

پژوهشی پیرامون علل تشکیل و توسعه آبکندها در کوهستانهای نیمه خشک مطالعه موردی: محدوده بین دامنه‌های شمال باختری سبلان و دامنه‌های شمال و

شمال خاوری قوشه داغ

نوشته: مریم بیاتی خطیبی *

An Investigation on the Cause of Thresholds of Gulling Initiation and Gulling Processes in Semi – Arid Mountains

Case Study : NW Slopes of Sabalan Mt. and NE of Gusheh Dagh Mt.
(between Ahar and Meshkinshahr)

By: M. Bayati Khatibi *

چکیده

فرآیند تشکیل و توسعه آبکندها در محدوده مورد مطالعه با ساختار زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و مواد سطحی متنوع، بسیار پیچیده است. در این ناحیه وجود بستر مساعد از نظر نوع خاک، دخالت عوامل توپوگرافی و عوامل اقلیمی، زمینه مساعدی را برای تشکیل آبکندها فراهم ساخته است. در این مطالعه، پارامترهای دخیل در فرآیند آبکنندزایی مورد توجه قرار گرفته و به صورت میدانی و آزمایشگاهی مورد بررسی دقیق قرار گرفته‌اند. نتایج این بررسیها نشان می‌دهد که نقش رطوبت خاک و همچنین نقش عوامل اقلیمی نظیر رگبارها، دما و برفسب از جمله موارد مهم و مورد توجه در تشکیل آبکندهای منطقه به‌شمار می‌آیند. منفی بودن WS یا کمبود رطوبت خاک در اوایل بهار و پاییز که سطوح دامنه‌ها توسط گیاهان محافظت نمی‌شود و یا پس از برداشت محصول، سطح زمین به شدت آشفته می‌شود، تاثیر عمده‌ای در تشکیل و توسعه آبکندها در سطوح و پای دامنه‌های منطقه دارد. نقش سنگ‌شناسی و سازندهای سطحی در فرآیند آبکنندزایی بسیار قابل ملاحظه است. بخش عمده‌ای از آبکندهای منطقه، بویژه آبکندهای خطی و یک سر، در روی مارن‌ها و سیلتها، به‌عنوان مواد سطحی حساس به زایش چنین پدیده‌هایی، تشکیل و توسعه یافته‌اند. این در حالی است که توسعه آبکندهای چند سر در روی آبرفتهای قدیمی صورت گرفته است.

کلید واژه‌ها: فرسایش آبکندی، آبکنند زایی، فرسایشی، تولید رسوب، فرسایش رگباری - روانابی و فرسایش خاک، کوهستانهای نیمه خشک، کوه قوشه داغ، کوهستان سبلان

Abstract

In the study area, the development of gullies and gulling processes are very complex regarding geological structures, lithological factors and surface materials. Soil condition, topographic and climatological factors represent very vulnerable base for gulling processes. In this study, all these factors were examined in the laboratory and the field. The results show that the role of soil moisture and climatological factors (e.g storms and temperature) are important in gulling processes. In the region, gullies develop at the foot of slopes because the surface of slopes is not covered with plant in the early spring and autumn or disturbed by human activity. The role of lithological factors and type of surface materials are very important parameters in gulling processes. The major portion of gulling, especially linear one head - gulling and polymorph gulling are growing on old alluvial, Silt and Marl.

Key words: Gully erosion, Gulling, Degradation, Sediment production, Storm - run off erosion , Soil erosion, Semi - arid mountain - Gushed Dash Mt . Sabalan Mt.

مقدمه

مناطق، فرسایش آبکندی از فرایندهای غالب و از عوامل اصلی آشفستگی سطوح شیب‌دار به‌شمار می‌آیند. این نوع فرسایش به‌عنوان بخشی از فرایند عمده فرسایشی (Degradation) زمین، باعث تسریع تلف شدن خاک،

در کوهستانهای نیمه خشک، توزیع ناهمگن پوشش گیاهی، تاثیر عوامل زمین‌شناختی، توپوگرافی، خاک‌شناسی، زمین‌ساختی و اقلیمی، بستری مساعد برای فرسایش سطوح شیب‌دار فراهم ساخته است. در چنین

زمین ریخت‌شناسی بخشهای مرتفع پدید می‌آورد، تاکنون هیچ تحقیقی برای ارزیابی توان آبکند زایی و عواملی که موجب تشکیل و توسعه آبکندها می‌شوند، صورت نگرفته است. به همین دلیل در این تحقیق سعی شده است علل و عوامل زایش و رشد آبکندهای منطقه مطالعه شود.

موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای توپوگرافی و زمین‌شناختی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال باختری ایران و در محدوده جغرافیایی ۳۸/۱۵ تا ۳۸/۳۹ عرض شمالی و ۴۷/۰۹ تا ۴۷/۳۰ طول خاوری، بین اهر و مشکین شهر، گسترش دارد و بلندترین نقطه ارتفاعی آن قوشه داغ با ارتفاع ۳۱۴۹ متر است که در بخش خاوری، به سبلان می‌پیوندد (شکل ۱). توپوگرافی منطقه تنوع خاصی دارد، که این تنوع مدیون ساختار زمین‌شناختی، فعالیت‌های زمین‌ساختی و پشت سر گذاشتن دوره‌های مختلف اقلیمی است.

برونزدهای سنگی منطقه، شامل سنگهای آذرین و رسوبات پالئوسن است که سنگهای آذرین مربوط به پالئوسن - ائوسن در یک محیط دریایی تشکیل شده‌اند و در بخشهایی از منطقه به صورت گدازه‌های بازی همراه با مواد آذر آواری بالابندی مشخص ظاهر می‌شوند (بیاتی خطیبی ۱۳۷۹).

واحدهای آهکی که در باختر و خود منطقه قوشه داغ برونزد دارند، ضخامت قابل ملاحظه‌ای دارند (۲۰۰ متر) و از واحدهای رسوبی مربوط به کرتاسه به‌شمار می‌آیند. در بخش بالایی واحدهای یاد شده می‌توان شاهد مارنها و شیلهایی بود که حاصل فعالیت شدید فرآیندهای فرسایشی در دوره‌های گذشته هستند. در شرایط کنونی، پدیده‌های مختلفی، از جمله لغزشهای بزرگ و کوچک و تشکیل آبکندهای متعدد، بر روی این سازندها رخ می‌دهد.

رسوبات اوایل کواترنر، عمدتاً شامل کنگلومراها، به‌آسانی توسط چینه‌بندی ناجور و ریخت‌شناسی هموار خود شناخته می‌شوند و اغلب در دره‌ها و فرورفتگیها نهشته شده‌اند. در کف آبکندهای عمیق منطقه که اغلب در روی پادگانه‌های قدیمی تشکیل شده‌اند، رخنمون رسوبات مذکور دیده می‌شود (شکل ۲). آبرفت‌های قدیمی منطقه که با تغییرات اقلیمی پس از پلیستوسن در رابطه هستند، ضخامت زیادی دارند (در حدود ۱۰۰ متر) و تا کناره دامنه‌ها و گاه تا ارتفاعات بالا گسترده شده‌اند. آبرفت‌های مذکور به دلیل ویژگیهای خود، هنوز به استحکام کامل نرسیده‌اند و زمینه مساعدی را برای رخداد لغزشها و تشکیل آبکندها در منطقه فراهم ساخته‌اند.

منطقه مورد مطالعه توسط رودخانه اهر و قره‌سو زهکشی می‌شود و از نظر اقلیمی نیز جزو نواحی نیمه خشک با میانگین بارندگی ۳۵۰ میلی متر در

آشفستگی در جریان رواناب، جهت دهی و تمرکز آنها، افزایش رسوب گذاری در بستر رودخانه‌ها، کاهش بازدهی محصولات کشاورزی، وارد آمدن خسارت به جاده‌ها و مزارع و تغییر در بوم سامانه‌های رودخانه‌ای می‌گردند.

آبکندها به دلیل رشد سریع خود، از اشکال عادی فرسایش محسوب نمی‌شوند، بلکه در بیشتر موارد به عنوان شاخصه‌های عمده تغییرات محیطی در نظر گرفته می‌شوند. به همین دلیل، بررسی شکل آبکندها و علل و نحوه تشکیل و توسعه آنها و همچنین بررسی عوامل تسریع کننده پسروی سر آنها در شیبهای طبیعی، بویژه در نواحی کوهستانهای نیمه خشک که سطوح دامنه‌ها در بخشی از سال توسط گیاهان محافظت نمی‌شوند و بارشهای رگباری شدیدی را در طول سال تجربه می‌کنند، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. در چنین مناطقی که در روی سطوح شیب‌دار عمدتاً کشت دیم صورت می‌گیرد، پسروی آبکندها به طرف چنین سطوح کشت شده، بخش قابل ملاحظه‌ای از خاک این سطوح را به داخل آبکندها فروریخته و در اختیار آبهای سطحی قرار می‌دهند. افزایش میزان رسوبات در رودخانه‌های جاری در مناطق یاد شده در اثر فرایند آبکند زایی (Gulling processes)، خود بحث دیگری است. عمر مفید سدهایی که در مناطق کوهستانی بر روی رودخانه‌های دائمی ساخته می‌شوند، در اثر افزایش میزان رسوبات حاصل از فرسایش آبکندی، کاهش می‌یابد.

گسترش آبکندها عمدتاً از بخش سر صورت می‌گیرد. بنابراین بیشترین بخش تولید و ورود رسوب به درون خود آبکندها و در نهایت به کانالهای زهکشی، از بخش سر صورت می‌گیرد، که اغلب با گسیختگی و حرکات توده‌ای همراه است. با ریزش مواد به درون آبکندها از بخش مذکور و دیواره‌های کناری، سطوح و دیواره‌های تازه‌ای در اختیار عوامل فرسایش قرار می‌گیرد. از این رو بسته به میزان توسعه آبکند در طی زمان، سر آبکند می‌تواند به‌عنوان منبع تولید رسوب در حوضه‌های زهکشی نواحی نیمه خشک عمل کرده و به عنوان شاخصه‌های حساس به تغییرات محیطی در نظر گرفته شود.

توسعه سر آبکندها گاه چنان سریع صورت می‌گیرد که با هیچ تدبیری نمی‌توان رشد آنها را کنترل کرد. تدابیری هم که اندیشیده می‌شود، صرفاً در جهت کند کردن سرعت رشد آنها است. با توجه به فعال بودن آبکندها، بویژه در ماههای پر بارش سال، به منظور اتخاذ تدابیری در جهت جلوگیری از رشد سریع آنها و یا به حداقل رساندن رشد آنها، ابتدا باید ریخت‌شناسی و سپس نحوه و علل رشد آبکندها را مطالعه کرد.

در ناحیه مورد مطالعه، به رغم گسترش زیاد آبکندها و حساسیت منطقه نسبت به حضور چنین فرسایشی و همچنین تغییراتی که در فرایندهای

سال است که نزدیک به ۵۰ درصد آن در فصل بهار می بارد (بیاتی خطیبی ۱۳۷۴ و جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۷۸).

روش کار

بررسی اثرات اقلیم، رواناب، نوع خاک، و توپوگرافی، بر تشکیل آبکندها و تأثیر این پدیده‌ها در هدر رفتن خاک، بویژه در بخشهای شیب‌دار منطقه، هدف اصلی این مطالعه بوده است. برای رسیدن به این هدف، ابتدا ضروری به نظر می‌رسید که محل و پراکندگی آبکندها شناسایی و بررسی شوند، سپس عوامل محلی که میزان پسروری سر آبکندها را کنترل می‌کنند، به دقت مطالعه شوند. بدین منظور، ابتدا محل آبکندها در طی بازدیدهای میدانی و همچنین از روی عکسهای هوایی شناسایی و بر روی نقشه پیاده شدند (شکل ۳).

فرسایش آبکندها، فرایند بسیار پیچیده‌ای است. تشکیل آبکندها معمولاً با دخالت عوامل مختلف صورت می‌گیرد که این عوامل گاه از نظر کمی قابل اندازه‌گیری نیستند و به همین دلیل در بیشتر موارد، فرایند تشکیل و توسعه آبکندها صرفاً به صورت کیفی در نظر گرفته می‌شود که این امر مطالعه و مقایسه آبکندها را دشوار می‌سازد. با آگاهی از این موارد، بررسی آبکندهای منطقه هم به صورت کیفی، از راه مشاهده و هم به صورت کمی، از راه جمع‌آوری داده‌ها و نمونه‌ها صورت گرفته است.

معمولاً فعالیت آبکندها با پسروری سر آنها مشخص می‌شود. با توجه به این امر و همچنین به منظور پیش‌بینی موقعیت سر آبکندها در محیطهای میدانی، در اغلب موارد، کیفیت آبراه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، اما می‌توان با اعمال تدابیری میزان پسروری سر آبکندها را در طی زمان اندازه‌گیری کرد. در این مطالعه، برای اندازه‌گیری پسروری سر آبکندها در کوتاه مدت و برای بررسی نقش عوامل مختلف، مانند میزان و شدت بارندگی، رواناب، براف و ...، در طی بازدیدهای میدانی، میخهایی در سر آبکندها کوبیده شده و پس از مدت زمان مشخص و گاه پس از وقوع پدیده مشخص، همچون رخداد بارندگی، آبکندهای مورد نظر در منطقه بررسی و میزان پسروری احتمالی آنها اندازه‌گیری شد. در دراز مدت، میزان پسروری سر آبکندها به کمک عکسهای هوایی قابل مطالعه است. بدین منظور عکسهای هوایی (شماره عکسهای: از ۱۱ تا ۲۸ مربوط به سالهای ۱۳۷۵ و ۱۳۴۲) به مقیاسهای ۵۰، ۰۰۰ و ۲۵، ۰۰۰ (مربوط به سالهای ۱۹۶۴ و ۱۹۸۷ در فاصله زمانی ۳۳ سال) با هم مقایسه و میزان پسروری سر آبکندها در جهت گسترش آنها، مطالعه شد. بعضی از ویژگیهای خاک مانند pH و هدایت هیدرولیکی، به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در فرسایش تونلی (Piping erosion)، که زمینه‌ساز فرسایش آبکندها است

بعضی از محققان بر این واقعیت تأکید دارند که در کوهستانهای نیمه خشک، بخش اعظم فرآیندهای زمین ریخت‌شناختی (مانند سایش، حمل و نهشته‌گذاری)، توسط رگبارها صورت می‌گیرد (Oostwoud & Bryan, 2001, Robichaud et al., 1001) در آبکندهایی نیز به‌عنوان یک فرایند مهم زمین ریخت‌شناختی، نقش رگبارهای شدید و کوتاه مدت، ثابت شده است. در منطقه مورد مطالعه، به عنوان یک منطقه نیمه خشک، نقش رگبارهای شدید، بویژه رگبارهای بهاری و پاییزی در تلف شدن خاک که در اثر پسروری سر آبکندها صورت می‌گیرد، بسیار برجسته است. این نتیجه‌گیریها، در واقع از بازدیدهای میدانی و بررسی میزان رسوبات حاصل از وقوع رگبارها، با استفاده از داده‌های رسوب ایستگاههای آب سنجی رود اهر و مقایسه شدت بارندگیها با میزان رسوبات وارده به رودخانه‌ها، حاصل شده است.

بحث و نتایج

به دلیل گستردگی منطقه مورد مطالعه و با در نظر گرفتن تعدد و پراکندگی آبکندها در بخشهای مختلف در ابتدای مطالعه، تأکید بر یک عامل و در نظر گرفتن یک علت برای تشکیل و توسعه آبکندها، به دور از واقعیت‌های موجود در منطقه می‌رسید. با این منطبق و با این فرض که تشکیل و توسعه آبکندهای منطقه ممکن است حاصل عوامل مختلفی باشد، نقش عوامل احتمالی در فرایند تشکیل و توسعه آبکندهای منطقه، مطالعه و بررسی شد.

نقش رطوبت خاک، رگبارها و جریان‌های سطحی در تشکیل و توسعه آبکندها

نقش عوامل اقلیمی در فرآیند آبکندها زایی غیر قابل تردید است. هر چند محققان در مورد میزان تأثیر عوامل یاد شده در تشکیل و توسعه آبکندها اتفاق نظر ندارند، اما در مورد تأثیر تغییرات عوامل اقلیمی در افزایش توان

آبکندهای بعدی فراهم می‌شود. باید در نظر داشت که خاک خشک، بخشی از آب حاصل از بارندگیها را پیش از این که به جریان سطحی تبدیل شوند، جذب می‌کند. اما از سوی دیگر، با طولانی شدن دوره خشکی پوشش گیاهی از سطح خاک پاک می‌شود و در اثر خشک شدن بیش از حد سطح خاک، ترکهایی نیز در بخش سطحی خاک تشکیل و توسعه می‌یابد. این ترکها زمانی اهمیت دارند که در دیواره آبکندهای قبلی تشکیل شده و با اولین بارندگی، فرسایش بیشتر در دیواره آبکندهای مذکور را باعث شوند.

بررسی نقش رطوبت در آبکندهایی در بخشهایی از منطقه نشان می‌دهد که میزان $WS = (R - RP/t^2)$ ، R = بارش ماهانه به میلی متر، RP = ضریب مربوط به دما $(RP = 30(T + 7))$ یا رطوبت خاک در مواد سطحی بخشهای نسبتاً شب‌دار منطقه، درست پیش از شروع بارندگی و پس از سپری کردن یک دوره خشکی نسبتاً طولانی، اهمیت ویژه‌ای دارد، بویژه در مواقعی که سطوح دامنه‌ها در اثر آتش سوزی از پوشش گیاهی پاک شده و یا پس از برداشت محصول از سطوح کشت شده، سطح زمین بسیار آشفته شده باشد.

نتایج حاصل از بررسی رطوبت خاک نشان می‌دهد که WS در بعضی از ماههای سال منفی (کمبود آب در خاک) و در بعضی از ماهها مثبت است (شکل ۴). منفی بودن WS در بخشهایی از منطقه، زمانی اهمیت می‌یابد که سطح زمین پس از پشت سر گذاشتن یک دوره خشکی و پس از آشفته شدن آن توسط انسان، وقوع بارندگیهای رگباری را بویژه در ماههای اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان تجربه می‌کند. بنابراین می‌توان با استناد به بررسیهای صورت گرفته چنین نتیجه گرفت که در اوایل بهار که سطح دامنه‌های منطقه توسط گیاهان محافظت نمی‌شود و بارندگیهای شدید، ناشی از ورود چرخندهای باختری رخ می‌دهد (جهانبخش و همکاران، ۱۳۷۸) و همچنین در اوایل پاییز که پس از برداشت محصولات و بی‌حفاظ ماندن خاک و پس از تحمل یک دوره خشکی چهار ماهه، اولین بارندگی پاییزی رخ می‌دهد، منطقه مساعدترین شرایط را برای تشکیل و توسعه آبکندها خواهد داشت. براساس اندازه‌گیریهای میدانی و با استناد به داده‌های جمع‌آوری شده، آبکندهایی که در حوالی روستاهای کلمبا و خداوردی کندی تشکیل شده‌اند، در هر بارندگی بهاری و پاییزی چندین سانتی‌متر به طرف دامنه‌ها پیشروی می‌کنند (شکل ۴- A, B). اما نباید فراموش کرد که هرچند که یک خاک مرطوب جریان‌ات سطحی بیشتری را نسبت به خاک خشک تولید می‌کند، اما در مقایسه با خاک خشک مقاومت آن در برابر فرسایش بیشتر است.

باید در نظر داشت که توجه همه مسائل مربوط به رطوبت خاک و رابطه آن با فرسایش به این سادگی امکان‌پذیر نیست و در واقع، ارزیابی رابطه

مناطق به وقوع بعضی پدیده‌ها و افزایش شدت آنها، همچون وقوع لغزشها، افزایش جریان‌ات هورتونی، افزایش توان مناطق به آبکند زایی و همچنین در مورد افزایش حساسیتهای محیطی به تغییرات الگوی آبشناختی، بین محققان اتفاق نظر کامل وجود دارد (Fitzjohn et al., 1998; Kasai et al., 2001; Luce et al., 2001; Ternan et al., 1998). رطوبت خاک نیز به عنوان عامل مهم در تشکیل آبکندهای مناطق، از این تغییرات اقلیمی بی‌تأثیر نیست. در منطقه مورد مطالعه، به دلیل ویژگیهای ساختار زمین‌شناسی، آبهای زیرزمینی پیوسته وجود ندارد. آبخوانها به‌عنوان منبع تشکیل چشمه‌ها در محل گسلها و درز و شکافها تشکیل گردیده‌اند، که عمدتاً توسط برفاب و بارندگیهای بهاره و پاییزه تغذیه می‌شوند. بنابراین به نظر می‌رسد که پیش از مطالعه رطوبت خاک باید شرایط اقلیمی منطقه بررسی شود. به عبارت دیگر ابتدا باید به این پرسش اساسی پاسخ دهیم که آیا منطقه از نظر شرایط اقلیمی، بویژه از نظر دما و بارندگی، نسبت به تشکیل و توسعه آبکندها، اصولاً مستعد هست یا خیر؟ و یا اقلیم حاکم تا چه حد در تشکیل و توسعه پدیده‌های مذکور نقش دارد.

برای پاسخ به این پرسشها از ضریب گرمایی (Hydrothermal Coefficient)

$HTK = (\sum R / \sum T_{10})$ ، R = مجموع بارش سالانه به میلی متر و T = ضریب دمایی ماههایی که دمای ایستگاه بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد است) یا HTK که توانش مناطق را به تشکیل آبکندها نشان می‌دهد، استفاده شده است. در مناطق توانمند به فرسایش آبکندی، میزان HTK از ۱/۲۵ تا ۲/۵ متغیر است (Steege, 2000; Zachar, 1982). نتایج حاصل که با استفاده از داده‌های هواشناسی سه ایستگاه موجود در منطقه و اطراف آن و با جای گذاری در رابطه HTK محاسبه شده، در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به این نتایج و با در نظر گرفتن این که مقادیر HTK در سه ایستگاه بین مقادیر آستانه قرار دارد، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که منطقه از نظر دو عامل اقلیمی (یعنی بارش و دما) برای تشکیل و توسعه آبکندها از مستعدترین مناطق است.

رطوبت موجود در مواد تشکیل دهنده دامنه‌های مناطق کوهستانی، از جمله عوامل مورد توجه در بررسی آبکندهاست (Fitzjohn et al., 1998)، مسئله به این صورت توجیه می‌شود که اگر رطوبت موجود در مواد تشکیل دهنده دامنه‌ها کاهش یابد، رطوبت قابل دسترس برای گیاهان نیز کاهش خواهد یافت و به دنبال آن، از تأثیر حفاظتی پوشش گیاهی در سطح زمین، بویژه در سطوح تا حدی شب‌دار، کاسته خواهد شد (Luce et al., 2001). همچنین در مواقع خشکی، در مواد سطحی حاوی رس و مارن، چسبندگی بین مواد کاهش یافته و در نتیجه با اولین بارندگی به راحتی از سطح دامنه‌ها جابه‌جا می‌شوند و با ایجاد گودیه‌های اولیه، زمینه برای تشکیل و توسعه

به تازگی تأسیس یک ایستگاه باران سنجی در نزدیکی روستای موییل (در ارتفاع ۲۳۰۰ متری) که نزدیک‌ترین و در عین حال مرتفع‌ترین ایستگاه منطقه است، بررسی دقیق‌تر میزان و نحوه بارش در این بخش از منطقه را امکان‌پذیر ساخته است. براساس داده‌های جمع‌آوری شده از ایستگاه مذکور، میانگین بارش سالانه در ارتفاع ۲۳۰۰ متری، ۵۰۰ میلی‌متر در سال است (میزان بارندگی منطقه بر اساس آمار سه ایستگاه موجود در ارتفاع پایین‌تر از ۱۲۰۰ متر، ۳۵۰ میلی‌متر در سال است)، که بیش از نیمی از آن به صورت برف در ماه‌های فروردین، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند می‌بارد و به علت سرد بودن دامنه‌ها، برف به صورت تکه‌های برفی در دامنه‌های پناهگاهی دوام می‌آورد (شکل ۶). لازم به ذکر است، به علت نوسانات شدید دما، در حدود ۱۰ تا ۲۰ درجه، در حوالی صفر، وجود شرایط مساعد از نظر توپوگرافی، مانند جهت‌گیری دامنه‌ها و وجود مناطق پناهگاهی و حضور سازندهای سطحی مساعد به فرسایش، مانند آبرفت‌های قدیمی و مواد هوازده ضخیم، در بخش اعظمی از سال فرایندهای ناشی از عمل برفساز در منطقه فعال هستند (شکل ۶). در فصل بهار در اثر جریان رواناب‌های حاصل از ذوب برف، مواد سست پای دامنه‌ها خیس خورده و در نتیجه گسیختگی‌های زیادی در سطوح شیب‌دار پدید می‌آید. به تدریج در اثر توسعه گسیختگی‌ها، مواد سست دامنه‌ای فروریخته و اختلاف ارتفاعی پدید می‌آید. با پدید آمدن اختلاف ارتفاع و تشکیل گودبهای اولیه، از بخش سر، آب‌های حاصل از ذوب تکه‌های برفی وارد گودبها شده به این ترتیب آبکندهای کوچک اولیه تشکیل می‌شوند، با تداوم جریان آب ناشی از برفاب، توسعه سریع آبکندهای اولیه شروع شده و در مدت زمان بسیار کوتاه آبکندهای بزرگی در پای دامنه‌ها تشکیل می‌شود. گاه توسعه این آبکندها با گسیختگی‌ها و لغزشهایی نیز همراه است که این امر به توسعه بیشتر آبکندها و تشکیل آبکندهای چند سر (Polymorphous) (یا چند ریخت) می‌انجامد.

نقش نوع و ویژگی‌های مواد سطحی، آب‌های زیر سطحی و فعالیت‌های

زمین‌ساختی در تشکیل آبکندهای منطقه

نقش نوع و مواد سطحی زمین در تشکیل و توسعه آبکندها نیز بسیار مهم است. برای بررسی نقش و نوع مواد سطحی در تشکیل آبکندها نمونه‌هایی از مواد سطحی سطوح زمین برداشت و در آزمایشگاه مطالعه شدند (جدول ۲). مطالعه نمونه‌ها و بررسی میدانی آبکندها نشان می‌دهند که مارن‌ها، شیل‌ها و سیلت‌های گسترده در باختر منطقه، بستر مساعدی را برای توسعه آبکندهای فراهم می‌سازند. همچنین در منطقه مورد مطالعه، سطوحی که از لوم و مواد حاوی لوم - شن و رس تشکیل شده‌اند و بافت سنگینی دارند، بیشتر در معرض فرسایش آبکندی قرار گرفته‌اند. در بخش‌های باختری و میانی منطقه آبکندهای متعددی نیز بر روی آبرفت‌های قدیمی تشکیل شده‌اند که این نوع

رطوبت خاک و فرسایش، بویژه فرسایش آبکندی، بسیار دشوار است، چراکه الگوی رطوبت خاک به طور مستقیم فقط بویژه گیاهای فیزیکی خاک بستگی ندارد، بلکه به شرایط اقلیمی، ژرفای آب‌های زیر سطحی، توزیع ریشه گیاهان در ناحیه غیراشباع، ویژگی‌های مؤینه خاکها و اندازه تخلخل میان دانه‌های خاک و به عمل انقباض و تورم خاکها بستگی کامل دارد (Ichim et al., 1990; Madej, 2001; Luce et al., 2001). زمانی که محدوده مورد بررسی بسیار بزرگ و امکان جمع‌آوری نمونه از تمامی بخش‌ها امکان‌پذیر نباشد، در بررسی رطوبت خاک و نقش آن در زمینه سازی برای تشکیل آبکندها، استفاده از رابطه WS بهترین راه حل ممکن به نظر می‌رسد.

واکنشهای آبشناختی چشم‌اندازهای مناطق نیمه خشک، هنگام بارندگی، بویژه رگبار، همواره یکسان و یکنواخت نیست. معمولاً جریانهای سطحی، از رگبارهای شدیدی که از ظرفیت نفوذ خاکها بیشتر است، ناشی می‌شود. در نواحی نیمه خشک این نوع جریانها از نظر تولید رواناب و تشکیل آبکندها بخصوص بر روی سطوح شیب‌دار بسیار مهم هستند. در منطقه مورد مطالعه نیز، رگبارها بویژه آنهایی که پس از یک دوره خشک رخ می‌دهند، در سایش سطوح دامنه‌ها و در نهایت در تشکیل آبکندها، نقش مهمی دارند. این رگبارها اغلب کوتاه مدت و شدید هستند و به هنگام وقوع، رواناب‌هایی با قدرت بالا، تولید می‌کنند که توان برش سرآبکندها و حمل رسوبات زیاد را دارند. این روانابها با بار رسوبی زیاد، نقش مهمی در تغییر ریخت‌شناسی رودخانه‌ها و تغییر الگوی زمانی و مکانی آنها دارند. گاه یک رگبار پاییزی می‌تواند رسوباتی که عمدتاً از سایش سرآبکندهای منطقه حاصل شده‌اند، را حمل و در بستر سیلابی رودخانه‌ها به ارتفاع ۳ متر انباشته سازند (شکل ۵).

رواناب‌های حاصل از یک رگبار، زمانی که از حوضچه‌های زهکشی بالای دامنه‌ها به سرآبکندهای تشکیل شده در پای دامنه‌ها می‌رسند، پس از تمرکز در سر آنها، به صورت تندابها به کف آبکندها می‌ریزند، شدت فرسایش در بخش سر این پدیده‌ها، به پهنای این جریان تمرکز یافت بستگی دارد. هر چه پهنای جریان تمرکز یافته زیاد باشد، قدرت سایشی تندابها نیز افزایش خواهد یافت که این امر، موجب گسترش بیشتر آبکندهای منطقه می‌شود.

نقش برفساز (Nivation) در آبکنندزایی

برف و یا به عبارت دیگر، استقرار تکه‌های برفی (Snow Patch) در بیشتر ایام سال در سطوح دامنه‌های منطقه، از مهم‌ترین عوامل ریخت‌زایی به‌شمار می‌آیند و در ایجاد و توسعه بسیاری از شکلها و پدیده‌های زمین ریخت‌شناختی مانند لغزشها، ایجاد گودالهای کوچک و همچنین تشکیل و توسعه آبکندها، نقش اساسی دارند.

یکی از مواردی که همواره در تشکیل آبکندها مد نظر قرار می‌گیرد، توانش مواد سطحی و زیرسطحی به فرسایش تونلی است (Vanderckhove, 2000). عوامل تعیین کننده ورود آب به افقهای توانمند در برابر فرسایش تونلی در واقع از عوامل مهم در فعال نمودن چنین فرایندی به شمار می‌آید. توسعه تونلهای زیر سطحی در این افقها، با ویژگیهای آبی-زمین‌ریختی (Hydrogeomorphic) مواد در رابطه هستند و مسلماً در این مورد استعداد مواد به تشکیل تونل و عواملی که توسعه بعدی آنها را امکان پذیر می‌سازند، اهمیت ویژه‌ای دارند. میزان pH خاک و هدایت هیدرولیکی آن در ایجاد تونلهای زیر خاکی، از چنین عواملی به‌شمار می‌آیند.

در این مطالعه، به منظور بررسی نقش ویژگیهای سازندهایی که در تونلی شدن مواد تشکیل دهنده دامنه‌ها و در نهایت در آبکند زایی نقش دارند، از خاکهایی که بر روی آنها آبکندهایی با دلایل نامشخص و با احتمال تاثیر عوامل دخیل در تونلی شدن خاک، تشکیل شده بودند، نمونه‌هایی انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفته‌اند (جدول ۳).

نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های برداشت شده (جدول ۳) نشان می‌دهد که از نظر میزان pH خاک و هدایت هیدرولیکی با توجه به آستانه‌های ارائه شده (حداقل آستانه $pH = 5/9$ و $HC = 0/1$)، مواد سطحی و زیر سطحی منطقه در برابر تونلی شدن و در نتیجه به تشکیل آبکندها توانمند هستند.

نقش ویژگیهای مواد سطحی دامنه‌ها در برابر فرسایش تونلی، که عامل زمینه ساز دیگری برای تشکیل آبکندهاست، به این صورت توجیه می‌شود که، شکافهای ایجاد شده در مواد غنی از مونتوریلونیت در اثر بارندگی، با آب پر شده و متورم می‌شوند (تورم و شکاف خوردگی در مواد حاوی مونتوریلونیت بهترین شرایط را برای فرسایش تونلی فراهم می‌سازد). در نتیجه رسها چسبندگی خود را از دست می‌دهند و همچنین قابلیت پخش شدگی (Dispersed) آنها افزایش می‌یابد (Archibold, 1996). در این شرایط اگر جریان آبهای میان قشری (Throughflow) امکان پذیر باشد، رسها و سیلتها به آسانی جدا می‌شوند و به صورت معلق در آبهای جاری حمل می‌شوند. با انتقال رسها یک ماتریس اسکلتی (Skeletal matrix) تشکیل می‌گردد، به طوری که آب و ذرات ریز از میان آنها می‌تواند به آسانی عبور کنند. اگر جریان آب بلافاصله در شکافهای کوچک ایجاد شده امکان پذیر نباشد، با اشباع بیشتر آب قدرت هیدرولیکی افزایش یافته تا این که راه عبور امکان پذیر گردد. با شروع حرکت آب، فرسایش مکانیکی به سرعت افزایش می‌یابد و شکافهای توسعه یافته، به آب بیشتر اجازه نفوذ و عبور می‌دهند تا این که کانالهای زیرزمینی در اثر جریان آب و انتقال مواد بیشتر، آن قدر بزرگ می‌شوند که سقف آنها فرو می‌ریزد. با فروریزی سقف

آبکندها، دیواره‌های ناپایداری دارند و بسیار فعال هستند و اغلب از چند جهت، پای دامنه‌ها را مورد هجوم خود قرار می‌دهند و در واقع، جزو آبکندهای چند ریخت به‌شمار می‌آیند.

بررسی شکل آبکندهای منطقه بر روی سازندهای سطحی مختلف نشان می‌دهد آبکندهایی که بر روی مواد دانه ریز و نسبتاً سفت شده تشکیل شده‌اند، اغلب به صورت خطی توسعه می‌یابند و از یک جهت پسروی می‌کنند. این نوع آبکندها بسیار دراز و اغلب U شکل هستند (مانند آبکندهای اطراف روستاهای علی‌آباد) و در بخش سرو دیواره‌های چنین آبکندهایی، حرکات توده‌ای نسبتاً بزرگ به‌ندرت اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد که غنای آهن موجود در مواد بستر آبکندهای مذکور نقش اساسی در تشکیل و توسعه آنها داشته است. در نزدیکی روستاهای دهستان و کوتلردر آندزیتها، کانیهای تیره سنگها اکسید شده و آهن موجود در آنها رها شده است. به همین دلیل، مواد سطحی و کلاً خاکهای تشکیل شده در این بخش از منطقه، از آهن غنی هستند (شکل ۸). شایان ذکر است که در بررسی توان آبکندزایی مناطق، بعضی از محققان وجود آهن را به‌عنوان شاخصه مهمی در شناسایی محل تشکیل و توسعه آبکندها در نظر می‌گیرند (Archibold, 1996; Ternan, et al., 1990; Zachar, 1982).

در بخشی از منطقه، آبکندهایی که پس از برش لایه‌های نسبتاً تحکیم یافته بالایی (عمدتاً آبرفت‌های قدیمی) به لایه‌های گرانیت زیرین (گرانیت‌های الیگوسن) رسیده‌اند، دیواره‌های تا حدی پایدار دارند و به علت استحکام مواد دیواره‌ای، رشد آنها بسیار کند صورت می‌گیرد. به همین دلیل معمولاً این نوع آبکندها کوتاه و V شکل هستند. می‌توان در این مورد، به آبکندهای نزدیک روستای بهل اشاره کرد (شکل ۸).

در منطقه مورد مطالعه، همه ساله در فصل بهار با پر شدن آبخوانها از آبهای حاصل از ذوب برف و بارشهای بهاری، آبهای زیر سطحی در پای هر دامنه‌ای به صورت چشمه‌های کوچک ظاهر می‌شوند. این آبها به هنگام ظهور در سطح زمین، موجب شستشوی مواد سست و نیمه سست می‌شوند و به تدریج گودیاها و گسیختگیهایی در پای دامنه‌ها ایجاد می‌کنند و به مرور در اثر تداوم جریان آبهای زیر سطحی و تاثیر دیگر عوامل، آبکندهای نسبتاً بزرگی تشکیل می‌شود. آبکندهای بسیار شاخصی از این نوع در نزدیکی روستاهای آله و خداوردی کندی شناسایی شده است. این آبکندها بسیار بزرگ و چند ریخت هستند و از جهات مختلف پای دامنه‌ها را مورد تهاجم خود قرار می‌دهند. در اثر تراوش آبهای زیر سطحی و همچنین ریزش آبهای سطحی از بالای سر آبکندها، گسیختگیهای گسترده‌ای در سر و دیواره‌ها ایجاد می‌شود و در نهایت دیواره‌ها به صورت توده‌ای به داخل آبکندها فرو می‌ریزند و به این ترتیب حجم بسیار زیادی از مواد دامنه‌ای را به پایین و به درون آبراهه‌ها انتقال می‌دهند (شکل ۹).

آشفته شده است. به دلیل پراکندگی روستاها در این بخش از منطقه، کشیدن جاده‌های ارتباطی آسفالتی و خاکی که زمینه را برای تمرکز آبهای سطحی فراهم می‌سازند نیز، به عوامل مستعد کننده طبیعی برای تشکیل آبکندها و تسریع عمل فرسایش آبکندی اضافه شده‌اند، نقش دوام تکه‌های برفی در بخش پناهگاهی دامنه‌ها را نباید در تشکیل برخی آبکندهای منطقه فراموش کرد. بسیاری از آبکندهای چند سر در این محدوده، تشکیل و توسعه می‌یابند.

با توجه به بررسی رشد آبکندها در طولانی مدت و مقایسه عکسهای هوایی و همچنین مشاهده برخی از آبکندها پیش و پس از رگبارهای شدید در طی یک دوره ۳ ساله و داده‌های جمع آوری شده در طی پیمایشهای میدانی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که گسترش و پیشروی سر آبکندها با میزان بارندگیها و تکرار وقوع رگبارهای شدید، رابطه‌ای مستقیم دارد. بیشتر شکافها و گسیختگیهایی که در بخش سر آبکندها ایجاد می‌شود، در اثر وقوع رگبارها به صورت توده‌ای به درون آبکندها فرو می‌ریزند و در نتیجه این عمل، بخش سر، به طرف سطوح شیب‌دار پیشروی می‌کند. آبکندهای منطقه با توجه به نوع و علل و عوامل تشکیل دهنده آنها، با سرعت متفاوت پسروی می‌کنند، میزان پسروی سالانه آبکندهای چند سر و یک سر در منطقه بسیار متفاوت است. معمولاً انواع یک سر با میانگین سرعت ۱ تا ۳ متر و چند سرها ۰/۵ تا ۱ متر پسروی می‌کنند. از نظر آشفستگی سطوح شیب‌دار، آبکندهای چند سر، از جمله آبکندهای خطرناک منطقه به‌شمار می‌آیند، چرا که از چند جهت دامنه‌ها را مورد هجوم خود قرار می‌دهند (شکل ۹)، سالانه مقدار زیادی از مواد سطحی و حتی خاک سطوح کشت شده را وارد آبراهه‌ها می‌سازند. انباشتگی پشته‌ای از نهشته‌ها در داخل آبکندها که به هنگام وقوع رگبارها و بروز سیل، که از ویژگیهای کوهستانهای نیمه خشک است، تایید کننده این مدعا است.

در دهه‌های اخیر در ناحیه مورد مطالعه، کاربری نادرست زمین، چرای بیش از حد در سطوح دامنه‌ها، و سوزاندن خارهای دامنه‌ها توسط چوپانان محل که شرایط را برای تمرکز بیشتر روانابها و توانمند شدن آنها جهت سایش سطحی فراهم می‌سازد، زمینه را برای فرسایش و تشکیل آبکندهای بزرگ‌تر در پای دامنه‌ها مساعد کرده است.

کانالهای زیر زمینی، آبکندهای اولیه تشکیل شده و در اثر دخالت عوامل مختلف ابعاد آنها به تدریج توسعه می‌یابد.

یکی از عواملی که احتمال داده می‌شود در تشکیل آبکندهای منطقه نقش داشته باشند، عوامل زمین‌ساختی است. نتایج بررسیهایی که توسط زمین ریخت‌شناسان در منطقه صورت گرفته است (جداری عیوضی، ۱۳۶۷)، نشان می‌دهد که زمین‌ساخت هنوز هم در چاله اهر فعال است و این محدوده در حال فرونشینی مداوم است. براساس فرضیات مطرح شده، این فرونشینی باعث می‌شود که سطح اساس رودخانه‌های فرعی همواره در سطح پایین تری قرار گیرد و رودهای جاری برای از بین بردن تفاوتها، عمل برابر سازی را انجام و بستر خود را بکنند. این که یکی از علل تشکیل آبکندهای منطقه، زمین‌ساختی است، جای شک دارد و اظهار نظر در مورد آن مستلزم بررسیهای بیشتر و در دست داشتن دلایل مستندتری است. اما آنچه مسلم است، در آبکندها، آبهای جاری مداومی جریان ندارد، بنابراین قرار دادن آبکندها در سیستم شبکه‌های زهکشی پیوسته و نگرش سیستمی به آنها در زمینه برابرسازی تغییرات رخ داده در اثر تفاوت در سطح اساس (بین بسترهای دائمی آب و آبکندها)، به نظر دور از واقعیت‌های موجود در منطقه می‌رسد.

با عنایت به موارد یاد شده و همچنین با توجه به پراکندگی آبکندها می‌توان منطقه را از نظر آسیب پذیری در برابر فرسایش آبکندی به سه محدوده مجزا پهنه‌بندی کرد (شکل ۱۰). بخشهایی از منطقه که از نظر شیب، نوع مواد سطحی و سایر مواردی که ذکر شد، توان تشکیل آبکندها را ندارند، در واقع محدوده‌هایی هستند که در ارتفاعات شیبهای بالای ۲۰ درصد و محدوده سنگهای آذرین واقع شده‌اند. محدوده‌هایی که در آنها آبکندهای کم عمق و کوتاه تشکیل شده‌اند، در واقع محدوده‌هایی را مشخص می‌کنند که عمق مواد سطحی، نسبتاً کم است و شرایط برای تمرکز آبهای سطحی وجود ندارد و همچنین از نظر ویژگیهای شیمیایی آب، مواد سطحی توان فرسایش تونلی از خود نشان نمی‌دهند، در محدوده‌هایی که پراکندگی آبکندها بسیار زیاد و می‌توان شاخص‌ترین آبکندها را در چنین محدوده‌ای مشاهده کرد، مکانهایی است که عمق مواد سطحی تحکیم نیافته و خاک تشکیل شده در آنها تا حدی زیاد است و زمین در اثر کشت و زرع و عملیات کشت غیر اصولی توسط انسان، در شدیدترین صورت ممکن،

جدول ۱- ضریب گرمایی در سه ایستگاه منطقه

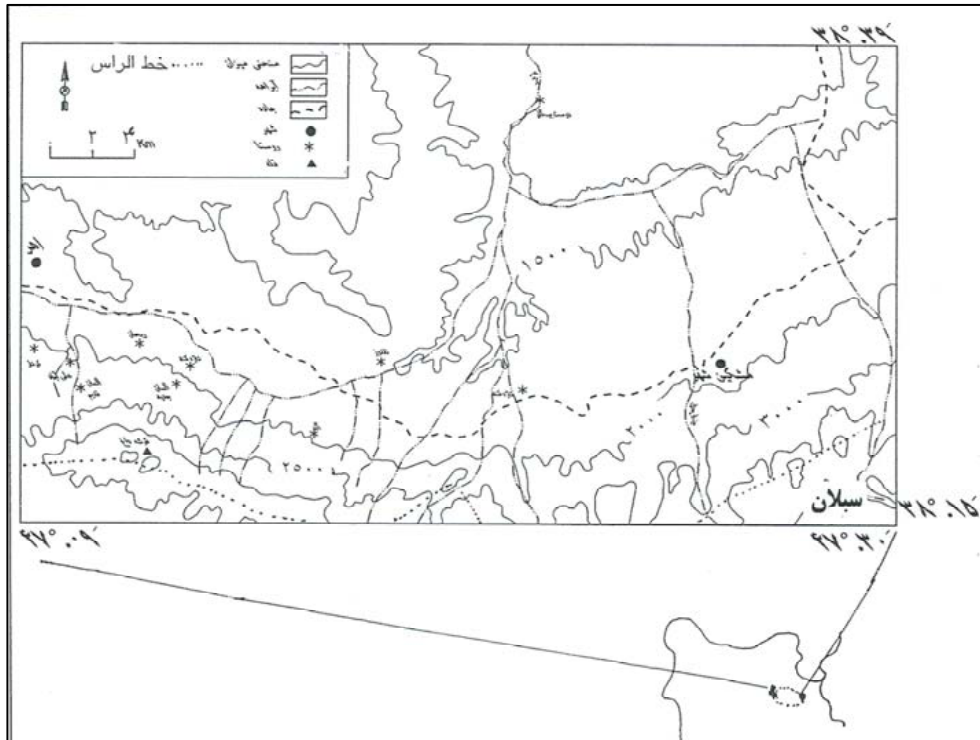
ضریب / ایستگاه	اهر	تازه کند	نوست بیگلر
ΣT	۱۶۵۲.۲	۱۶۵۲.۲	۲۲۰۷.۲
ΣR	۲۹۴.۸۸	۲۴۱.۶	۲۹۵.۱
HTK	۱.۷۸	۱.۴۶	۱.۳۳

جدول ۲- ویژگیهای نمونه‌های برداشت شده از بخشهای مختلف منطقه (بین دامنه‌های سیلان و قوشه داغ)

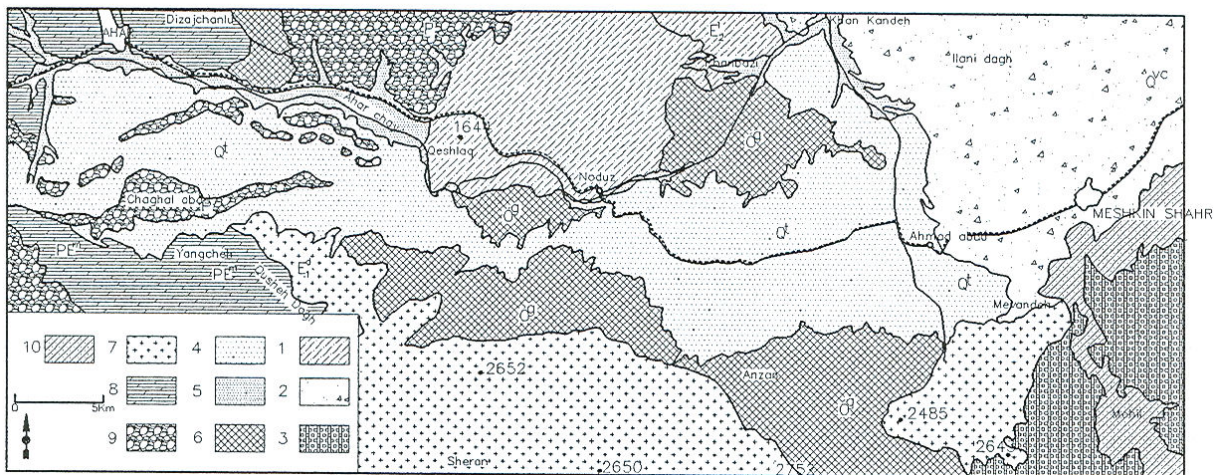
شماره نمونه	بافت سازندهای سطحی	نوع کانی در نمونه‌ها	رطوبت طبیعی (%)	مکان نمونه برداری
۱	رس ریز دانه	کاتولینیت	۱۹	نزدیک روستای سیدلی
۲	✓	✓	-	حصار
۳	✓	✓	-	چاقال آباد
۴	✓	✓	۱۹	پوزند
۵	✓	مونث موریلونیت	۲۶/۵	کوتلر
۶	✓	کاتولینیت	-	علی آباد
۷	ماسه لای دگر	✓	۸	خان باز
۸	رس شن دگر	✓	۹	بهن
۹	مارن سبز	✓	۲/۱۲	افیل
۱۰	ماسه شن دگر	✓	۲/۲۶	آله

جدول ۳- میزان pH خاک و هدایت هیدرولیکی نمونه‌های برداشت شده

نوع آزمایش/ مکان نمونه برداری	آله	حضر کنی	علی آباد	آلعان جدید	حدارودی کنی
pH خاک	۷.۷	۷.۵	۷.۷	۷.۷	۸.۱
هدایت هیدرولیکی (HC)	۰.۹	۰.۶۲	۰.۹	۰.۳۵	۰.۲۸



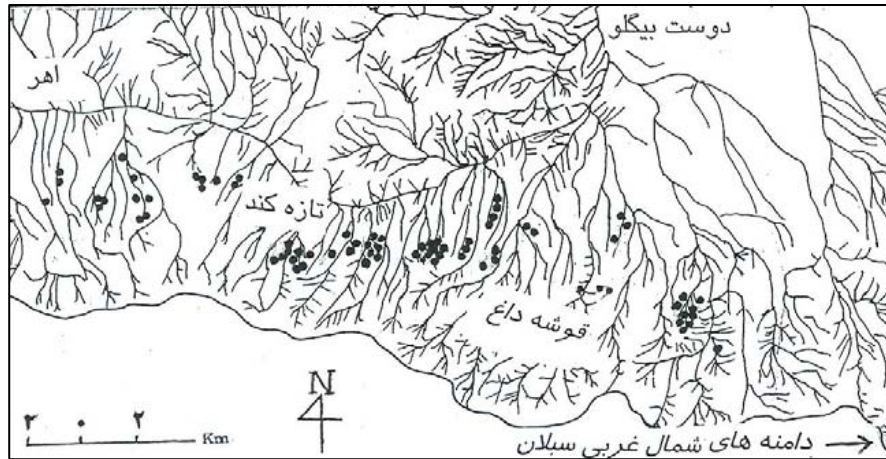
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای توپوگرافی محدوده مورد مطالعه



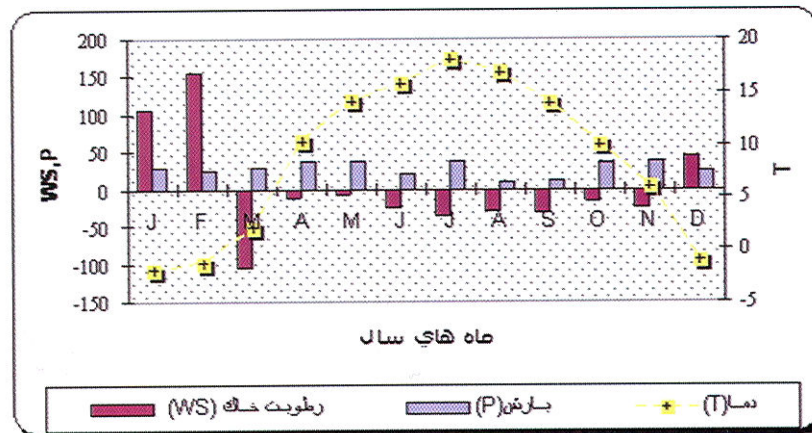
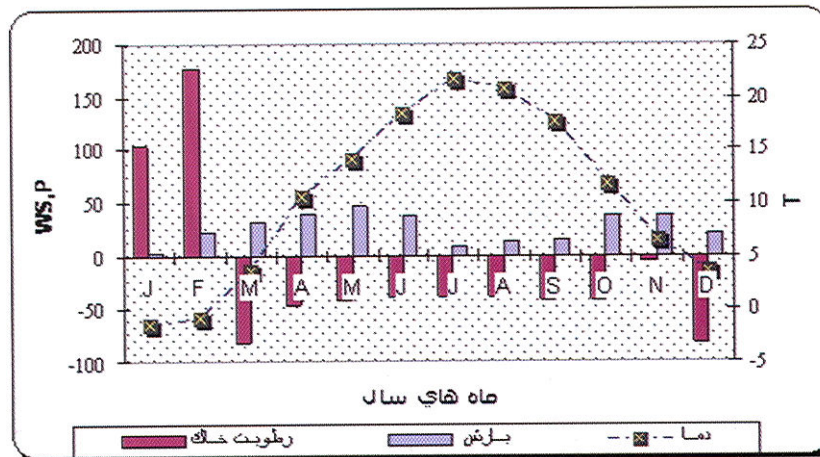
شکل ۲- نقشه زمین شناسی دامنه‌های شمال باختری سیلان و دامنه‌های شمال خاوری قوشه داغ (بین اهر و مشکین شهر). اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اهر، سازمان زمین شناسی کشور

راهنما:

- ۱) لایت و ایگنیمبریت اتوسن (۲) لاهار و کنگلومراهای کواترنر (۳) تراکی آندزیتها و گدازه‌های قدیمی سیلان (کواترنر)
- ۴) آبرفت‌های قدیمی (کواترنر) (۵) آبرفت‌های جدید (۶) گرانیت (۷) بازالت‌های اتوسن (۸) آهک، مارل و ماسه سنگ پالتوسن
- ۹) کنگلومرا و سنگ‌های سیلتی پلیوسن (۱۰) برش و ایگنیمبریت‌های کواترنر



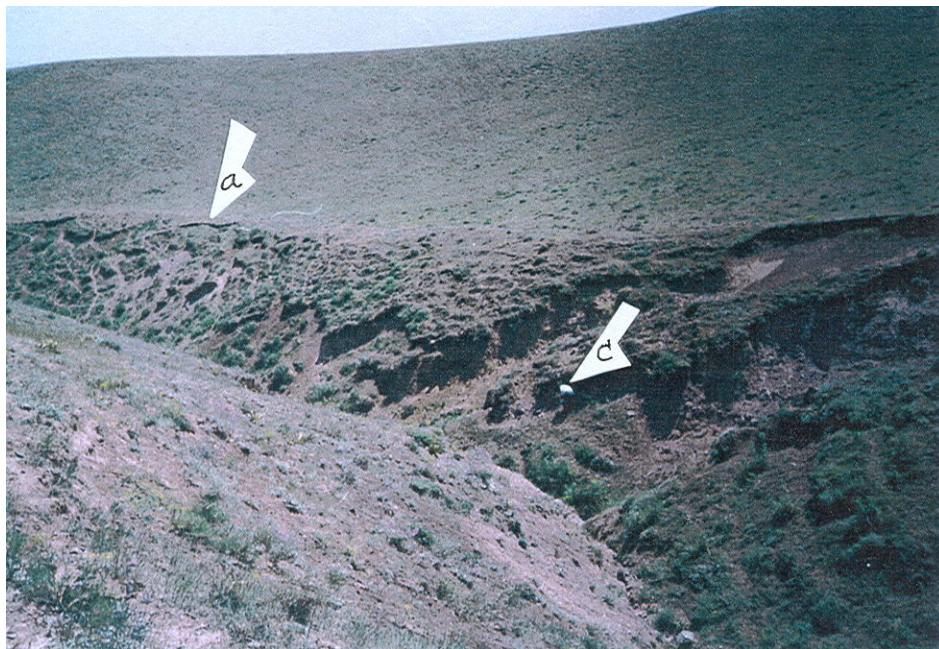
شکل ۳- پراکندگی آبکندها در محدوده مورد مطالعه
در این شکل •: محل آبکنده



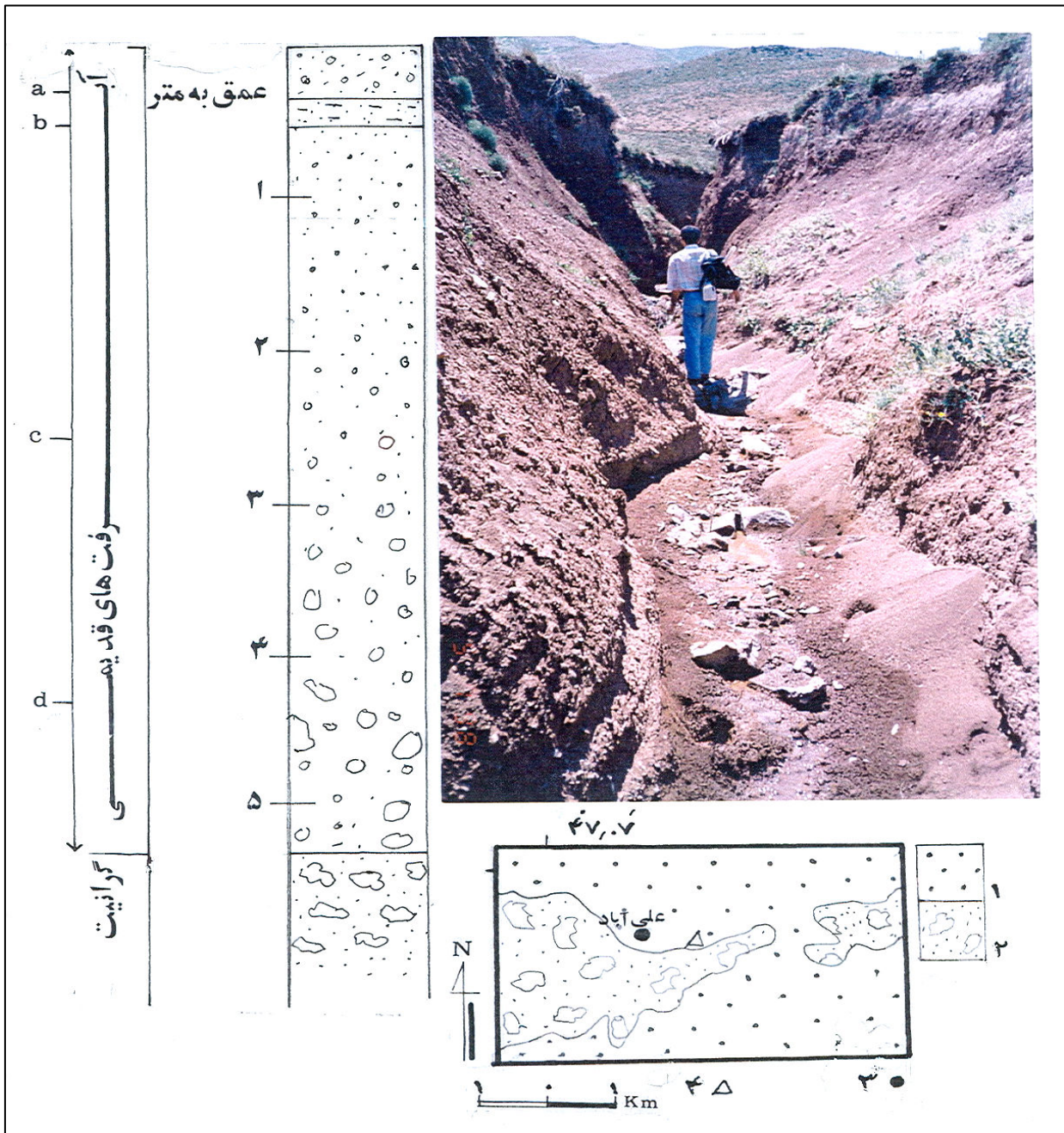
شکل ۴- میزان WS در ایستگاه اهر (A) و دوست بیگلو (B)



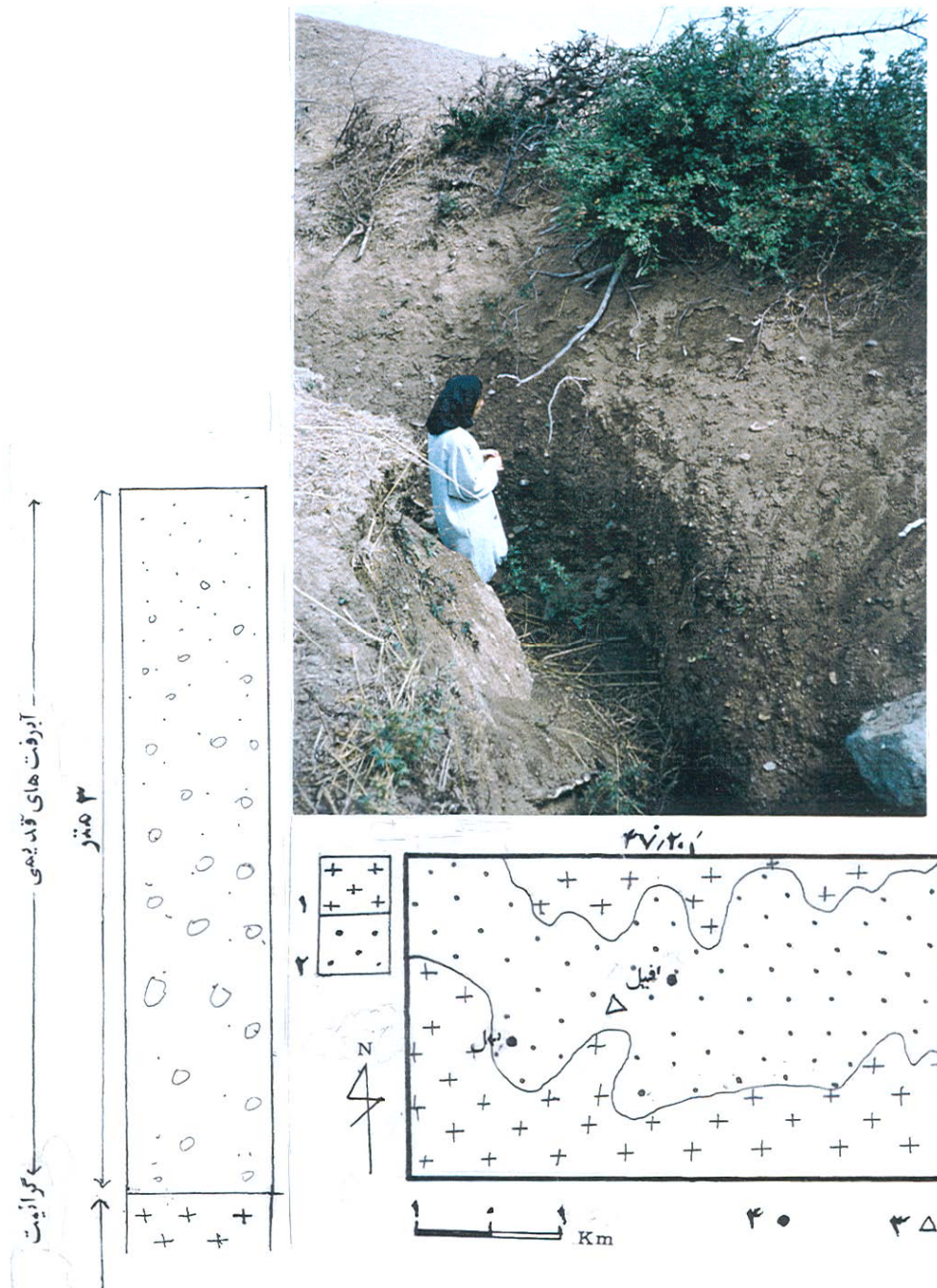
شکل ۵- میزان رسوب حاصل از وقوع یک رگبار در بستر سیلابی رود اهر در نزدیک روستای ریحان، بین اهر و مشکین شهر



شکل ۶- نقش استقرار تکه‌های برف در ایجاد گسیختگی و تشکیل آبکندهای نسبتاً عمیق در نزدیکی روستای یاور کندی (بین اهر و نقدوز) به گسیختگی دیواره‌ها (a)، پسروی آنها (b)، عمق و همچنین به وسعت آبکندها با توجه به مقیاس انسان دقت شود (c).

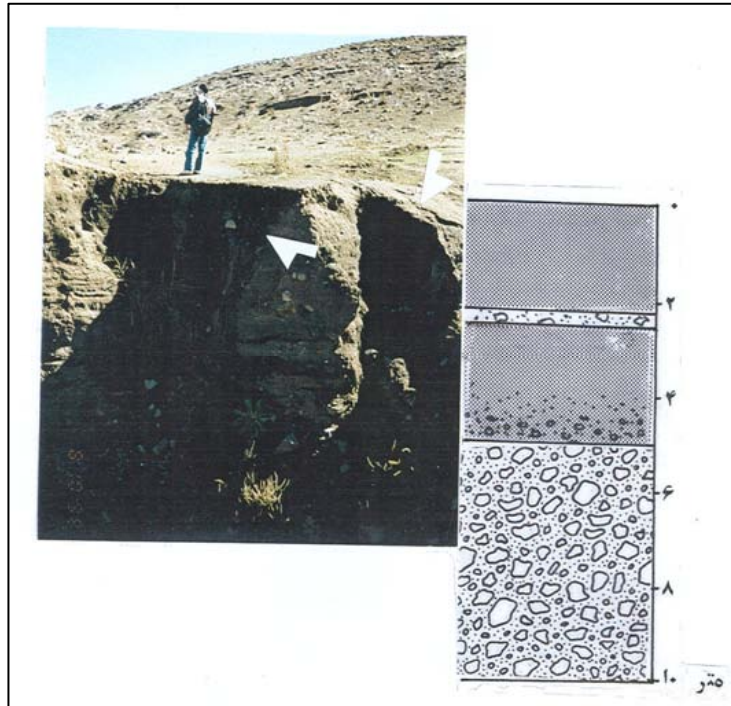


شکل ۷- تشکیل آبکند U شکل بر روی آبرفت های قدیمی با زیر ساخت کنگلومرا در نزدیک روستای علی آباد (بین اهر و مشکین شهر) در این شکل: (۱) آبرفت های قدیمی (۲) کنگلومرا (۳) روستا (۴) محل آبکند

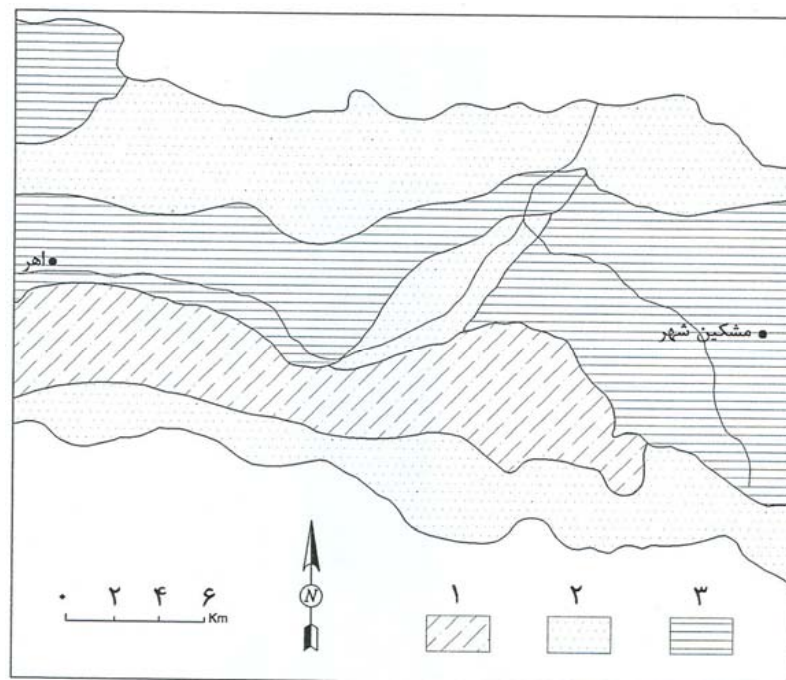


شکل ۸- تشکیل آبگند ۷ شکل بر روی آبرفت‌های ضخیم قدیمی بازیرساخت گرانیت (نزدیک روستای بهل).
در این شکل:

(۱) گرانیت (۲) آبرفت‌های قدیمی (۳) محل آبگند (۴) روستا



شکل ۹- تشکیل آبکند چند سر در دامنه‌های شمالی قوشه داغ. خروج آبهای زیر سطحی و تشکیل آبکند چند سر بر روی آبرفت‌های قدیمی با زیر ساخت کنگلومرا در بین روستاهای خداوردی کندی و خضر کندی (به گسیختگی بخش سر و بزرگی آبکندهای چند سر در مقایسه با مقیاس انسانی توجه شود).



شکل ۱۰- پهنه‌بندی استعداد سطوح شیب‌دار منطقه در برابر فرسایش آبکندی در این شکل: (۱) نواحی مضمون از فرسایش آبکندی (۲) نواحی نسبتاً مستعد به فرسایش آبکندی (آبکندهای کوچک) (۳) نواحی با فرسایش شدید آبکندی (آبکندهای بزرگ)

کتابنگاری

- بیاتی خطیبی، م.، ۱۳۷۹- بررسی نقش عوامل مورفودینامیک در ناپایداری دامنه‌های شمالی قوشه داغ، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز ۲۵۴ ص.
- بیاتی خطیبی، م.، ۱۳۷۹- نقش برفساب در تغییر دامنه‌های شمالی قوشه داغ، رشد آموزش جغرافیا شماره ۵۵.
- بیاتی خطیبی، م.، ۱۳۷۴- مطالعه اقلیم شمال باختر ایران براساس تحلیلهای سینوپتیکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز ۲۴۲ ص.
- جهانبخش اصل، س.، بیاتی خطیبی، م. و فرشی فروغ، ج.، ۱۳۷۸- تجزیه و تحلیل سینوپتیکی بارشهای منطقه شمال باختر ایران، مجله دانش کشاورزی، دانشگاه تبریز شماره ۱.
- جداری عیوضی، ج.، ۱۳۶۷- ژئومورفولوژی دره اهر. پژوهشهای جغرافیای شماره ۲۴ انتشارات دانشگاه تهران.
- رفاهی، ح.، ۱۳۷۵- فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران ۵۵۱ ص.

References

- Archibold, Q.W., 1996- A Device for measuring Gully headwall morphology. *Earth surface processes and landforms*. vol: 21, 1001-1005.
- Beavis, G. Sara., 2000- Structural controls on the orientation of erosion gullies in mid-western New South Wales, Australia. *Geomorphology*. vol: 33, 59-79
- Burkard, M.B., Kostaschuk, R.A., 1997- Patterns and controls of Gully growth along the Shoreline of Lake Huron. *Earth surface processes and land forms*. vol: 22, 201-911
- Croke, I., Mockler, S., 2001- Gully initiation and Road-to-stream linkage in a forested catchment, southeastern Australia. *Earth surface processes and land form*. vol: 26, 205- 217
- Fitzjohn, C., Ternan, I. L., Williams, W., 1998- Soil moisture variability in a semi-arid gully catchment: implications for runoff and erosion control. *Catena*. vol: 32, 55- 70
- Fransen, P., J, Phillips., Fahey, B. D, 2001- Forest road erosion in New Zealand: overview. *Earth surface processes and land forms*. vol: 26, 165-174
- Hughes, A. O., Prosser. I. P., Stevenson, J., Scott, A., Gallant, H. Lu., J, Moran, C. J., 2001- Gully erosion mapping for the National land and water resoures Audit. CSIRO land and water. Canberra. Technical Report 26/ 01.1-19
- Ichim, I., Mihaiu., Surdeanu, V., Radoane, M., Radoane, N., 1990- Gully erosion on agricultural lands in Romania. *Soil erosion on agricultural land*. John wiley and sons Ltd. pp 56-67
- Kasai, M., Marutani, T., Leslie, M, Reid., Trustum N.A., 2001- Estimation of temporally averaged sediment delivery ration using aggradational terraces in headwater catchment of the Waipaou river, North Island, New Zealand. *Earth surface processes and land forms*. 26, 1-16
- Lamarche, J. L., 2001- Effects of forest roads on flood flows in the Descutes river, Washington. *Earth surface processes and land forms*. vol: 26, 115-134
- Luce, Charles., Wemple B. C, 2001- Introduction to special issue on hydrologic and Geomorphic effects of forest roads. *Earth surface processes and land forms*. vol : 26, 111-113
- Madej, M. A, 2001- Erosion and sediment delivery following removal of forest Roads. *Earth surface processes and land forms*. vol: 26, 175-190
- Megahn, W. F., Wilson, M., Monsen, S. D, 2001- Sediment production from granitic outcrops on forest roads in Idaho, U.S.A. *Earth surface processes and land forms*. vol: 26, 153-163
- Nachtergaele, J., Poesen, J., Vandekerckhove, L., Oostwoudijdenes, D., Roxo, M, 2001- Testing the phemeral gully erosion model (EGEM) for two Mediterranean environments. *Earth surface processes and land forms*. vol : 26, 17- 30
- Oostwoud, D. J., Bryan, R, 2001- Gully- Head erosion processes on semi-arid valley floor in Kenya: A case study into temporal variation and sediment budgeting. *Earth surface processes and land forms*. vol : 26, 911- 933
- Robichaud, P. R., Beyers, J. L., Neary, D. G, 2001- After the fire, before the storm: post- erosion control efforts explored. <http://www.cenews.com/ederosion 0201.html>. 1-9
- Steege, A, 2000- Sediment export by water form an agricultural catchment in the loam belt central Belgium. *Geomorphology*. vol: 33, 25- 36
- Tage, C, 2001- Simulating the impact of road construction and forest harvesting on hydrologic response. *Geomorphology*. vol: 26, 1-17



- Talken, I, 2001- The effect of tillage – induced roughness on runoff and erosion patherns. *Geomorphology*.vol: 37, 20 - 33
- Ternan, JL., Elemen, A., Firzjohn, C., Willams, A. C, 1998-Piping suscepyibility and the role of hydro-geomorphic controls in pipe development in alluvial sediments,central Spain.*Geomorphology*.vol: 42, 75- 87
- Vanderckhove, L, 2000 - Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid Mediterranean environments. *Geomorphology*. vol: 33, 37-58
- Vanderckhove, L., Kosmas, C., Roxo, M.J., Figueivedo, T.D,. 2000 -Thresholds for gully initiaton and sedimentation in Mediterranean Europe. *Earth surface processes and land forms*.vol:25, 1201 -1220
- Zachar, D., 1982- Soil erosion. Elsever scientific pub. pp 547

* گروه پژوهشی جغرافیای دانشگاه تبریز، ایران

* Geographical Research Group of Tabriz University, Iran.