Archive of SID

نقش تراکم زهکشی و اختلاف ارتفاع بر وقوع لغزشهای دره‌ای در کوهستانهای نیمه خشک دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

مریم بیاتی خطیبی*

استادیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

دریافت: ۸۳/۸/۲۷ پذیرش: ۸۳/۱۲/۲۲

چکیده

کوهستانهای نیمه خشک، به لحاظ حاکم بودن شرایط اقلیمی خاص و ویژگیهای هیدرولوژیکی وتوپوگرافی، از مستعدترین مناطق برای وقوع لغزشها، بویژه لغزشهای دره‌ای محسوب می‌شوند. دراین مناطق، تشکیل آبراهه‌های عمیق و تغییرآرایش جریان آبها درطول آنها، از عوامل تحریک کننده اصلی مواد دیواره دره‌ها، به وقوع لغزش به شمار می‌آیند. در طول آبراهه‌های عمیق منطقه مطالعه شده، به‌عنوان یک منطقه کوهستانی نیمه خشک، لغزشهای متعددی به وقوع پیوسته است. با توجه به نقش این لغزشها درتغییر و یژگیهای هیدرولوژیکی دره‌ها و همچنین تغییر در میزان بار رسوبی رودخانه‌ها و تهدید مساکن روستایی، نقش عوامل مختلف در وقوع آنها، از جمله تراکم زهکشی، اختلاف ارتفاع و ویژگیهای سازندهای سطحی، با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی، توپوگرافی، عکسهای هوایی و نمونه‌برداریها و بازدیدهای میدانی، بررسی وتحلیل شده‌اند. نتایج این تحلیلها نشان می‌دهد که میزان گسیختگیها و لغزشهای دره‌ای، تابع میزان تراکم زهکشی، بویژه تراکم آبراهه‌های عمیق، تابع تغییرات نسبتهای Ds/Dd و همچنین تابع تغییرات R می‌باشد شایان ذکر است که تا ارتفاع معینی از ناهمواری منطقه که متشکل از سازندهای سست و منفصل می‌باشد، هرچه برمیزان اختلاف ارتفاع افزوده می‌شود، احتمال وقوع لغزشهای دره‌ای نیز افزایش پیدا می‌کند.

کلید واژه‌ها: ژئومورفولوژی کاربردی، لغزش، کوهستانهای نیمه خشک، ناپایداری شیبها، تراکم زهکشی، کوه سبلان.

---

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: m.bayati@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بررسی علل ومکان وقوع لغزشها درمناطق کوهستانی، بویژه در دره‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. خاکهای قابل کشت و زرع (هرچند کم ضخامت)، مراتع سرسبز و در مواردی، سکونتگاههای روستایی روی سطوح دشتهای سیلابی و یا به دلیل دسترسی آسان به آب، در سطوح شیبدار مشرف به دره‌های عمیق واقع شده‌اند. بی‌ثباتی دیواره دره‌ها و وقوع لغزشهای دره‌ای درمحدوده زیست انسانها، علاوه بر وارد کردن خسارات مستقیم جانی و مالی می‌توانند موجب به هدررفتن مقدارمتنابهی از خاکهای سطوح شیبدار-که بستری را برای کشت و زرع فراهم می‌سازند- شوند و با مسدود کردن بخشی از دره‌ها و تغییر مسیرآبهای جاری و تماس آنها با دیواره دره‌ها، در طی زمان موجب برش پای دیواره‌ها و تحریک بیشترآنها به وقوع لغزشها شوند. به‌این ترتیب با افزایش تعداد وقوع آنها، بار رسوبی آبهای جاری درمناطق کوهستانی که اغلب محل احداث سدهای بزرگ نیز می‌باشد، افزایش پیدا می‌کند [۱، ص۲۲]. به لحاظ اینکه لغزشهای بزرگ درمناطق کوهستانی، به طور عمده در دره‌های عمیق و به‌وسیله آبهای جاری نیمه دائمی رخ می‌دهند و با وقوع آنها، تغییرات عمده‌ای دربالا دست و پایین دست دره‌ها پدیدمی‌آید، بررسی علل، نحوه ومکان وقوع لغزشهای بزرگ، در رابطه با نحوه پراکندگی آبراهه‌های عمیق و سطحی و تراکم هریک ازآنها در واحدسطح می‌تواند نتایج مهمی را در رابطه با شناسایی نواحی مستعد به لغزش ارائه دهد.

در دهه‌های اخیر به لحاظ افزایش وقوع حرکات توده‌ای در محدوده زیست انسانها- که انسان هم به نحوی در وقوع آنها سهیم است وهم از آثار وقوع چنین پدیده‌هایی متأثرمی‌شود- میزان تحقیقات به وسیله متخصصان مختلف درمورد علل وقوع آنها افزایش یافته است و هرکدام ازمحققان از جنبه‌های مختلف، پدیده‌های مذکور را مطالعه کرده‌اند [۲، ص۱۹۱؛ ۳، ص۱۴؛ ۴، ص۹] و با توجه به ویژگی لغزشهای مطالعه شده وعوامل دخیل در وقوع آنها، لغزشها را طبقه‌بندی و یک و یا چند عامل را به‌عنوان عامل و یا عوامل تحریک کننده پدیده‌های مذکور، معرفی کرده‌اند [۵، ص ۹۶؛ ۶، ص ۱۴؛ ۷، ص۳۰؛ ۸، ص۱۶؛ ۹، ص۱۲]. در هر محدوده‌ای با توجه به ویژگیهای محلی، عامل و یا عوامل متعددی در وقوع و یا زمینه‌سازی وقوع آنها دخیل می‌باشند. اما در مناطق کوهستانی، با توجه به پراکندگی لغزشها درکناره آبراهه‌ها، به نظرمی‌رسد که آبهای تمرکزیافته و جاری در آبراهه‌های رده‌های مختلف، بویژه در دره‌های عمیق از عوامل اصلی تحریک کننده شیبها به وقوع انواع لغزشها می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

تراکم زهکشی، یعنی طول کلی آبراهه‌ها در هر واحد سطح، نشاندهنده میزان برش سازندهای سطحی به وسیله آبهای جاری و به‌طورغیرمستقیم، حاکی از ایجاد اختلاف ارتفاع بین دوسطح می‌باشد که افزایش در هر دو عامل، یعنی میزان تراکم آبراهه‌ها وهم بالابودن اختلاف ارتفاع، درصورت وجود بستر لیتولوژیکی مساعد می‌تواند احتمال وقوع لغزشهای دره‌ای را افزایش دهند. مطالعات نشان می‌دهد که تراکم زهکشی، نسبت ناهمواریها و یا اختلاف ارتفاع در نواحی کوهستانی با یکدیگر و با لغزشها رابطه دارند [۱۰، ص۵۹]. اما نحوه این رابطه در کشورهای مختلف، متفاوت است [۱۱، ص۶۵؛ ۱۲، ص۵۵؛ ۱۳، ص۷۹]. به‌عنوان مثال، این رابطه در مناطق کوهستانی آمریکا مثبت و در کوهستانهای ژاپن منفی است [۱۴، ص۵۰]. به عقیده محققان ژاپنی، علت منفی بودن این رابطه دربخشهای کوهستانی این کشور، به کاهش شیب دره‌ها، در اثر وقوع گسیختگیهای مکرر مربوط می‌شود [۱۵، ص ۴۹]. تالینگ وسافتر[1] درطی مطالعاتی که دراین زمینه انجام دادند، متوجه شدند که رابطه تراکم زهکشی با شیب دیواره دره‌ها، در جایی که فرسایش ناشی از آبهای تمرکز یافته درمنطقه قالب است، مثبت می‌باشد [۱۶، ص۸۸]. اما اگر لغزشهای کم عمق وسطحی در دره‌های مورد نظر به‌طور مکرر اتفاق افتد، این رابطه منفی خواهد شد. هاوارد[2] نیز نشان داد که رابطه تراکم زهکشی و شیب دره‌ها در دره‌هایی که آبهای جاری بستر خود را به‌طور سریعی فرسایش می‌دهند، منفی است و در چنین دره‌هایی معمولاً لغزش رخ نمی‌دهد[۱۷، ص ۱۴؛ ۱۸، ص۵۴۵]. اما اگر چنین فرسایشی به‌طور کند صورت گیرد، رابطه مذکور مثبت خواهد بود. در این شرایط در چنین دره‌هایی جابجایی آبهای جاری به یکی از کناره دره‌ها سریعتر و در نتیجه میزان تحریک مواد دیواره‌ها به وقوع لغزش افزایش خواهد یافت[۱۹، ص۱۲۷]. به‌طورکلی می‌توان گفت که نتایج مطالعات صورت گرفته دراین زمینه حاکی از وجود رابطه بین تراکم زهکشی و نوع آبراهه‌ها با وقوع لغزشهای دره‌ای درمناطق کوهستانی است. در واقع دراین مناطق، وجود انرژی زیاد ناشی از وجود اختلاف سطوح و حضورآبهای تمرکز یافته با توان بالا، زمینه بسیارمساعدی را برای وقوع چنین پدیده‌هایی فراهم می‌سازند.

با توجه به پراکندگی انواع لغزشها دربخشهای مختلف منطقه، بویژه در کناره دره‌ها وآبراهه‌ها به نظر می‌رسد که دره‌های واقع در دامنه‌های شمال غربی سبلان، ازمستعدترین مناطق برای انواع حرکات توده‌ای، بویژه لغزشها می‌باشند. مطالعات درمنطقه نشان می‌دهد که درحدود ۹۰ درصد از لغزشهای منطقه مورد نظر، درکنار دره‌های عمیق به وقوع پیوسته‌اند. بعضی از آنها به هنگام وقوع با خسارات زیادی نیز همراه بوده‌اند. به عنوان مثال،

1. Taling and Softer(1999)
2. Howard(1997)

www.SID.ir

Archive of SID

لغزش بزرگی که در خرداد سال ۱۳۶۶ در بالاتر از روستای افیل (نزدیک مشکین شهر) رخداد، از مهیبترین و از بزرگترین آنها محسوب می‌شود. در اثر وقوع لغزش مذکور، حجم زیادی ازآبرفتهای قدیمی وارد رودخانه‌های محلی شد وعده زیادی از اهالی روستا و همچنین تعداد زیادی از دامهای محلی نیز، در زیر مواد حجیم فروریخته از دیواره دره مدفون شدند.

درمنطقه مطالعه شده، با توجه به نقش وقوع لغزشهای دره‌ای در ازدیاد بار رسوبی آبهای جاری در دره‌ها، خالی کردن خاکهای قابل کشت به داخل آنها و همچنین تهدید مستقیم و غیرمستقیم انسانهای ساکن در جوارلغزشها، درطی یک تحقیق جامع رابطه این پدیده‌ها با تراکم زهکشی، بررسی شده است. در مقاله حاضر نتایج این تحقیقات ارائه می‌شود.

۲- ویژگیهای طبیعی و موقعیت جغرافیای منطقه مطالعه شده

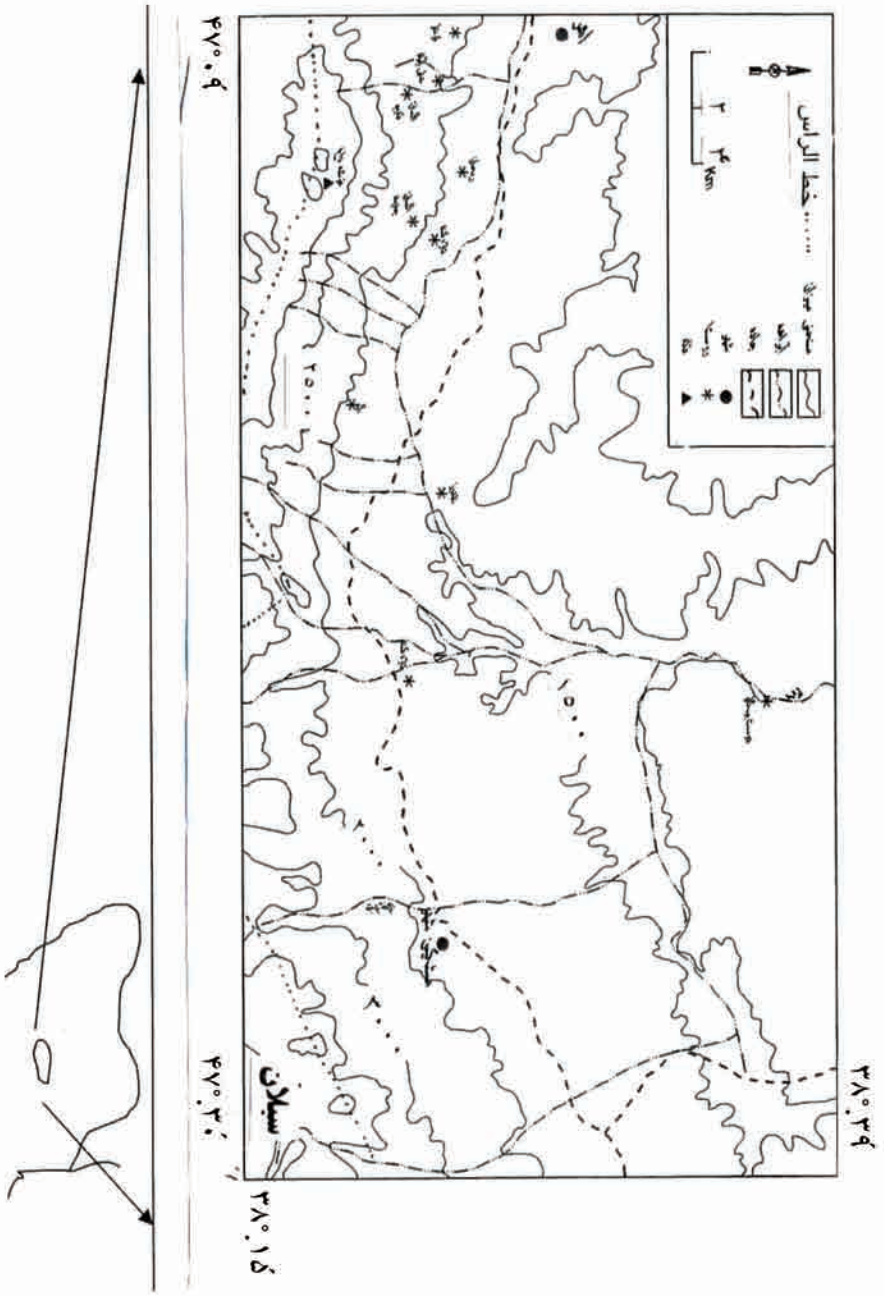
منطقه مطالعه شده در شمال‌غرب ایران و در محدوده جغرافیایی ۱۵′ ۳۸° تا ۳۰′ ۳۸° عرض شمالی و ۰۰′ ۴۷° تا ۳۸′ ۴۷° طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). ویژگیهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی دامنه‌های شمالی و شمال‌غربی کوهستان سبلان (به عنوان دومین کوهستان مرتفع کشور با ارتفاع ۴۸۸۸ متر)، به لحاظ پیچیدگی درساختار زمین‌شناسی، وقوع فعالیتهای تکتونیکی (درگذشته وحال)، پشت سرگذاشتن دوره‌های مختلف اقلیمی و به تبع آن حاکم بودن سیستمهای فرسایشی مختلف، بسیار متنوع است.

واحدهای مختلف سنگ‌شناسی سبلان کلاً منشأ آتشفشانی دارند. محدوده گسترش سنگهای تراکی آندزیت، آندزیت، داسیت و مواد آتشفشانی دیگر، نظیر لاهاروتوف درمنطقه بسیار زیاد است. گستره سنگهای نفوذی منطقه که به‌طورعمده گرانیتها می‌باشند، در مقایسه با سایر سنگها کمتراست. در دشت مشکین شهر، واحدهای سنگ شناسی کلاً رسوبی بوده و شامل رسوبات زیردریایی (رس، ماسه، سیلت وکنگلومرا)، مواد آذرآواری (توف، خاکستر ولاهار) وآبرفتها می‌باشند.

قدیمی‌ترین واحدهای آذرین منطقه، مربوط به دوران دوم (کرتاسه) است که در نزدیکی اهر و طاقدیس قوشه‌داغ رخنمون نموده‌اند و از ضخامت قابل ملاحظه‌ای نیز بر خوردارند. در واحدهای مذکور، آندزیتها بیشتر از سایرسنگها مشاهده می‌شوند. سنگهای آذرین دوران سوم، خصوصاً پالئوسن، بیشترین گسترش را در منطقه یافته‌اند. آندزیتهای دوران سوم (ائوسن) در کنارگرانیتهای اولیگوسن، به‌طور وسیعی دربخشهای میانی منطقه رخنمون نموده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعه شده

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین وضعیت اقلیمی دامنه‌های شمال‌غربی کوه سبلان، به دلیل عدم وجود ایستگاههای هواشناسی بویژه درارتفاعات، به‌طورقطع مشکل است. درمنطقه مطالعه شده فقط به اختلاف دما بین ایستگاههای مشیران و مشکین شهر که در دامنه شمالی قرارگرفته شده، اکتفا شد و پس از مقایسه تغییرات دما در بین ایستگاههای موجود، گرادیان دما حدود ۰/۴۸ درجه به‌ازای هر ۱۰۰ متر اختلاف ارتفاع محاسبه شد. گرادیان دما در ایستگاههای مشیران و مشکین شهر در زمستان، ۰/۳۹، بهار ۰/۵۸، تابستان ۰/۶۲ و در پاییز ۰/۴۸ می‌باشد. با مقایسه ارتفاع ایستگاههای موجود در دامنه شمالی، یعنی درمشیران (با ارتفاع ۶۵۳ متر)، مشکین شهر (با ارتفاع ۱۵۶۸ متر) و موئیل (با ارتفاع ۲۳۰۰متر) میزان متوسط بارندگی بترتیب برابر ۲۱۳ و ۳۷۷ و ۴۱۰ میلیمترمی‌باشد. افزایش نزولات آسمانی به ازای افزایش هر ۱۰۰ متر، ۱۳ میلیمتر محاسبه و با بررسی آمار بارش ایستگاه موئیل نیز، ضریب برفی ارتفاعات، ۰/۴۳ تعیین شد.

آبهای دامنه‌های شمال غربی سبلان به وسیله مشکین چای، واهر چای و شاخابهای متعدد آنها زهکشی می‌شوند که در نهایت هر دو پس از پیوستن به یکدیگر رودخانه قره سو را تشکیل می‌دهند.

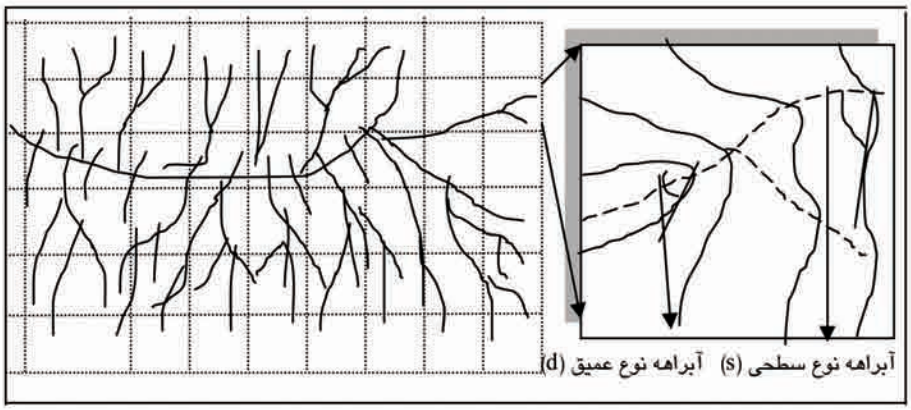
۳- مواد و روشها

ازآنجایی که در مناطق کوهستانی آبراهه‌های عمیق از بخشهای مستعد به وقوع لغزشها محسوب می‌شوند، بنابراین تفکیک آبراهه‌های عمیق و سطحی در واقع تفکیک مناطق بی‌ثبات وبالقوه بی‌ثبات از مناطق نسبتاً باثبات خواهد بود. به همین دلیل، دراین تحقیق نیز به منظور بررسی علل ناپایداری دیواره دره‌ها و با هدف ممیزی بخشهای بالقوه مستعد به لغزش، ابتدا سعی شده‌است تا آبراهه‌های عمیق و سطحی از هم تفکیک شوند. برای تفکیک آبراهه‌های سطحی و عمیق، ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰) و انطباق آن با عکسهای هوایی (به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰) و بر اساس زاویه تقاطع خطوط آبراهه‌ها و منحنیهای میزان، آبراهه‌های نوع عمیق و کم عمق از هم تفکیک شدند. به‌این صورت آبراهه‌هایی که زاویه برخورد آنها با منحنی میزان کمتر از ۵۰ درجه بود، از نوع عمیق (یا نوع d) وآبراهه‌هایی که زاویه برخورد آنها با منحنی میزان بیش از ۵۰ درجه بود، به‌عنوان آبراهه‌های نوع سطحی (ویا نوع s) تعیین شده‌اند (شکل ۲). سپس لغزشهای دره‌ای با توجه به پراکندگی آبراهه‌های عمیق و سطحی و در ارتباط قرار دادن نوع تراکم زهکشی با اختلاف ارتفاع (به‌عنوان یکی ازمؤلفه‌های مهم دیگر در وقوع لغزشهای دره‌ای) بررسی شده‌اند. درمرحله بعدی، محل پراکندگی لغزشها با استناد به اطلاعات جمع‌آوری شده

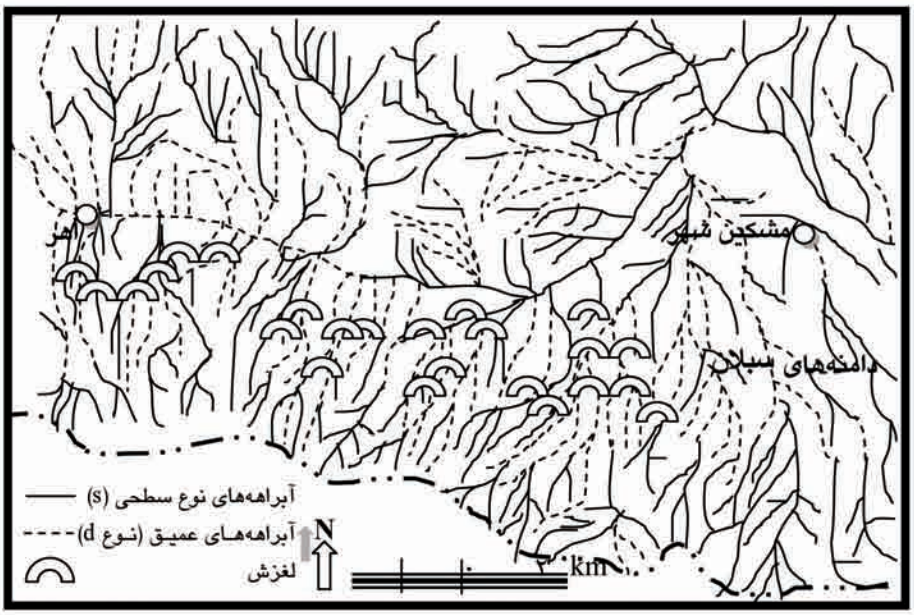
www.SID.ir

Archive of SID

زمینی و در مواردی با استفاده از عکسهای هوایی (اغلب لغزشهای نسبتاً قدیمی) شناسایی و روی نقشه مشخص شده است (شکلهای ۲ و ۳).



شکل۲ نحوه تفکیک آبراهه‌های سطحی و عمیق



شکل۳ پراکندگی آبراهه‌های عمیق و سطحی و همچنین لغزشها در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

www.SID.ir

Archive of SID

برای محاسبه تراکم هر یک از آبراهه‌ها (نوع سطحی و عمیق) و همچنین میزان اختلاف ارتفاع درنقاطی که آبراهه‌های مذکورپراکنده شده‌اند، نقشه‌های توپوگرافی به ابعاد ۲ سانتیمتر در ۲ سانتیمتر (یک کیلومتر در سطح زمین) شبکه‌بندی وطول آبراهه‌های نوع d وs به تفکیک برای هرسلول (به‌طور جداگانه) اندازه‌گیری شد، سپس تراکم زهکشی روی انواع سازندها و لیتولوژی (Dkm/km^2)برای هر دو نوع آبراهه، یعنی نوع عمیق (Dd) و نوع سطحی (Ds) درکل منطقه، به تفکیک محاسبه شد و از مجموع تراکم زهکشی نوع سطحی و عمیق، زهکشی کل به‌دست آمد (Dt=Dd+Ds). دراین بررسی، از محاسبه تراکم زهکشی و اختلاف ارتفاع درسلولهایی که تعداد آنها از ۵ مورد کمتر بوده، صرف نظرشده است.

با انطباق لایه آبراهه‌های سطحی و عمیق روی لایه‌های مربوط به انواع سنگها و سازندهای سطحی، تراکم زهکشی روی سنگها و سازندهای مختلف نیز محاسبه شد تا مشخص شود که تراکم آبراهه‌های سطحی و عمیق روی کدام نوع سنگ و یا سازندهایی بیشتر است (جدولهای ۱- ۶). برای مقایسه یکنواختی پراکندگی آبراهه‌های عمیق وسطحی، انحراف معیار در هر سلول محاسبه و در کنار اعداد مربوط به هر سلول درج شده‌است. با توجه به اهمیت ارتفاع در نحوه و سرعت جریان آبراهه‌ها و رابطه آنها با وقوع لغزشها، ارتفاع نسبی (Hr) برای هر سلول شبکه از فرمول زیر محاسبه شده است:

رابطه ۱
$$Hr = \frac{H - Hmin}{Hmax - Hmin}$$

در رابطه بالا،

H میانگین ارتفاع در سلول ۲ در۲ سانتیمتری؛

Hmin حداقل ارتفاع؛

Hmax حداکثر ارتفاع یک در زیر حوضه می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ تراکم زهکشی روی گرانیتهای دامنه‌های شمال‌غربی سبلان*

R	N	Dd(km/km۲)	Ds(km/km۲)	Dt(km/km۲)	Ds/Dd
۰–۵۰	۴	–	–	–	–
۵۰–۱۰۰	۱۷	(۰/۷۱۷)۱/۳۴	(۰/۲۷۴) ۱۰/۰۷۸	(۰/۵۸۴)۲/۴۳۲	۰/۷۹۶
۱۰۰–۱۵۰	۱۰	(۰/۴۴۹)۱/۰۶۲۵	(۰/۵۶۸)۱/۱۲۵	(۰/۵۳۱)۲/۱۸۷	۱/۰۵۸
۱۵۰–۲۰۰	۲۹	(۰/۴۱۹)۱/۰۸۳	(۰/۴۹۲)۱/۱	(۰/۴۸)۲/۱۸۳	۱/۰۱۵
۲۰۰–۲۵۰	۱۵	(۰/۴۳۳)۰/۹۲۵	(۰/۵۹۲)۰/۹۴۲	(۰/۵۱۱)۱/۸۶۷	۱/۰۱۸
۲۵۰–۳۰۰	۱۰	(۰/۶۰۱)۰ /۹۳۷	(۰/۶۹۴)۱/۰۸۷	(۰/۵۶۱۹)۲/۰۲۴	۱/۱۶
۳۰۰–۳۵۰	۹	(۰/۳۸۱)۰/۸۳۳	(۰/۲۵۳)۱	(۰/۳۸۱)۱/۸۳۳	۲/۲
۳۵۰–۴۰۰	۱۹	(۰/۶۳۲)۰/۸۹۴	(۰/۶۴۵)۱/۰۵۶	(۰/۶۷۳)۱/۹۵	۱/۱۸۱
۴۰۰–۴۵۰	۴		–	–	–

جدول ۲ تراکم زهکشی روی آبرفتهای قدیمی دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

R	N	Dd(km/km۲)	Ds(km/km۲)	Dt(km/km۲)	Ds/Dd
۰–۵۰	۱۸۱	(۰/۵۸۳)۱/۰۲۷	(۰/۵۸۷)۱/۱۲۲	(۰/۵۸۴)۲/۱۴۹	۱/۰۹۲
۵۰–۱۰۰	۲۱۹	(۰/۵۵۲)۱/۱۳۰۵	(۰/۴۹۶)۱/۰۲۳	(۰/۵۷۴)۲/۱۵۳	۰/۹۰۴
۱۰۰–۱۵۰	۲۶	(۰/۴۷۶)۱/۰۱۵	(۰/۳۴۳)۰/۹۷۳	(۰/۳۸۳)۱/۹۸۵	۰/۹۶
۱۵۰–۲۰۰	۲۰	(۰/۴۴۹)۰/۹۶۸	(۰/۵۳۵)۰/۹۶۸	(۰/۵۰۵)۱/۹۳۶	۱
۲۰۰–۲۵۰	۹	(۰/۲۳۹)۰/۲۳۹	(۰/۲۸۸)۰/۸۳۳	(۰/۲۵)۱/۰۷۲	۳/۴۸
۲۵۰–۳۰۰	۴	–	–	–	–
۳۰۰–۳۵۰	۱	–	–	–	–
۳۵۰–۴۰۰	۲	–	–	–	

* در جدولهای ۱– ۶، اختلاف ارتفاع با R، تراکم آبراهه‌های نوع عمیق با Dd، تراکم آبراهه‌های نوع سطحی با Ds، تراکم کل با Dt، نسبت تراکم با Ds/Dd و تعداد آبراهه‌ها با N نشان داده شده‌است.)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳ تراکم زهکشی روی آبرفتهای جدید دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

R	N	Dd(km/km۲)	Ds(km/km۲)	Dt(km/km۲)	Ds/Dd
۰–۵۰	۶	(۰/۵۶۸)۱/۱	(۰/۲۱۳)۰/۷۸۱	(۰/۲۷۹)۱/۸۸۱	۰/۷۱
۵۰–۱۰۰	۲۳	(۰/۵۷۷)۰/۰۷۱	(۰/۳۲۷)۰/۷	(۰/۵۴۴)۱/۷۷۱	۰/۶۵۳
۱۰۰–۱۵۰	۷	(۰/۲۷۸)۰/۹۷۹	(۰/۱۲۵)۰/۸۷۵	(۰/۲۷۸)۱/۸۵۴	۰/۸۹۳
۱۵۰–۲۰۰	۴	–	–	–	–
۲۰۰–۲۵۰	۲	–	–	–	–

جدول ۴ تراکم زهکشی روی آندزیتهای دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

R	N	Dd(km/km۲)	Ds(km/km۲)	Dt(km/km۲)	Ds/Dd
۰–۵۰	۹	(۰/۵۱)۱/۱	(۰/۵۴۳)۱/۰۸۳	(۰/۵۴۳)۲/۱۸۳	۰/۹۵۶
۵۰–۱۰۰	۷۳	(۰/۵۴۷)۱/۲۰۳	(۰/۵۴۷) ۱/۰۹۵	(۰/۵۷۶)۲/۲۹۸	۱/۹۱
۱۰۰–۱۵۰	۴۲	(۰/۸۶۲)۱/۳۷۵	(۰/۴۳۷)۰/۸۵۹	(۰/۸۴۳)۲/۲۳۴	۰/۶۲۴
۱۵۰–۲۰۰	۱۰۳	(۰/۵۳)۱/۰۵۸	(۰/۵۰۵)۰/۹۹۳	(۰/۵۶۱)۰/۰۵۱	۰/۹۳۸
۲۰۰–۲۵۰	۳۵	(۰/۳۹۹)۱/۲۲	(۰/۵۶۲)۱/۲۴۱	(۰/۵۶۵)۲/۲۶۱	۱/۰۱۷
۲۵۰–۳۰۰	۸۲	(۰/۳۴)۰/۷۷۵	(۰/۵۸۷)۱/۰۹۸	(۰/۵۹۲)۱/۸۷۳	۱/۴۱۶
۳۰۰–۳۵۰	۲۲	(۰/۳۵۹)۲/۹۱۱	(۰/۷)۱/۶۴	(۰/۶۵۴)۲/۹۳۱	۱/۲۷
۳۵۰–۴۰۰	۲۱	(۰/۶۱۵)۱/۱۶	(۰/۷۸۵)۱/۳۱۲	(۰/۷۴۴)۲/۴۷۲	۱/۱۳
۴۰۰–۴۵۰	۸	(۰/۳۱۴)۱/۱۶۶	(۰/۵۵۸)۱/۱۰۳	(۰/۳۱۴)۲/۱۹۷	۰/۸۸
۴۵۰–۵۰۰	۱۴	(۰/۷۶۳)۱/۱۶۶	–	(۰/۵۸)۱/۱۶۶	–
۵۰۰–۵۵۰	۶	(۰/۶۱۸)۱/۳۱۲	–	(۰/۴۷۳)۱/۳۱۲	–
۵۵۰–۶۰۰	۳	–	–	–	–
۶۰۰–۶۵۰	–	–	–	–	–
۶۵۰–۷۰۰	۳	–	–	–	–

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ تراکم زهکشی روی کنگلومراهای دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

Ds/Dd	Dt(km/km۲)	Dt(km/km۲)	Dt(km/km۲)	N	R
۰/۸۴۴	(۰/۶۵۹)۱/۷۲۸	(۰/۲۷۴)۰/۷۹۱	(۰/۶۰۴)۰/۹۳۷	۲۰	۰–۵۰
۰/۹۶۳	(۰/۴۱۶)۱/۶۶۵	(۰/۳۶۴)۰/۸۹۱	(۰/۴۶۸)۰/۸۴۸	۱۹	۵۰–۱۰۰
۰/۹۳۴	(۰/۴۳۶)۱/۹۸۳	(۰/۴)۰/۹۵۸	(۰/۳۹۸)۱/۰۲۵	۹	۱۰۰–۱۵۰
۰/۵۰۸	(۰/۵۲۶)۱/۸۵۴	(۰/۲۱۶)۰/۶۲۵	(۰/۷۱)۱/۲۲۹	۱۲	۱۵۰–۲۰۰
–	–	–	–	–	۲۰۰–۲۵۰
–	–	–	–	۱	۲۵۰–۳۰۰

جدول ۶ تراکم زهکشی روی سازندها و سنگهای مختلف در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

کنگلومرا	آبرفتهای جوان	آبرفتهای قدیمی	آندزیت	گرانیت	لیتولوژی / اختلاف‌ارتفاع
۰/۹۳۷	۱/۱	۱/۰۲۷	۱/۱	۱/۳۵۴	۰–۵۰
۰/۸۴۸	۱/۰۷۱	۱/۱۳	۱/۲۰۳	۱/۰۶۲۵	۵۰–۱۰۰
۱/۰۲۵	۰/۹۷۹	۱/۰۱۲	۱/۳۷۵	۱/۰۸۳	۱۰۰–۱۵۰
۱/۲۲۹	–	۰/۹۶۸	۱/۰۵۸	۰/۹۲۵	۱۵۰–۲۰۰
–	–	۰/۲۳۹	۱/۲۲	۰/۹۳۷	۲۰۰–۲۵۰
–	–	–	۰/۷۷۵	۰/۸۳۳	۲۵۰–۳۰۰
–	–	–	۱/۲۹۱	۰/۸۹۴	۳۰۰–۳۵۰
–	–	–	۱/۱۶	–	۳۵۰–۴۰۰
–	–	–	۱/۱۶۶	–	۴۰۰–۴۵۰
–	–	–	۱/۱۶۶	–	۴۵۰–۵۰۰
–	–	–	۱/۳۱۲	–	۵۰۰–۵۵۰

برای بررسی ویژگیهای ذاتی سازندها (ویژگیهای پلاستسیته)، بررسی نحوه و تغییر حالت آنها به هنگام دریافت رطوبت، نقش آنها در وقوع لغزشها و تمایز چنین نقشی از نقش تمرکز آبراهه‌ها در وقوع این پدیده‌ها، نمونه‌های آزمایشگاهی از مواد بعضی از لغزشها تهیه شد (جدول۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷ حد و شاخص پلاستسیته نمونه‌های برداشت شده از دامنه‌های شمال غربی سبلان (در این جدول PL حدپلاستسیته، LL حد روانی و PI شاخص پلاستسیته)

شماره نمونه	کیفیت پلاستسیته	PL(%)	LL(%)	PI(%)
۱	با پلاستسیته متوسط	۲۴/۵	۴۵/۵	۲۱
۲	با پلاستسیته متوسط	۲۱/۵	۳۷/۵	۱۶
۳	بدون پلاستسیته	-	-	۱۲/۶
۴	با پلاستسیته متوسط	۲۳	۳۷	۱۴
۵	با پلاستسیته بالا	۲۶	۵۸	۳۲
۶	با پلاستسیته متوسط	۲۲	۴۶	۲۴
۷	بدون پلاستسیته	N.P*	۲۰	N.P*
۸	با پلاستسیته پایین	۱۷	۳۰	۱۳
۹	با پلاستسیته متوسط	۱۹	۳۷	۱۸
۱۰	بدون پلاستسیته	N.P*	۲۳	N.P*

* Non Plasticity

۴- بحث

دره‌های منطقه مطالعه شده به‌عنوان گلوگاههای حیاتی، انواع حرکات توده‌ای را تجربه می‌کنند. در این محدوده‌ها، وجودآبرفتهای قدیمی روی زیر ساخت آذرین، وقوع سیلهای مهیب ناشی از بارندگیهای ناگهانی - که گاه با آب حاصل از ذوب نیز توأم می‌شوند- دره‌های مورد نظر را به گونه‌ای شدید برای وقوع لغزشهای دره‌ای مستعد کرده است. در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان، پراکندگی لغزشهای بزرگ وکوچک دراطراف آبراهه‌های عمیق و نسبتاً عمیق، فرض وجود رابطه احتمالی میان تراکم زهکشی، بویژه تراکم آبرهه‌های بالاتر از رده ۲ را با وقوع لغزشهای دره‌ای قوت می‌بخشد. با استناد به یافته‌های میدانی، می‌توان گفت که معمولاً آبراهه‌های سطحی که آبراهه‌های رده ۱ و۲ را تشکیل می‌دهند، در وقوع لغزشهای دره‌ای نقش مهمی ایفا نمی‌کنند (شکل۴)، این نوع آبراهه‌ها بیشتر دامنه‌ها را به وقوع لغزشهای سطحی تحریک می‌کنند. در حوضه‌های صفر (حوضه‌های ابتدایی و

www.SID.ir

Archive of SID

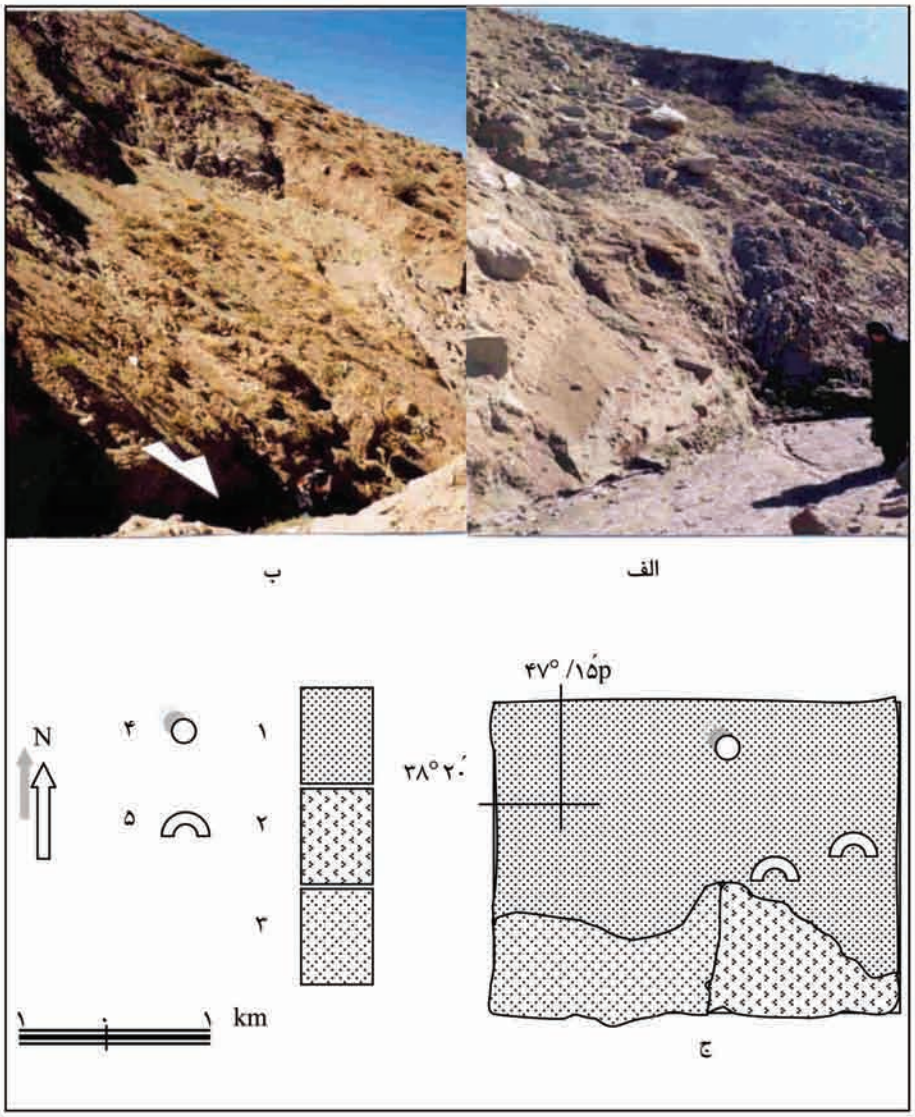
سرچشمه رودخانه‌ها) و در حوالی آبراهه‌های نسبتاً عمیق رده ۱ که اغلب حالت همگرا دارند و در مواردی نیز با مواد هوازده پوشیده شده‌اند، به هنگام وقوع بارندگیهای شدید وگاه طولانی مدت و بالا آمدن سطح آبهای زیرقشری در اثر ذوب شدن برف، احتمال وقوع لغزشها درحوالی چنین آبراهه‌هایی تشدید می‌شود. چنین لغزشهایی اغلب سطحی می‌باشند.

شکل۴ تشکیل آبراهه‌های رده ۱ و از نوع سطحی روی آبرفتهای قدیمی در نزدیکی روستای زرگر و علی‌آباد (بین مشکین شهر و اهر)

در محدوده مطالعه شده جریان آبهای دائمی و یا جریان آب در ماههای پربارش سال که اغلب از توان سایشی بالایی نیز برخوردارند، در اثر خیس شدن مواد کناره‌ای و یا در اثر خالی کردن مواد پای دیواره‌ها دره‌ها، باعث بروز لغزش می‌شوند و یا برای وقوع لغزشهای بعدی، زمینه‌سازی می‌کنند (شکل۵). در اثر وقوع چنین پدیده‌هایی، جاده‌ها و خانه‌های روستایی در معرض خطر جدی قرار می‌گیرند و خاکهای حاصلخیز سطوح شیبدار داخل دره‌ها می‌شوند (شکل۶). ابعاد چنین لغزشهایی در آبراهه‌های نسبتاً عمیق تا حدی کمتراست، اما درآبراهه‌های عمیقتر، بسیار قابل ملاحظه می‌باشد.

www.SID.ir

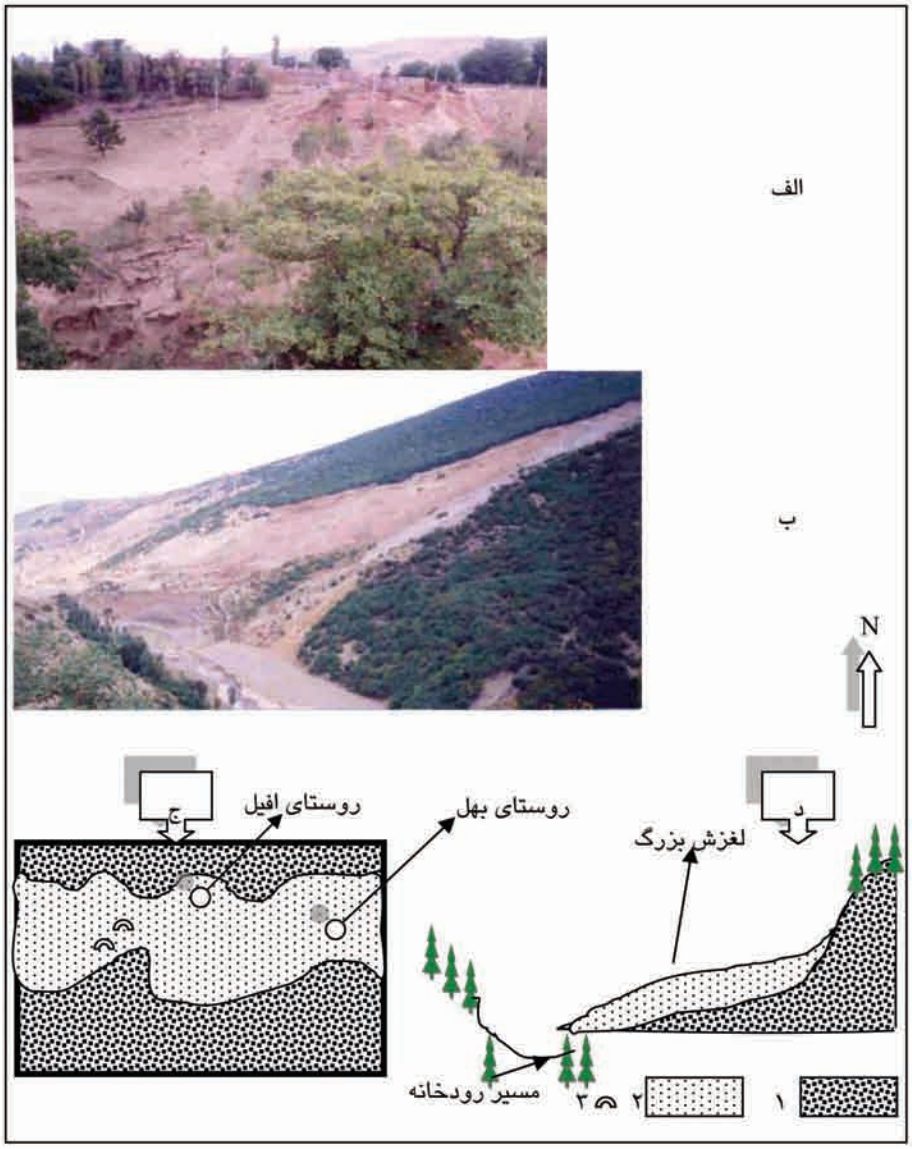
Archive of SID



شکل ۵ الف و ب- وقوع لغزشهای دره‌ای در آبراهه‌های نوع نسبتاً عمیق؛ ج- نقشه محل وقوع لغزشها: ۱)آبرفتهای قدیمی؛ ۲)بازالت؛ ۳)گرانیت؛ ۴)محل روستای خداوردی کندی و ۵) محل وقوع لغزش.

www.SID.ir

Archive of SID

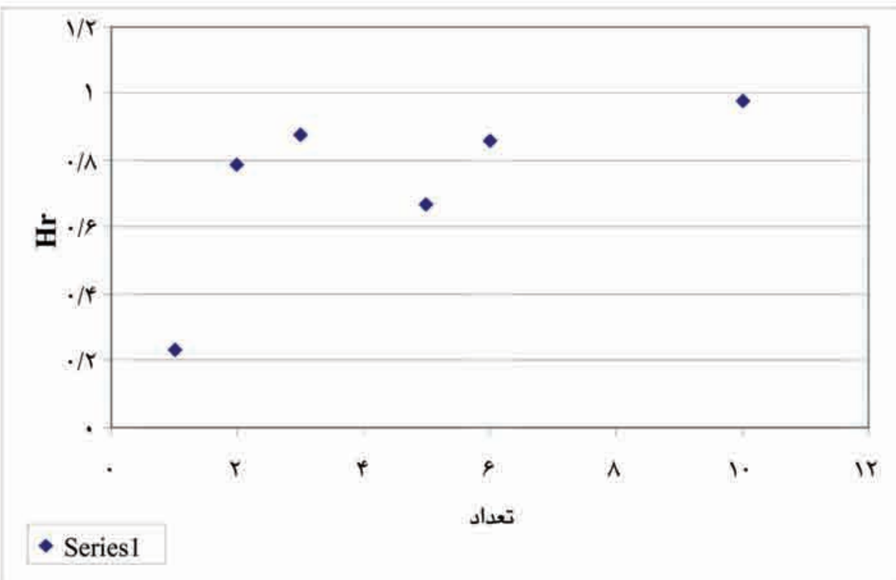


شکل ۶ الف و ب- وقوع لغزشهای دره‌ای را در بالاتر از روستای افیل و فروریزی مواد دیواره‌ای به داخل؛ ج- نقشه محل وقوع لغزش؛ د- برش عرضی از لغزش مربوط به تصویر ب: ۱)گرانیت؛ ۲)آبرفتهای قدیمی و ۳)محل لغزش.

www.SID.ir

Archive of SID

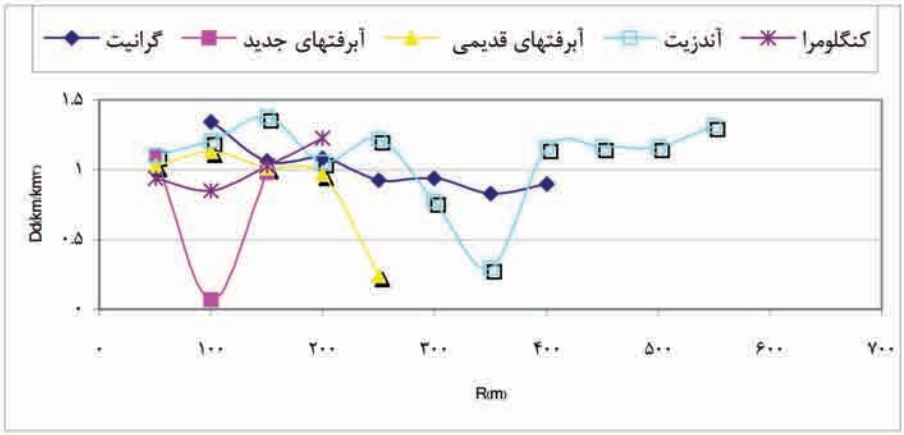
با استناد به نمودارهای ترسیمی و تحلیلهای صورت گرفته، می‌توان گفت که رابطه میان تراکم زهکشی و اختلاف ارتفاع از یکسو، و رابطه میان لغزشهای دره‌ای و ارتفاع نسبی در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان، مستقیم ومثبت است (شکلهای ۷-۱۱). مفهوم چنین رابطه‌ای این است که موادسطحی بخشهای مرتفع منطقه بویژه آبرفتهای قدیمی و سایر سازندهای ضخیم به ایجاد برشهای عمیق به وسیله آبهای سطحی و در نتیجه تحریک مواد شیبها به لغزش مستعد می‌باشند. چنان که در شکل ۸ نیز ملاحظه می‌شود، میزان Dd یا آبراهه‌های عمیق با افزایش R (اختلاف ارتفاع) افزایش می‌یابد، یعنی هرچه اختلاف ارتفاع در دامنه‌ها افزایش پیداکند، آبراهه‌ها عمیقتر می‌شوند و با افزایش اختلاف نسبی بر میزان و تعداد لغزشها نیز افزوده می‌شود(شکل ۷). نمونه ذکر شده در بخشهای غربی تر منطقه مطالعه شده و روی سازندهایی که روی کنگلومراها قرارگرفته‌اند، بسیار بارزتراست. البته این روند تا ارتفاع خاصی و معمولاً تا ارتفاع ۲۵۰۰متری ادامه پیدا می‌کند. از این ارتفاع به بعد، روند مذکور، معکوس می‌شود که دلیل این امر نیز به نوع سنگ و یا نوع سازندسطحی مربوط می‌شود. با این توضیح که در این ارتفاعات، معمولاً سنگهای آذرین که به فرسایش خطی مقاوم می‌باشند، گسترده شده‌اند و استعداد چندانی نیز برای وقوع لغزش ندارند.



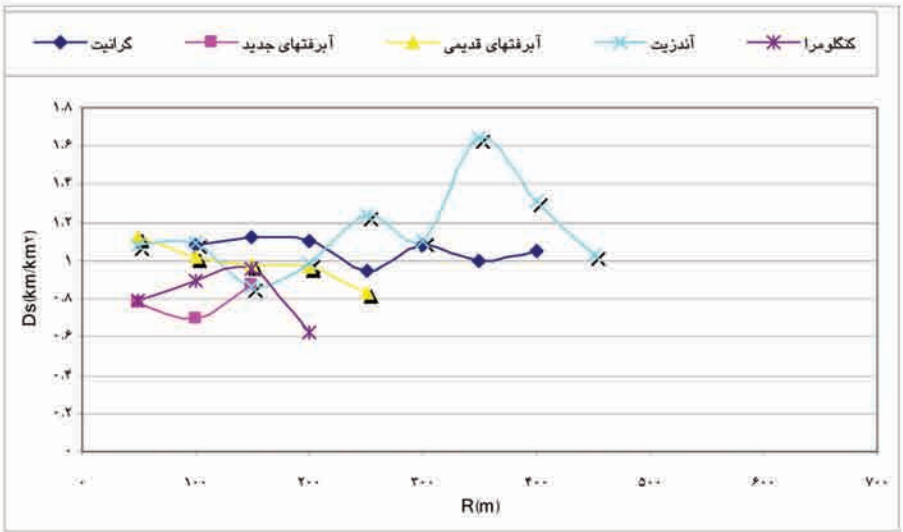
شکل ۷ رابطه نسبت ارتفاع و تعداد لغزشهای دره‌ای در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

www.SID.ir

Archive of SID



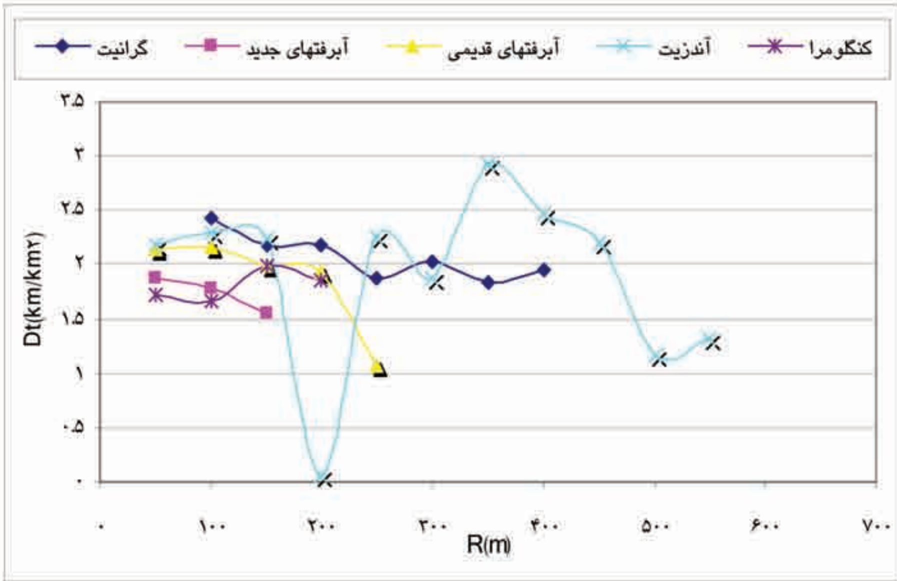
شکل ۸ رابطه تراکم آبراهـه‌هـای عمیـق بـا اخـتلاف ارتفـاع روی انـواع لیتولـوژی و سـازندها در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان



شکل ۹ رابطه تراکم آبراهه‌های سـطحی بـا اخـتلاف ارتفـاع روی انـواع لیتولـوژی و سـازندها در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

www.SID.ir

Archive of SID

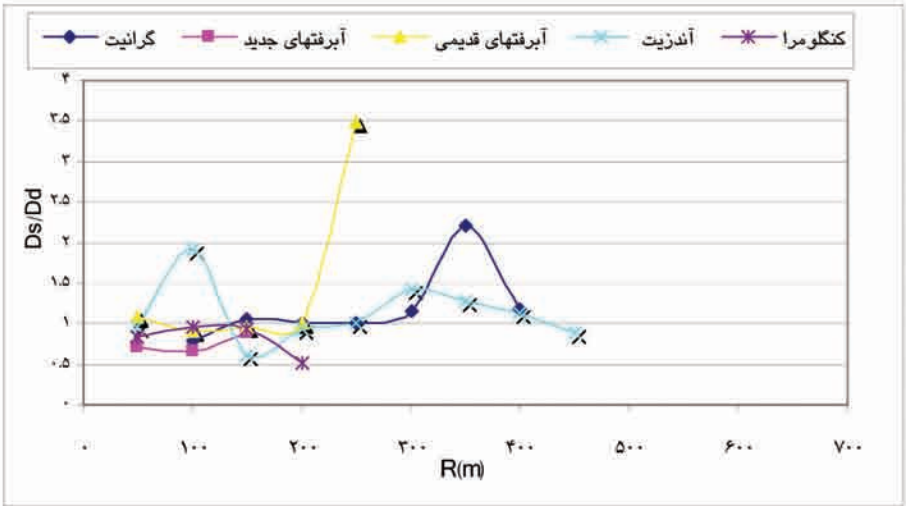


شکل ۱۰ رابطه تراکم زهکشی کل با اختلاف ارتفاع روی انواع لیتولوژی و سازندها در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

نسبت پراکندگی آبراهه‌های نوع عمیق وهمچنین کم عمق روی آندزیتها، بویژه دربخشهایی که اختلاف ارتفاع افزایش پیدا می‌کند، بیشترمی‌شود(شکل ۱۱). اما باید در نظر داشت که دربخشهای بالا دست دره‌ها، باوجود بالابودن نسبت Ds/Dd، نمی‌توان شاهد وقوع لغزشهای عمده بود. معمولاً لغزشهای بزرگ درکناره دره‌ها، بویژه در بخشهای میانی آنها که سازندهایی سست روی سنگهای سخت زیرین قرار گرفته‌اند واختلاف ارتفاع وارتفاع نسبی نیز بالا است، رخ می‌دهند، نمودارمربوط به نسبت پراکندگی آبراهه‌ها(Ds/Dd) حاکی از پراکندگی نقاط درحوالی خط صفر است (شکل۱۱). این موضوع نشان می‌دهد که نسبت پراکندگی آبراهه‌های نوع عمیق وسطحی درمنطقه برابریک ویا نزدیک به یک است، یعنی نحوه پراکندگی وهمچنین تعداد آنها درمنطقه تقریبا برابر است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱ رابطه نسبت تراکم آبراهه‌های عمیق و سطحی با اختلاف ارتفاع روی انواع لیتولوژی و سازندها در دامنه‌های شمال‌غربی سبلان

در بعضی از بخشهای منطقه، افزایش اختلاف ارتفاع و تغییر در نسبت آبراهه‌ها (تغییر نسبت Ds/Dd در رابطه با افزایش اختلاف ارتفاع)، از افزایش قدرت مقاومت سنگها و گاه سازندها به فرسایش آبی حکایت می‌کند. این امر همچنین بیانگر موضوع مهم دیگری نیز است که درطول خطوط زهکشی بخصوص در آبراهه‌هایی که روی سازندهای سست تشکیل شده‌اند، بریدگی کناره آبراهه‌ها افزایش یافته و دیواره‌ها پرشیبتر می‌شوند و در نهایت زمینه برای فروریزی مواد دیواره‌ها به صورت توده‌ای به داخل دره‌ها فراهم می‌شود.

در بعضی از بخشهای منطقه که در اثر لغزشها و ریزشهای مکرر، بخشهای شیبدار شدیداً برش یافته‌اند، بخش برش لغزشها، فرصت و محل مناسبی را برای تمرکز آبهای سطحی فراهم آورده و با ایجاد آبراهه‌ها، به مرور زمان سرآنها به طرف دامنه‌ها پسروی کرده و شیب کناره دامنه‌ها و یا دیواره بسترآبراهه‌ها بشدت تغییر یافته است (برخلاف دامنه‌های بسیارمرتفع) و زمینه برای وقوع لغزشهای بزرگتر فراهم شده‌است. گاه در دره‌های عمیق منطقه، بویژه در بخشهایی که تراسهای مرتفع تشکیل شده‌اند، برش پای دیواره به وسیله آبهای جاری، باعث وقوع لغزش شده‌است.

با توجه به توضیحات ارائه شده می‌توان به‌طور کلی چنین استدلال کرد که میزان گسیختگیهای مکرری که در دامنه‌ها و دیواره دره‌ها رخ می‌دهد، تابع تغییرات نسبت Ds/Dd

www.SID.ir

Archive of SID

و همچنین R و درمواردی تابع میزان تغییر در فرسایش کناره آبراهه‌ها، در رابطه با مقاومت سازندها وسنگها به وسیله آبهای جاری است. در نتیجه و هرچه اختلاف ارتفاع و میزان گسیختگیها بیشتر می‌شود، زمینه برای وقوع لغزشهای دره‌ای مساعدتر می‌شود.

میزان تراکم زهکشی روی سنگهای آندزیتی با استناد به اشکل ترسیمی، بسیار بالا است(شکلهای ۸ -۱۱). این امر از پراکندگی سنگهای مذکور در ارتفاعات بالا و در نتیجه از زیاد بودن تعداد آبراهه‌های درجه ۱، درمقایسه با دیگر آبراهه‌ها حکایت می‌کند.

با توجه به مقادیر انحراف معیارهای درج شده در جدولهای۱-۵، می‌توان گفت که بلندیها و گودیها درمناطق بررسی شده تا حدی یکنواخت پراکنده شده‌اند. از نظر پراکندگی لغزشها نیز در ارتفاع مشخصی، همگونی خاصی ملاحظه می‌شود. لغزشهای دره‌ای نیز اغلب با عمیقتر شدن مسیر جریان آبها، در کنارآبراهه‌های رده ۲ و یا ۳ و روی آبرفتهای قدیمی رخ داده‌اند.

درابتدای تحقیق درباره علل وقوع لغزشهای منطقه، این سؤال مطرح می‌شود که ویژگیهای درونی خود سازندها تا چه حد در بروز این پدیده‌ها نقش دارند وآیا خود مواد دیواره‌ای، با توجه به ویژگیهای که دارند، به هنگام دریافت آب به لغزشهای دره‌ای تحریک می‌شوند و یا این برش پای دیواره دره‌ها و قدرت آبهای تمرکز یافته است که آنها را به فروریزی به پای دیواره‌ها وادار می‌کند؟ برای پاسخ به این سؤالها، نمونه‌هایی از مواد دیواره دره‌ها برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه و تحلیلها روی این نمونه‌ها نشان می‌دهد که مواد دیواره‌ای دره‌های منطقه به هنگام دریافت آب از میزان پلاستسیته پایینی برخوردار می‌باشند(جدول ۷). همچنین بررسی این نمونه‌ها ثابت کرد که باید یک نیروی خارجی، غیر از ویژگی درونی سازندها وجود داشته باشد تا مواد دیواره‌ای را به فروریزی به داخل دره‌ها، تحریک کند.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به جدولها، نمودارهای ارائه شده وهمچنین مشاهدات میدانی و بررسی عکسهای هوایی می‌توان به‌طورکلی چنین نتیجه‌گیری کرد که:

حدود ۹۰ درصد از لغزشهای دامنه‌های شمال‌غربی سبلان را لغزشهای دره‌ای تشکیل می‌دهند. گسترش زیادآبرفتهای مذکور تا ارتفاعات بالا، قرارگرفتن آنها روی زیر ساختهای نفوذناپذیر، شیب زیاد دیواره دره‌ها و برش پایه‌ای دیواره‌ها به وسیله رودخانه‌های فصلی و

www.SID.ir

Archive of SID

دائمی، از دلایل وقوع چنین لغزشهایی محسوب می‌شوند.

– تراکم زهکشی منطقه به عنوان یک منطقه نیمه خشک، نسبتاً کوچک است؛ یعنی ۲ کیلومتر آبراهه در هر ۲ کیلومترمربع درمقایسه با ۸ – ۱۳ کیلومتر در هر کیلومترمربع، در سایر نقاط جهان و اغلب با اقلیم نیمه مرطوب که بسیارمستعد به وقوع لغزشها می‌باشد (مانند کشور ژاپن).

– تأثیر لغزشهایی که اخیراً در منطقه رخ داده‌اند، در تغییر و تبدیل آبراهه‌های نوع سطحی به نوع عمیق (با توجه به کوچک بودن انحراف معیار نسبت به تراکم زهکشی مربوط)، در محدوده گسترش سنگهای آذرین کم، اما در بخش محدوده گسترش آبرفتها، بالا است.

– همبستگی بین اختلاف ارتفاع و تراکم زهکشی در منطقه خصوصاً روی سازندهای منفصل، مثبت است. این امر منجربه برشهای متعدد در دامنه‌های متشکل از مواد منفصل و تحکیم نیافته شده و با عمیق شدن بریدگیهای اولیه وتبدیل آنها به آبراهه‌های عمیق، زمینه برای وقوع لغزشهای دره‌ای فراهم شده است.

– در بعضی از بخشهای منطقه، بویژه در حوالی روستاهای خداوردی کندی و یاورکندی، شیب کناره آبراهه‌ها در اثر فرسایش آبی افزایش یافته و این امر به خندقی شدن، تشدید و تسریع فرسایش دامنه‌ها منجرشده ودرنهایت زمینه مناسبی برای وقوع لغزشهای دره‌ای فراهم ساخته است.

– در روی آبرفتهای قدیمی مربوط به کواترنر و روی مواد هوازده مستقر بر کنگلومراهای پلیستوسن، پراکندگی آبراهه‌های عمیق بیشتر از دیگر سازندهای منطقه مشاهده می‌شود. با توجه به ویژگیهای سازندهای مذکور، حضور آبراهه‌های عمیق و لغزشهای نسبتاً بزرگ روی آنها توجیه‌پذیر است.

– آبراهه‌های سطحی که در ارتفاعات و روی سنگهای گرانیت وآندزیت و روی مواد هوازده کم عمق تشکیل شده‌اند، نمی‌توانند موجب وقوع لغزش شوند. در چنین بخشهایی، عمق مواد هوازده سطحی بسیار کم بوده واغلب روی دامنه‌ها و دیواره دره‌ها لغزشهای بسیارسطحی پدیدآورده‌اند.

– ویژگیهای درونی سازندهای سطحی برای وقوع لغزشها روی شیبهای منطقه چندان مساعد نیست و باید یک عامل خارجی وجود داشته باشد تا مواد مستقر روی شیبها به داخل دره‌ها بلغزند که در منطقه مطالعه شده این وظیفه را آبهای جاری در دره‌ها به عهده گرفته‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- منابع

[۱] حق شناس ا.؛ «مجموعه مقالات دومین سمینار زمین لغزه وکاهش خسارت‌های آن»؛ انتشارت مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی ومهندسی زلزله، ش.۲۶۰، ۱۳۷۶.

[2] Bonomi T., Cavallin ; "Three-dimenisional hydrologyical modeling application to the Alrera mudslide"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[3] Claude J.O.; "Landslides and climatic condition in the Barecelonnette and Vars basins; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[4] Dehn M.; "Modelling future landslides activity based on general circulation models; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[5] Diez J.; "A methodological approach for the analysis of the temporal occurrence and triggering factord of landslides; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[6] Dikau R.; "The temporal stability with respect to climatic change"; *Geomorphology*, Vol.30, No.12, 1999.

[7] Grescenti U.; "Deep seated gravitational slope deformation and large scale landslides in Italy"; *International Congress*, JAEG, Lisbon, Vol.22, 1994.

[8] Grland G.; "Predicating from rainfall in a humid region"; *Geomorphology*, Vol.8, 1993.

[9] Lin Z., Oguchi T.; "Drainage density, slope angle and relative basin posision in Japan"; *Geomorphology*, Vol.15, 2004.

[10] Oguchi T., "Drainge density relief in humid steep mountain with frequent slope failure"; Earth surface processes and landform, Vol.22, 1997.

[11] Matsukura Y.; "The role of weathering and groundwater fluctuation in landslides movement"; *Catena*, Vol.27, 1999.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] Pasuto A.; "The use of landslides units in geomorphological maping"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[13] Corminas J., Moya; "Reconstruting recent landslide activity in relation to rainfall in the Lobergat river"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[14] Valvo M.; "Mass movement geologic structure and morphologic evolution of the Pizzotto slope"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[15] Van A.T.; "A riew on some hydrological triggering system in landslides"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[16] Brooks S.; "The significance of rainstorm variation to shallow translation hillslope failure"; Earth surface processes and landform, Vol.23, 1994.

[17] Brunsden D.; "Some geomorphological consideration for the future development of landslides models"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

[18] Anderson M.G.; Process studies in hillslope hydrology; John Willey and Sons LTD, 1990.

[19] Zezere J.; "The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides"; *Geomorphology*, Vol.30, 1999.

www.SID.ir