفته می‌توان گفت که تشکیل و توسعه خاک و یا فرسایش سریع و یا کند آن در طی زمان در ارتباط مستقیم و یا غیرمستقیم با عوامل مختلف توپوگرافی است [۹، صص ۲۵۱-۲۵۹]. در این تحلیل نیز با این توجیه برای بررسی نقش عوامل مختلف دامنه‌ای در فرسایش توده‌ای و سریع خاک به‌ویژه توسعه خندق‌ها، نمونه‌هایی از خاک‌های بخش‌های مختلف دامنه‌ها برداشت و آزمایش شده است. این نمونه‌ها با سه هدف از بخش‌های مختلف برداشت شده است:

- ۱- برداشت نمونه‌هایی از بخش‌های مختلف یک دامنه ویژه (بالا، شانه، پای و پنجه دامنه) برای بررسی نقش عناصر دامنه‌ای در تغییرات ویژگی‌های خاک‌هایی که در طول یک دامنه (با بستر و اقلیم واحدی یکسان) مستقر شده است (شکل ۵)؛
- ۲- برداشت نمونه از خاک قسمت‌هایی که خندق‌های بزرگ تشکیل شده‌اند. برای بررسی علت تشکیل خندق‌های بزرگ در یک بخش ویژه، نمونه‌هایی از خاک تهیه شده است؛
- ۳- تهیه نمونه‌های تصادفی از بخش‌های مختلف برای تحلیل و بررسی کلی پتانسیل خندق‌زایی منطقه.



شکل ۵ محل تهیه نمونه‌های خاک از بخش‌های مختلف یک دامنه

در کنار تهیه نمونه‌های متعدد از خاک‌ها برای بررسی نقش عناصر دامنه‌ای در توسعه خندق‌ها، طول این پدیده‌های ژئومورفولوژیکی نیز در طی پیمایش میدانی و یا از طریق به‌کارگیری عکس‌های

هوایی (با مقیاس ۲۰۰۰۰:۱) اندازه‌گیری شده است و پارامترهای مربوط به عناصر دامنه‌ای (طول، شیب و...) با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به‌دست آمده است. بعد از تهیه داده‌های لازم با استفاده از نرم‌افزار SPSS، داده‌ها مورد تحلیل آماری قرار گرفته‌اند. در نهایت با استفاده از نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تهیه شده نتایج لازم به‌دست آمده است.

## ۲-۲- یافته‌ها، نتایج و بحث

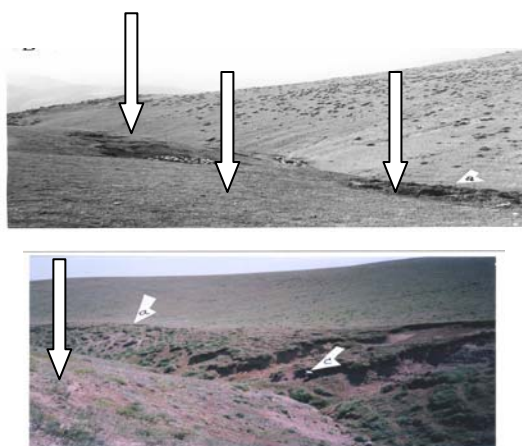
توپوگرافی یا خطوط ناهمواری محلی، کنترل‌کننده‌های اصلی توزیع خاک بر چشم‌اندازها و تعیین‌کننده عمده ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها به‌شمار می‌آیند. با علم به تأثیر عناصر مختلف ناهمواری‌ها بر ویژگی‌های خاک‌ها، می‌توان با مشخص کردن ویژگی‌های اصلی ناهمواری‌های محلی، تفاوت‌های موجود در خاک‌های محدوده‌های مختلف را آسان‌تر تفسیر و علت فرسایش توده‌ای خاک را با استناد به داده‌های واقعی توجیه کرد. این تفاوت‌ها علاوه بر اینکه متأثر از میکروکلیم، عوامل لیتولوژی، فرایندهای سطحی، مشخصات زمین‌شناسی است بلکه در محیط‌های کوهستانی نیز به‌طور عمده متأثر از ویژگی دامنه‌ها است. اما نباید فراموش کرد که تعیین سهم هریک از عناصر توپوگرافی در تعیین نوع خاک و طبقه‌بندی عوامل برحسب میزان تأثیرات هر یک از آنها در زایش، توسعه و توزیع خاک‌ها و یا در فرسایش آنها بسیار دشوار است. چرا که با تغییرات جزئی در هر یک از عوامل تأثیرگذار، ویژگی‌های خاک‌ها تغییر می‌کند. موقعیت چشم‌اندازها از جمله جهت‌گیری دامنه‌ها، نقش اساسی در تغییرات سریع ویژگی‌های خاک دارند. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که تغییرات در خاک علاوه بر اینکه متأثر از تغییرات در عوامل در یک مقیاس کلی جهانی و منطقه‌ای است، همچنین متأثر از تغییرات سریع در عناصر دامنه در یک مقیاس محدودتر است [۱۰، صص ۱۶۹-۱۷۲].

## ۳- نقش عناصر دامنه‌ای در تعیین و تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها

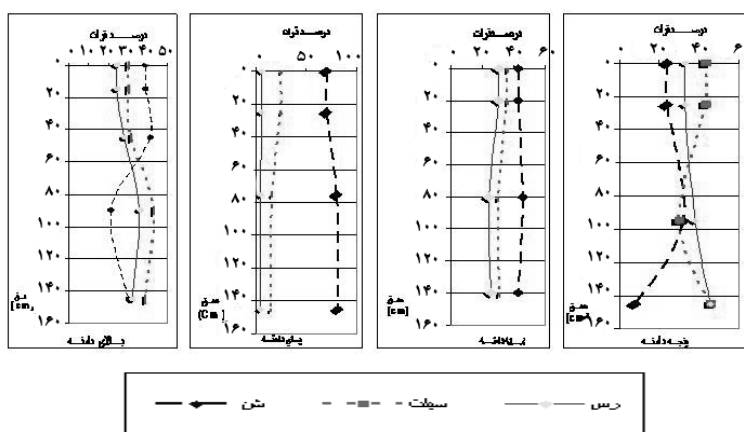
عناصر دامنه‌ای در زایش بعضی از اشکال ژئومورفولوژیکی - که به طریقی در انتقال انبوهی از خاک‌های مستقر در دامنه‌ها نقش دارند - سهم اساسی ایفا می‌کنند. میزان فرسایش خاک‌ها با ویژگی‌های فیزیکی آنها رابطه مستقیم دارد. این ویژگی‌ها نیز به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم با ویژگی‌های توپوگرافی مناطق در رابطه است [۱۱، صص ۱۰۵۵-۱۰۶۷].



۱۲: (صص ۵-۲۴). برای بررسی نحوه تأثیر عناصر توپوگرافی، به‌ویژه تأثیر ویژگی‌های عناصر دامنه‌ای در ویژگی‌های خاک و در نتیجه در فرسایش آنها، نمونه‌هایی از چهار بخش دامنه تهیه و مورد تحلیل قرار گرفته است (شکل ۶). بررسی این نمونه‌ها، به‌ویژه توجه به درصد مقادیر نرات تشکیل‌دهنده نمونه خاک‌ها نشان می‌دهد که درصد مقادیر رس، سیلت و شن در بخش‌های مختلف دامنه‌ها به‌طور مشخصی متفاوت است (شکل ۷).



شکل ۶ تأثیر جهت‌گیری دامنه‌ها و نشست برف در تشکیل و فرسایش خاک‌ها



شکل ۷ تغییرات در درصد مقدار رس، سیلت و شن در بخش‌های مختلف دامنه‌ها



نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر رس در پنجه دامنه‌ها بیشتر بوده که دلیل این امر نیز مربوط به انتقال مواد رسی به وسیله فرسایش سطحی و زیرسطحی به این بخش از دامنه‌ها است. در واقع در شرایط عادی، رسوباتی که به بخش پنجه دامنه‌ها و پای دامنه‌ها وارد می‌شوند، بافت ریزتری دارند و یکنواخت‌تر از سایر مناطق هستند. به علت اینکه در اثر عملکرد فرایند شستشوی دامنه‌ای، مواد ریزتر به قسمت‌های دورتر حمل می‌شوند و در نتیجه اجتماع رسوبات درشت‌تر در پای دامنه بیشتر اهمیت پیدا می‌کنند. در واقع توسعه خاک‌ها در پنجه دامنه‌ها منعکس‌کننده اجتماع رسوبات بیشتر و ثبات نسبی این محدوده و در نتیجه ایجاد فرصت لازم برای تکامل خاک‌ها است. به همین دلیل ضخامت افق A در این قسمت بیشتر از جای دیگر دامنه‌ها است (جدول ۱).

جدول ۱ ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها در بخش‌های مختلف دامنه‌ها

بالای دامنه

| افق             | عمق (سانتی متر) | بافت     | ساختمان          | پایداری در مقابل رطوبت |
|-----------------|-----------------|----------|------------------|------------------------|
| Ap              | ۱۵-۰            | لومی     | فشرده            | سفت                    |
| B <sub>۲۱</sub> | ۴۵-۱۵           | رسی-لومی | مکعبی نسبتاً قوی | سفت                    |
| B <sub>۲۲</sub> | ۴۵-۹۰           | رسی-لومی | مکعبی نسبتاً قوی | سفت                    |
| C               | ۱۴۵-۹۰          | رسی-لومی | فشرده            | سفت                    |

شانه دامنه

| افق            | عمق (سانتی متر) | بافت     | ساختمان    | پایداری در مقابل رطوبت |
|----------------|-----------------|----------|------------|------------------------|
| Ap             | ۲۰-۰            | لومی     | فشرده      | سفت                    |
| B <sub>۱</sub> | ۲۰-۸۰           | رسی-لومی | مکعبی ضعیف | سفت                    |
| B <sub>۲</sub> | ۸۰-۱۴۰          | رسی-لومی | مکعبی ضعیف | سفت                    |

پای دامنه

| افق            | عمق (سانتی متر) | بافت     | ساختمان            | پایداری در مقابل رطوبت |
|----------------|-----------------|----------|--------------------|------------------------|
| Ap             | ۲۵-۰            | لومی-شنی | تک دانه ای         | شل                     |
| C <sub>۱</sub> | ۲۵-۷۵           | لومی-شنی | فشرده              | شل                     |
| C <sub>۲</sub> | ۷۵-۱۴۵          | لومی-شنی | فشرده و تک دانه ای | شل                     |

پنجه دامنه

| افق            | عمق (سانتی متر) | بافت     | ساختمان    | پایداری در مقابل رطوبت |
|----------------|-----------------|----------|------------|------------------------|
| Ap             | ۲۵-۰            | رسی-لومی | فشرده      | سفت                    |
| B <sub>۲</sub> | ۹۵-۲۵           | رسی-لومی | منشوری     | چسبنده                 |
| B <sub>۳</sub> | ۱۴۵-۹۵          | رسی      | مکعبی ضعیف | چسبنده                 |

در محدوده مطالعه شده، تراکم پوشش گیاهی در بخش شانه دامنه‌ها بیشتر است و نیمرخ خاکها تکامل یافته‌تر است و در صد مقدار رس و سیلت نیز در آن‌ها بیشتر است. بخش پای دامنه‌ها که به طور عمده محل تشکیل خندق‌ها است، در ناپایدارترین شرایط قرار دارند. خاک در این قسمت فرصت تکامل پیدا نکرده و با توجه به نبود حفاظت خاک به وسیله پوشش گیاهی، خاک بیشتر در معرض فرسایش قرار گرفته است. در نمونه‌های تهیه شده، درصد شن در این بخش نسبتاً بالا است (شکل ۷). دلیل این موضوع آن است که در این قسمت اغلب خاکها روی آبرفت‌های قدیمی تشکیل شده‌اند و هنوز این آبرفت‌ها مراحل تکامل خود را به طور کامل طی نکرده‌اند و با توجه به ناپایداری زیاد دامنه‌ها بعید به نظر می‌رسد که مراحل تکامل خاکها به طور عادی و بدون وقفه ادامه پیدا کند. اطلاعات درج شده در جدول ۱ نیز ویژگی‌های فیزیکی نمونه خاک‌های تهیه شده نشان می‌دهد که خاک‌های مستقر در پای دامنه در مقابل دریافت رطوبت، پایداری خود را از دست می‌دهند درحالی‌که در بخش‌های دیگر خاک دامنه از ثبات نسبی برخوردار هستند (جدول ۱).

درصد بالای شن در نمونه‌های تهیه شده از پای شانه دامنه‌ها نشان از زهکشی مناسب دامنه‌ها است. مقدار شن در خاک‌های پای دامنه که بیشترین ریزش‌ها و لغزش‌ها را متحمل می‌شوند، زیاد است. در حالی که در خاک‌های مستقر در پنجه دامنه‌ها، مقدار سیلت بیشتر است. در بخش‌های مختلف دامنه‌ها ویژگی افق‌های خاک نیز تغییر می‌کند.

بالاترین افق در نیمرخ‌های تهیه شده، یعنی افق Ap یک افق مختلطی از مواد آلی و معدنی است که در اثر دخالت‌های انسانی تغییراتی را متحمل شده است. این افق در بخش بالای دامنه کم‌ضخامت و در بخش‌های دیگر دامنه اندکی بر ضخامت آن افزوده می‌شود (از ۱۵ سانتی متر در بالای دامنه به ۲۵ سانتی متر در پنجه و پای دامنه می‌رسد). بافت خاک‌های این قسمت اغلب رسی - لومی است. اما دربخشی‌هایی سطوح بعضی از لندفرم‌ها به وسیله شن‌های کم عمق و ریگ‌ها پوشیده شده‌است و شستشوی سطحی باعث تشکیل بعضی از آبکندها و خندق‌های کم عمق شده است.

در بخش‌هایی از منطقه برجسته، سطوح سنگ‌ها به شدت فرسایش یافته و تحت هوازگی شدید قرار گرفته‌اند. حضور انواع سنگ‌ها باعث تفاوت در رنگ و بافت خاکها شده است. به دلیل نقش مسلط عوامل توپوگرافی و فرایندهای ژئومورفیک در تشکیل خاکها، مرزهای اشکال ژئومورفیک و همراهی خاکها، این اشکال به آسانی قابل تشخیص است.



در بخش شانۀ دامنه‌ها، بافت خاک‌ها با خاک‌های مستقر در بالای دامنه‌ها تقریباً یکسان است. در این قسمت، آبکندها بیشتر تشکیل می‌شوند و خندق‌های بزرگ به طور عمده در بخش مذکور تشکیل نمی‌شوند. در قسمت پای دامنه، خاک‌ها تکامل خاک‌ها کامل نیست. دلیل این امر این است که این قسمت درعین حال که نقش بخش انتقال را بازی می‌کند، در اثر ناپایداری دامنه‌ها، شدیدترین و سریع‌ترین حالت اختلاط خاک را تجربه می‌کند. در این قسمت از دامنه‌ها، خروج آب که چشمه‌ها و آب‌های زیر قشری خارج می‌شوند باعث انتقال مواد رسی می‌شود. به همین دلیل، در این قسمت بافت خاک اغلب لومی - شنی می‌شود (جدول ۱).

در اثر خروج آب‌ها، خندق‌های بزرگ تشکیل شده در این بخش دیواره‌های ناپایداری دارند و مواد دامنه‌ای از بخش‌های مختلف دیواره‌ها فرو ریخته و در واقع از جهات مختلف به دامنه‌ها هجوم می‌برند و خاک دامنه‌ها را وارد داخل خندق‌ها کرده و در اثر آب‌های سیلابی به بخش‌های پایین منتقل می‌کنند. اشکال ژئومورفیک مانند شیب‌های ملایم، آبرفت‌ها و نهشته‌های کوه رفتی با ضخامت نسبتاً زیاد از ویژگی‌های برجسته این بخش است. خاک‌های مستقر بر روی آبرفت‌های جدید و کوه رفت‌ها تکامل کمتری یافته‌اند. بافت آنها اغلب لومی و شنی است. در پنجه دامنه‌ها، دوباره بافت خاک تغییر می‌کند (جدول ۱). در این قسمت، به علت فراوانی آب و همچنین به علت بافت ریز، خاک‌ها به طور عمده چسبنده هستند. خاک‌های این بخش را می‌توان به دو قسمت مجزا تقسیم کرد:

۱- خاک‌های کم عمق تا متوسط که بر روی آبرفت‌های قدیمی دشت‌های سیلابی انباشته شده‌اند. خاک‌های این بخش دارای لایه نازکی از شن‌ها هستند که از زهکشی مناسب برخوردارند. حاصلخیزی و حفظ رطوبت آنها مستلزم توجه به ویژگی‌های ژئومورفیک این خاک‌ها و عملکرد فرایندهای ژئومورفیک متأثر از شکل دامنه‌ها است.

۲- خاک‌های عمیق تا با عمق متوسط روی دشت‌های سیلابی. این خاک‌ها روی شیب‌های ملایم و بر روی گرانیتهای هوازده منطقه تشکیل شده‌اند. بافت آنها نیز متوسط است. فرایندهای ژئومورفیک، مانند شستشوی صفحه‌ای و انتقال مواد از بخش‌های بالادست دامنه‌ها مسؤوّل تشکیل آنها است.

ده نمونه خاکی که به طور عمده از پنجه و در قسمتی نیز از پای دامنه‌ها تهیه شده‌اند، داستان خاص خود را دارند. در این نمونه‌ها (جدول‌های ۲ و ۳) بافت خاک اغلب ریز است و کائولونیت بخش عمده کانی را تشکیل می‌دهد.

جدول ۲ ویژگی‌های شیمیائی نمونه خاک‌های برداشت‌شده از بخش‌های مختلف دامنه

بالای دامنه

| افق | عمق (سانتی متر) | رنگ      | pH  | کربن آلی | هدایت الکتریکی |
|-----|-----------------|----------|-----|----------|----------------|
| Ap  | ۱۵-۰            | ۱۰ yR۳/۴ | ۷/۷ | ۱/۲      | ۱/۲            |
| B۲۱ | ۴۵-۱۵           | ۱۰ yR۳/۴ | ۷/۸ | ۰/۸۶     | ۱/۲            |
| B۲۲ | ۴۵-۹۰           | ۱۰ yR۳/۴ | ۸/۱ | ۰/۲۷     | ۱/۷            |
| C   | ۱۴۵-۹۰          | ۱۰ yR۴/۴ | ۷/۸ | ۰/۱۹     | ۰/۶            |

شانه دامنه

| افق | عمق (سانتی متر) | رنگ      | pH  | کربن آلی | هدایت الکتریکی |
|-----|-----------------|----------|-----|----------|----------------|
| Ap  | ۲۰-۰            | ۱۰ yR۳/۳ | ۷/۴ | ۰/۸۹     | ۱/۲            |
| B۱  | ۲۰-۸۰           | ۱۰ yR۳/۳ | ۷/۸ | ۰/۴۷     | ۰/۷۸           |
| B۲  | ۸۰-۱۴۰          | ۱۰ yR۳/۳ | ۷/۸ | ۰/۴۷     | ۱/۲            |

پای دامنه

| افق | عمق (سانتی متر) | رنگ      | pH  | کربن آلی | هدایت الکتریکی |
|-----|-----------------|----------|-----|----------|----------------|
| Ap  | ۲۵-۰            | ۱۰ yR۳/۳ | ۷/۵ | ۰/۲۳     | ۰/۸۵           |
| C۱  | ۲۵-۷۵           | ۱۰ yR۳/۳ | ۸/۲ | ۰/۰۳     | ۰/۲۸           |
| C۲  | ۷۵-۱۴۵          | ۱۰ yR۳/۳ | ۸/۳ | ۰/۰۲     | ۰/۳۵           |

پنجه دامنه

| افق | عمق (سانتی متر) | رنگ      | pH  | کربن آلی | هدایت الکتریکی |
|-----|-----------------|----------|-----|----------|----------------|
| Ap  | ۲۵-۰            | ۱۰ yR۳/۴ | ۷/۷ | ۱/۱۲     | ۱/۳            |
| B۲  | ۹۵-۲۵           | ۱۰ yR۳/۴ | ۷/۹ | ۰/۴      | ۱/۷            |
| B۳  | ۱۴۵-۹۵          | ۱۰ yR۳/۴ | ۷/۸ | ۰/۵۸     | ۱/۴            |

جدول ۳ مقادیر PH و هدایت الکتریکی در ۵ نمونه تهیه شده از محل تشکیل خندق‌های بزرگ

| نوع آزمایش/ مکان نمونه | آله | خضرکندی | علی آباد | آلمان جدید | خداوریدی کندی |
|------------------------|-----|---------|----------|------------|---------------|
| خاک PH                 | ۷/۷ | ۷/۵     | ۷/۷      | ۷/۷        | ۸/۱           |
| وهدایت الکتریکی        | ۰/۶ | ۰/۶۲    | ۰/۶      | ۰/۳۵       | ۰/۲۸          |

موردی که در بررسی تأثیر عوامل توپوگرافی در تشکیل و توسعه خاک ها نباید فراموش



شود، نقش جهت گیری دامنه‌ها و در نتیجه نقش نشست و دوام برف‌ها بر تشکیل، توسعه و یا فرسایش خاک‌ها است. نشست برف و دوام آن در دو جهت دامنه‌ها یکسان نیست (شکل ۶). این تفاوت در تراکم پوشش گیاهی، نوع هوازدگی، فرسایش و در نتیجه در ضخامت خاک‌ها منعکس می‌شود. در دامنه‌های شرقی محدوده مطالعه شده، دوام پوشش برف بیشتر بوده و در نتیجه رطوبت لازم برای پوشش گیاهی نیز زیاد است. ضخامت خاک این دامنه‌ها در اثر عملکرد هوازدگی بیشتر و نیم‌رخ خاک‌ها تکامل یافته‌تر است. (شکل ۸)

#### ۴- نقش عناصر دامنه‌ای در تعیین ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها

عوامل توپوگرافی، تعیین‌کننده نحوه جریان‌های سطحی و زیر قشری در خاک‌ها، محل استقرار انواع پوشش گیاهی و میزان نشست برف و همچنین تعیین‌کننده و در نتیجه تغییردهنده ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها است. طبق بررسی‌های صورت گرفته، ثابت شده است که بعضی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها مانند مقدار مواد آلی، PH، EC، هیچ رابطه‌ای منطقی با نوع سنگ ندارند [۸۳-۸۴]. بنابراین باید رابطه این ویژگی‌ها با دیگر عوامل مورد بررسی قرار گیرند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که شیب به عنوان مهمترین عامل توپوگرافی، تعیین‌کننده اصلی مقادیر مواد آلی، pH، نیتروژن و... در خاک‌ها است [۱۴، صص ۱۲۵۷-۱۲۵۶؛ ۱۵، صص ۵۵۷-۵۷۷]. به عنوان مثال در محدوده‌های کوهستانی با افزایش شیب، به لحاظ تغییر در عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژی از مقادیر مواد مذکور در خاک‌ها کاسته می‌شود [۱۶، صص ۹۴۸-۹۵۸؛ ۱۷، صص ۹۷۷-۹۸۷؛ ۱۸، صص ۷۰-۸۳]. در واقع، در مناطق کوهستانی به لحاظ متأثر شدن هدایت الکتریکی، مقدار pH و مواد آلی از عوامل توپوگرافی سعی شده است در منطقه، این سه ویژگی مهم در رابطه با عوامل توپوگرافی مورد بررسی قرار گیرد.

در محدوده مطالعه شده، به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های کوهستانی کشور، در بخش‌هایی از دامنه‌ها، به ویژه در بخش‌های پایین و پنجه دامنه‌ها که زهکشی ضعیف است، به سبب افزایش هیدروسیون، اجتماع اکسیدهای آهن در بخش‌های سطحی زیاد است. موقعیت سطح ایستابی در دامنه‌ها که به تبعیت از تغییرات فصلی تغییر می‌کند، در عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی و در نتیجه در مقادیر pH خاک تأثیر گذاشته است. در بخش‌هایی از دامنه که در فصولی از سال سطح ایستابی بالا است، خاک‌ها اغلب قلیائی شده‌اند. این امر بیشتر

در پنجه دامنه‌ها مشاهده می‌شود (جدول ۴، شکل ۸).

جدول ۴ ویژگی نمونه خاک‌های برداشت‌شده از بخش‌های مختلف منطقه

| شماره نمونه | نوع ذرات تشکیل دهنده خاک | نوع کانی      | میزان رطوبت(درصد) | شماره نمونه | نوع ذرات تشکیل دهنده خاک | نوع کانی  | میزان رطوبت(درصد) |
|-------------|--------------------------|---------------|-------------------|-------------|--------------------------|-----------|-------------------|
| ۱           | رس ریز دانه              | کائولونیت     | ۱۹                | ۶           | رس ریز دانه              | کائولونیت | ۱۲                |
| ۲           | رس ریز دانه              | کائولونیت     | ۲۲                | ۷           | ماسه لای دار             | کائولونیت | ۸                 |
| ۳           | رس ریز دانه              | کائولونیت     | ۱۲/۶۵             | ۸           | رس شن دار                | کائولونیت | ۹                 |
| ۴           | رس ریز دانه              | کائولونیت     | ۱۹                | ۹           | مارن سبز                 | کائولونیت | ۱۸/۴              |
| ۵           | رس ریز دانه              | مونت موریونیت | ۲۶/۵              | ۱۰          | ماسه شن دار              | کائولونیت | ۱۲                |

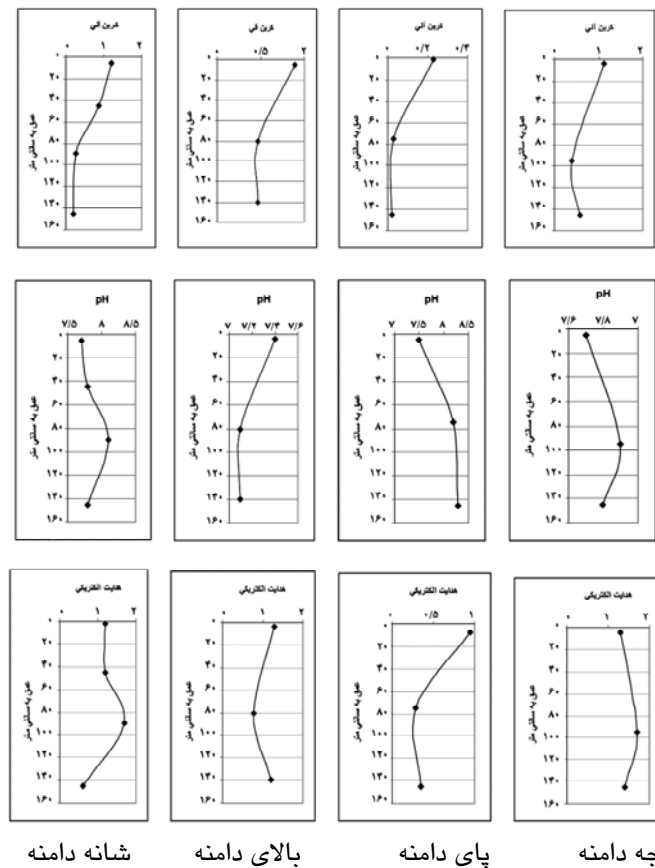
از ویژگی‌های اصلی شیمیایی خاک‌ها، حضور کربن آلی در خاک‌ها است که منبع عمده نیتروژن، فسفر و... در نتیجه تولید محصولات زراعی است. در مناطقی که فرسایش خاک تسریع می‌شود، مواد آلی از خاک‌ها به طور سزیمی انتقال پیدا می‌کند. به همین دلیل در مناطق کوهستانی اغلب اقدامات حفاظتی در جهت حفظ مواد آلی در خاک است. اما قبل از هرگونه اقدام حفاظتی، باید تفاوت در مقادیر مؤثر در حاصلخیزی خاک و یا بالابردن پتانسیل فرسایشی آن در اثر تغییرات در مقادیر مختلف، تثبیت و عوامل تغییردهنده آن شناسایی شود.

در منطقه مطالعه شده، میزان کربن آلی، متأثر از سطح ایستابی و متأثر از مقادیر پوشش گیاهی - که تمامی آنها متأثر از جهت گیری، انحنای و شکل دامنه‌ها و مقدار شیب هستند - در بخش‌های مختلف دامنه‌ها متفاوت است. در این محدوده، طبق اطلاعات حاصل از نمونه‌های جمع‌آوری شده، این تفاوت‌ها قابل ملاحظه است (شکل ۹).

در بخش بالایی دامنه‌های منطقه که تحت پوشش گیاهی جنگل‌های فندق وحشی و یا تحت کشت جو، عدس و یا لوبیا است، تراکم پوشش گیاهی موجب تقویت کربن آلی در بخش‌های سطحی خاک شده است. پای دامنه‌ها به علت بی ثباتی و نبودن پوشش گیاهی، از کمترین مقدار کربن آلی برخوردارند.

در بخش شانه و پای دامنه، به لحاظ افزایش شیب از مقدار مواد آلی و pH کاسته، اما در پنجه و بالای دامنه‌ها بر مقادیر pH و کربن آلی افزوده شده است. آب مهمترین عامل توزیع کربن آلی در افق‌های

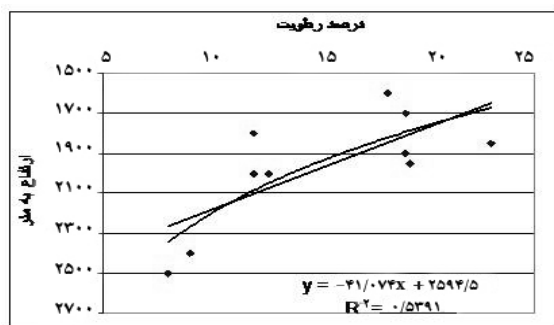
مختلف خاک و در بخش‌های مختلف دامنه‌ها است. درک تغییرات ونحوه توزیع آن در قسمت‌های مذکور، در واقع کلیدی برای اعمال مدیریت مناسب خاک در جهت حفظ آن است [۱۹، صص ۲۱۹-۲۲۷]. بنابراین باید در ابتدا میزان رطوبت در خاک‌های مستقر در بخش‌های مختلف دامنه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. برای بررسی نقش توپوگرافی در تقویت و یا نبود رطوبت خاک و در نتیجه در مقادیر pH و کربن آلی خاک‌های مستقر در دامنه‌های منطقه، ابتدا در ده نمونه جمع آوری شده از بخش‌های مختلف دامنه‌ها، رابطه ارتفاع و در صد رطوبت موجود در خاک مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۸، جدول ۲).



شکل ۸ ویژگی‌های شیمیائی خاک‌های تهیه شده از بخش‌های مختلف منطقه و در اعماق مختلف



این بررسی‌ها نشان می‌دهد که تا حد معینی با افزایش ارتفاع از مقادیر رطوبت در خاک کاسته می‌شود (شکل ۸). این به آن معناست که زهکشی در بخش‌های بالایی مناسب و در قسمت‌های پایین و در پنجه دامنه‌ها ضعیف است. در واقع در بالای دامنه‌ها، نفوذ آب عاملی است برای تقویت هوازدگی و یا جریان آن به طرف پایین و عامل انتقال بعضی از املاح به پایین دامنه‌ها است. با توجه به موارد بالا انتظار می‌رود که در بخش‌های سطحی و در قسمت‌هایی که از پوشش گیاهی غنی است، کربن آلی در حداکثر باشد. نمودار ترسیمی نیز تأییدکننده این موضوع است (شکل ۹).



شکل ۹ درصد رطوبت در ده نمونه خاک های تهیه شده از بخش های مختلف دامنه

در نمونه‌های تهیه شده مقدار کربن آلی در بالای دامنه و در پنجه دامنه‌ها و در قسمت‌های سطحی در حداکثر است. در شانه دامنه‌ها تا حدی کاهش پیدا می‌کند و در پای دامنه‌ها به حداقل می‌رسد. از طرف دیگر هوازدگی در شرایط مرطوب معمولاً برای تشکیل کائولونیت‌ها مساعد است مخصوصاً جاییکه مواد مادری در بخش پایه کم است. در محدوده مطالعه شده در شرایطی که شستشوی دامنه‌ها شدید شده (در طی مدت زمان طولانی و در دوره هלוسن که بارندگی در آذربایجان افزایش یافته است)، کائولونیت شکسته شده و سیلیکا و هیدرواکسیدهای آلومینیم رها شده است. تحت هوازدگی خشک، درجاییکه مواد مادری در پایه غنی بوده، اغلب مونت مورینیت‌ها و ایلیت‌ها<sup>۱</sup> و رس‌های چند لایه تشکیل شده‌اند.

1. illite



حضور این کانی‌ها در بخش‌های مستعد به لغزش پتانسیل خاک‌ها را به وقوع لغزش‌های عمیق و یا سطحی به حداکثر رسانده است. کائولونیت‌ها از معمول‌ترین سیلیکات‌های رسی هستند که درجایی تمرکز پیدا می‌کند که خاک‌ها خوب زهکشی می‌شوند. اگر کائولونیت‌ها فرسایش پیدا کنند و به بخش‌های پایین‌تر حمل شوند، می‌توانند به اسمکتیت<sup>۱</sup> تبدیل شوند [۲۰، صص ۸۶، ۱۱۵ - ۱۳۰]. در ده نمونه تهیه شده (جدول ۳) به غیر از نمونه ۵، حضور کانی‌های کائولونیت قابل ملاحظه است که این امر زهکشی مناسب خاک‌های مستقر در بخش‌های مختلف دامنه‌ها را نشان می‌دهد.

## ۵- نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در فرسایش خاک و

### تشکیل خندق‌ها

درعین حال که عوامل توپوگرافی روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارند، چنین عوامل و ویژگی‌هایی بر نحوه و شدت فرسایش خاک‌های مستقر روی دامنه‌ها نیز تأثیر می‌گذارند. برای بررسی نحوه تأثیر ویژگی‌های خاک بر فرسایش دامنه‌ها، به‌ویژه بر فرسایش خندقی، نمونه‌های مختلفی از محل تشکیل خندق‌ها و بخش‌های مختلف دامنه‌ها برداشت شده است. بررسی نمونه‌های برداشت شده نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در بخش‌هایی که خندق‌های بزرگ تشکیل شده‌اند، تا حدی متفاوت است و خندق‌ها در بخش‌های خاصی از دامنه‌ها تشکیل شده‌اند.

این بررسی‌ها نشان می‌دهد که سیلت، رس و بعضی از کانی‌های محتوی آنها مانند کائولونیت و مونت موریونیت بهترین بستر را برای تشکیل خندق‌ها پدید می‌آورند. عملکرد مونت موریونیت در تشکیل این پدیده‌های ژئومورفولوژی به این صورت توجیه می‌شود که در اثر خشک شدن رس‌های حاوی مونت موریونیت شکاف‌هایی در خاک‌های سطحی تشکیل می‌شود. شکاف‌های ایجاد شده در رس‌های غنی از مونت موریونیت در اثر بارندگی با آب پر شده و متورم می‌شوند (تورم و شکاف‌شدگی در رس‌های حاوی مونت موریونیت بهترین شرایط را برای فرسایش تونلی و در نتیجه تشکیل و توسعه خندق‌ها فراهم می‌سازد). در نتیجه فعالیت این فرایندها، رس‌ها چسبندگی خود را از دست می‌دهند و همچنین قابلیت

1. Smectite

پخش‌شدگی<sup>۱</sup> آنها افزایش پیدا می‌کند. در این شرایط اگر جریان آب‌های میان قشری<sup>۲</sup> امکان‌پذیر باشد، رس‌ها و سیلت‌ها به آسانی جدا می‌شوند و به صورت معلق در آب‌های جاری حمل می‌گردند. با انتقال رس‌ها، یک ماتریس اسکلتی تشکیل می‌شود، به طوری که آب و ذرات ریز از میان آنها می‌تواند به آسانی عبورکنند. اگر جریان آب بلافاصله امکان‌پذیر نباشد، قدرت هیدرولیکی افزایش یافته تا اینکه راه عبور امکان‌پذیر شود. زمانی که آب شروع به حرکت کرد، فرسایش مکانیکی به طور سریعی افزایش می‌یابد و شکاف‌های توسعه‌یافته به آب اجازه نفوذ و عبور می‌دهند، تا اینکه کانال‌های زیر زمینی در اثر جریان آب آن قدر بزرگ می‌شوند که سقف آنها فرو می‌ریزد. با فروریزی سقف کانال‌های زیرزمینی، خندق‌های اولیه تشکیل شده و محلی برای تمرکز آب‌های سطحی و در مواردی زیرقشری فراهم می‌شود و در اثر دخالت عوامل مختلف، ابعاد آنها توسعه پیدا می‌کند. از این نوع خندق‌ها هر چند بسیار معدود، می‌توان در روستای‌های حوالی اهر مشاهده کرد. در واقع در بخشی از خندق‌ها، سهم ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها به‌ویژه حضور کانی‌هایی نظیر مونت مورینیت قابل ملاحظه است.

برای بررسی دقیق‌تر حساسیت دامنه‌ها نسبت به فرسایش و تعیین بخش‌هایی با پتانسیل بالا لازم است ویژگی‌های عمده خاک‌ها که با فرسایش خندقی در رابطه است، مورد بررسی قرارگیرد. با این منطق هم ویژگی شیمیایی نیمرخ‌های تهیه شده از بخش‌های مختلف دامنه‌ها مورد بررسی قرار گرفته و هم نمونه‌هایی که از نزدیکی محل‌هایی که خندق‌های بزرگ تهیه شده مورد مطالعه قرار گرفته است (جدول ۴).

مقدار pH و هدایت الکتریکی در فرسایش پذیرکردن خاک در بخش‌های مختلف دامنه‌ها از عناصر مهمی است که باید مدنظر قرارگیرد. با این منطق، مقدار مواد مذکور در نمونه‌های برداشت شده مورد بررسی قرار گرفته است.

این بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر pH و هدایت الکتریکی در بخش‌های بالای دامنه و در پاشنه دامنه‌ها بیشتر است. در بخش دیگر دامنه نیز این مقادیر بیشتر است، اما تنها بخشی که مقادیر آنها اهمیت پیدا می‌کند، پای دامنه‌ها است. در این قسمت هم شیب و هم ضخامت آبرفت‌ها و خاک‌ها می‌تواند برای تشکیل خندق‌ها پراهمیت باشد. با توجه به مشخصات نمونه‌های برداشت شده می‌توان گفت که با افزایش شیب، مقدار pH و هدایت

1. Dispersed  
2. Throughflow



الکتریکی در نمونه‌های برداشت شده، کاهش پیدا کرده است. نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های برداشت شده (جدول ۴) از نزدیکی خندق‌ها نشان می‌دهد که از نظر میزان PH خاک و هدایت الکتریکی با توجه به آستانه‌های ارائه شده (حداقل آستانه  $PH = 9/5$  و  $EC = 1/0$  هدایت الکتریکی برای فرسایش خندقی) مواد سطحی و زیرسطحی منطقه به خندق‌زایی مستعد هستند و ممکن است خندق‌هایی که در حوالی محدوده مورد نمونه‌برداری تشکیل شده‌اند، ابتدا در اثر ایجاد آبراه‌های زیرسطحی و سپس با فروریزی سقف آنها به خندق تبدیل شده باشند.

### ۶- نقش عناصر دامنه‌ای در زایش و توسعه خندق‌ها

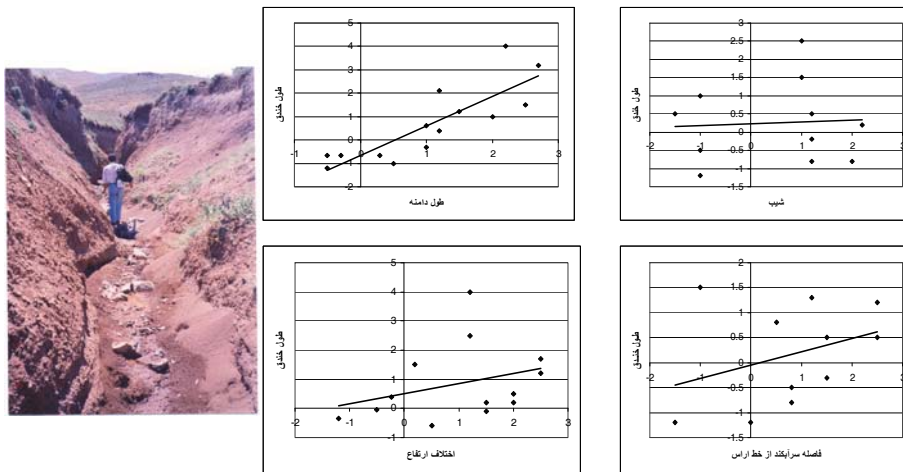
فرسایش دامنه‌ها به‌خصوص در فرسایش خندقی، شکل و طول دامنه‌ها نقش اولیه ایفا می‌کنند. طول دامنه که تعیین‌کننده وسعت محدوده جمع‌آوری آب‌های جاری، انحنا و شکل دامنه‌ها که تعیین‌کننده واگرا و یا همگرا شدن آب‌های جاری و در نتیجه افزایش و یا کاهش نیروی سایشی آب‌های جاری در سطوح دامنه‌ها است، در تشکیل خندق‌ها نقش تعیین‌کننده دارند. در واقع طبق مطالعات صورت گرفته، فرسایش خندقی بر دامنه‌های متشکل از مواد ریز دانه به طول دامنه بستگی دارد [۲۱، صص ۳۵-۴۶].

این مطالعات نشان می‌دهد که در دامنه‌های کوتاه فرسایش خندقی بر ذرات کوچکتر از  $0/05$  میلی‌متر مؤثر است. با توجه به تأثیر عناصر دامنه‌ای در حساس پذیرنمودن خاک‌ها به فرسایش لازم است از این دیدگاه نیز مسأله فرسایش خاک‌ها و در نتیجه تشکیل خندق‌ها در منطقه مورد بررسی قرارگیرد.

با توجه به موارد بالا، در محدوده مطالعه شده ابتدا رابطه آماری عناصر دامنه‌ای و پراکنندگی خندق‌ها به عنوان مهمترین اشکال ژئومورفولوژیکی که سبب فرسایش خاک در حجم بسیار بالا می‌شود، بررسی شده است. بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که طول دامنه در بین چهار عامل انتخابی بیشترین رابطه را با طول خندق‌ها دارد ( $R = 0/5306$ ). بنابراین براساس این نتیجه‌گیری‌ها می‌توان گفت که عامل طول دامنه در محدوده مطالعه شده، به‌طور مستقیم با فرسایش در رابطه است. (رابطه ۱)

$$y = 9/255 + 0/324 X_1 + 0/569 X_2 \quad (\text{رابطه ۱})$$

نتیجه به این صورت توجیه می‌شود که روی دامنه‌های طویل تشکیل رواناب‌های قوی امکان پذیر می‌شود. بنابراین درپای چنین دامنه‌هایی، نهشته‌های دامنه‌ای با حجم زیاد که به فرسایش آبراه‌ای مساعد هستند، انباشته می‌شوند. عامل طول دامنه عامل قوی‌تر از عامل جهت‌گیری در دامنه‌ها در تشکیل توسعه و یا حتی در فرسایش آن است. از سوی دیگر، دامنه‌های طویل، معمولاً ملایم‌تر از دامنه‌های کوتاه هستند. این امر به آب‌های سطحی اجازه نفوذ بیشتر می‌دهد (شکل ۱۰). به همین دلیل در دامنه‌های طویل تنوع در تقسیمات خاک بیشتر از دامنه‌های کوتاه است.



شکل ۱۰ تأثیر عوامل دامنه‌ای در طویل شدن خندق‌ها و تصویری از خندق تشکیل شده در منطقه

لازم به ذکر است که، هر چند از نظر تئوری ممکن است توجیه نقش عامل طول دامنه بر روی تشکیل خندق‌ها ساده باشد، اما در عمل تعیین نقش آن به عنوان یک عامل تأثیر گذار در تشکیل و تحول خاک بسیار دشوار است، چرا که پارامتر طول دامنه یک عامل مرکب بوده و دربرگیرنده عوامل متعددی است که هر یک از آنها به تنهایی و یا در ارتباط با یکدیگر در زایش، توسعه و تشکیل خندق‌ها و یا فرسایش خاک تأثیرگذار هستند. در واقع در عنصر طول دامنه، عوامل دیگری مانند شیب و انحنای دامنه نیز مستتر است. در دامنه‌های طویل، ممکن است

انحنای دامنه تغییر کند. به همین دلیل عامل طول دامنه به یک عامل پیچیده مبدل می‌شود که تفسیر و تعیین آن بر تشکیل و یا فرسایش خاک بسیار دشوارتر از نقش سایر عوامل است. علاوه بر عامل طول دامنه، شکل دامنه نیز در تعیین ویژگی‌های خاک و همچنین در تشکیل و یا فرسایش آن مهم است. پایش‌های میدانی در منطقه مطالعه شده نشان می‌دهد که تشکیل خندق‌ها به‌طور عمده در بخش مقعر دامنه‌ها صورت گرفته است. این امر به این صورت توجیه می‌شود که در بالای دامنه‌های مقعر جریان مواد و آب حالت همگرا پیدا می‌کنند و این همگرایی که باعث در اختیار گذاشتن مواد بیشتر - به عنوان مواد اولیه تشکیل و ضخیم شدن خاک‌ها - بیشتر به پایین دامنه‌ها می‌شوند درعین حال باعث قدرت گیری توان فرسایش آب‌های سطحی و در نتیجه فرسایش پذیر شدن این بخش از دامنه‌ها می‌شود.

#### ۷- منابع

- [1] Schaetzl R., Anderson. S, "Soils genesis and geomorphology ";Cambridge pub; 2005.
- [2] Poudel D.D., West, L.T.; "Soil development and fertility characteristics of a volcanic slope in Mindanao the Philippines". Soil Science. 1999. 63: 1258-1273.
- [3] Wilkinson M.T., Humphreys G., "S. Slope aspect, slope length and slope inclination controls of shallow soils vegetated by sclerophyllous heath - links to long-term landscape evolution;" Geomorphology, Vol. 76, 2006.
- [4] Ritchie J.C., McCarty G.W., Venteris, E.R., Kaspar, T.C.; "Soil and soil organic carbon redistribution on the landscape"; *Geomorphology* Geomorph, 2006. 89. 163-171.
- [5] BelyaeV.R., WallbrinkP.J., GolosovV.N., MurrayA.S., Sidorchuk AY; "A comparison of methods for evaluating soil redistribution in the severely eroded stavropol region, southern European Russia" ; *Geomorphology* Vol. 65, 2005.
- [6] YandaR.Z.; "Use of soil horizons for assessing soil degradation and reconstructing chronology of degradation processes: The case of Mwisanga

Catchment ,Kondoa,central easonal changes in an Alpine soil bacterial community in the Colorado RTanzania;.,*Geomorphology*,Vol.34, 2000.

- [7] Lipson, D.A, Scmidt K."Socky Mountains.Applied and , Environmental Microbiology " Vol.70, 2004.
- [۸] دلال اوغلی ع؛ «تغییرات کاتنای خاک در دشت مشکین شهر» فضای جغرافیایی ش ۸۱، ۱۳۸۳.
- [9] Bogaart P.W., Troch A.;"On the use of soil-landscape evolution modeling in understanding the hillslope hydrological response;.*Hydrology*,Vol.1, 2004.
- [10] Gabriel D.; "The effect of slope length on the amount and size distribution of eroded silt loam soil:Short slope laboratory experiments on interrill erosion";*Geomorphology*,Vol.28, 1999.
- [11] Moir W.H.,Ludwig J.A., Scholes R.T."Soil erosion, vegetation in grasslands of the Peloncillo mountain , New Mexcio" *Soil Science*.Vol.46, 2000.
- [12] Harden C.P,Scruggs PD."Infiltration on mountain slopes:a comparison of three environments";*Geomorphology* Vol.55, 2003.
- [۱۳] معینی ا، جعفری م،، سلاجقه ع،، فیض نیا س. «بررسی امکان استفاده از روش زمین‌شناسی برای مطالعات خاک در منابع طبیعی: مطالعه موردی،حوزه آبخیز طالقان»؛*مجله محیط‌شناسی* ش ۳۹، ۱۳۸۵.
- [14] Fitzhugh R.D.,Christenson L.,M.,Lovett G.M."The fate of NO<sub>2</sub> tracer in soils under different tree species of the Catskill mountain; New\York *Soil science*,. *Soil Science*,Vol.67, 2003.
- [15] Johnston C.A.,Bridgham S,D.,Bergan,J.S."Nutrient dynamics in relation to geomorphology of riverine wetlands".*Soil science*,Vol.65. 2001.
- [16] Maranon M.S.,Soriano M.,Degado.,Delgado R."Soil quality in Mediterranean mountain environments :Effects of land use change". *Soil*



Science, Vol.66, 2002.

- [17] Ribes A., Grimalt C.J., Guevas E. "Polycyclic aromatic hydrocarbons in mountain soils of the subtropical Atlantic". *Journal of Environment Quality*, Vol.32, 2003.
- [18] Chadwick, O.A., Kelly, E.F., Hotchkiss, S.C., Vitousek, P.M. "Precontact vegetation and nutrient status in the shadow of Kohala Volcano, Hawaii". *Geomorphology*. *Geomorph*, 2006.89.70-83.
- [19] Imeson A.C., Lavee, N.; "Soil erosion and climate change the transect approach and the influence of; scale" *Geomorphology*, Vol.23, 1998.
- [20] Nemeth K., Cronin, S.J., "Syn- and post-eruptive erosion, gully formation and morphological evolution of a tephra ring in tropical climate erupted in 1913 in West Ambrym, Vanuatu; " *Geomorphology*, 2006.86.115-130.
- [21] Shoshany M., Kelman E.; "Assessing mutuality of change in soil and vegetation patch pattern characteristics by means of Cellular Automata simulation"; *Geomorphology*; Vol.77, 2006.