



علیرضا ایلدرمی^۱

بررسی علل تشکیل و وقوع جریان واریزه‌ای در دامنه‌های شمالی الوند همدان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۴/۰۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۲۹

چکیده

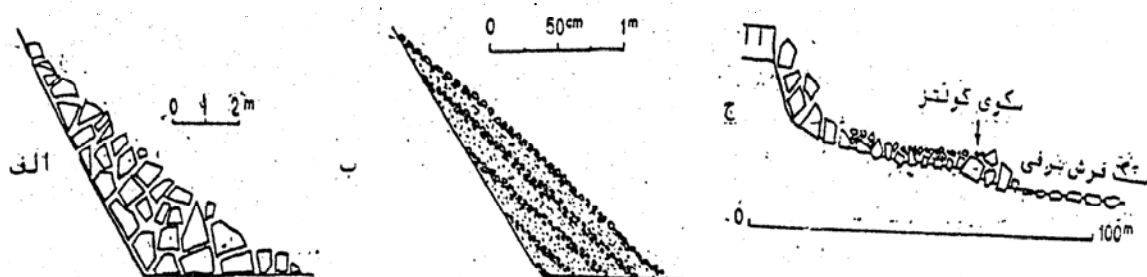
جریان واریزه‌ای یکی از مهم‌ترین فرایندهای دامنه‌ای در جابجایی مواد به شمار می‌آید که موجب شکل‌زایی و افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها می‌شود. به منظور بررسی جریان واریزه‌ها، دامنه‌های شمالی الوند واقع در ۱۵ کیلومتری شهر همدان مشخص و با استفاده از عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و با استفاده از نرم افزار ArcGis 9 تعداد ۴۴ نمونه از جریان واریزه‌ای به طور تصادفی انتخاب و مشخصات مورفومتری آنها از قبیل طول بخش معبر، ارتفاع جریان، عمق بخش معبر، عرض مخروط، شیب و ارتفاع با عملیات میدانی و نقشه برداری محاسبه و معین شد. با استفاده از نرم افزار spss و Excel همبستگی آماری بین مشخصات مورفومتری مانند عمق بخش معبر و شیب و یا محاسبه حجم واریزه‌ها مدلی جهت بر آورد عمق سایش و تخریب مواد دامنه‌ای ارائه گردید. نتایج حاصله از بررسی‌ها نشان داد که در بین عوامل موثر در تشکیل جریان واریزه‌ای در دامنه‌های شمالی الوند، ارتفاع و شیب بیشترین نقش را دارا می‌باشند. اما تمرکز واریزه‌ها بویژه از لحاظ تعداد، فراوانی و گستردگی در ارتفاع بین ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متری بیانگر نقش لیتولوژی، تکتونیک، نیواسیون همراه با سیستم شکل‌زایی و فرسایشی جنب یخچالی در تشکیل و توسعه واریزه‌های منطقه نیز است. به علاوه نتایج حاصله از بررسی نقش بارندگی بر اساس معادله کاین، بلیجنبرگ نشان داد، بارندگی‌های به وقوع پیوسته حدوداً ۱۵ الی ۱۰۵ دقیقه‌ای در

برخی سال‌ها موجب حرکت واریزه‌ها بر روی دامنه‌ها و ورود آن به رودخانه‌ها و افزایش باررسوبی و تخریب دامنه‌ها شده است.

کلید واژه‌ها: جریان واریزه‌ای، فرایند دامنه‌ای، مدل سازی، ارتفاع، شیب.

مقدمه

تحت تأثیر تخریب مکانیکی در دیواره‌های سنگی، مخروط واریزه متناسب با ابعاد، وزن مخصوص و با متوسط شیب ۲۷ و ۳۷ درجه تشکیل می‌شود. این فرایند دامنه‌ای به شکل جریان واریزه‌ای بوده که موجب افزایش بار رسوبی رودخانه می‌گردد (کمک پناه، ۱۳۷۱: ۳۱۲). واریزه‌ها بر حسب اندازه ذرات و مواد متشکله به صورت تخته سنگی، قلوه سنگی، ماسه‌ای، حاکی بوده، اما مهم‌ترین آنها که تبدیل به جریان واریزه‌ای می‌گردند واریزه‌های ثقلی، لایه-لایه و روانه قطعه سنگ‌هاست (ایلدرمی، ۱۳۸۱: ۸۹). واریزه‌های ثقلی بر روی دامنه‌های سنگی تشکیل قطعه و پاره سنگ‌ها را داده که بر اثر نیروی ثقل به سمت پایین دست دامنه شیبی بین ۳۰ تا ۳۵ درجه را به وجود می‌آورد. واریزه‌های لایه-لایه یا آراسته در دامنه‌هایی با شیب ملایم و کمتر از شیب واریزه‌های ثقلی به وجود می‌آیند و در اثر عمل یخ و مواد گلی یخ زده به سمت پایین دست حرکت می‌کنند. اما روانه قطعه سنگ‌ها بر سطح شیب‌های ضعیف با دخالت مواد گلی و همراه با قطعه سنگ‌های سطحی بر روی آن حرکت می‌نمایند (شکل ۱) (ایلدرمی، ۱۳۸۱: ۸۹).



شکل ۱- انواع مختلف جریان واریزه ای (الف) جریان واریزه ثقلی (ب) واریزه ای لایه-لایه (ج) روانه قطعه سنگ‌ها در اغلب بررسی‌ها، حرکات توده‌ای سریع به علت ماهیت ناپیوسته مکانی و ناگهانی آنها در نواحی پریگلاسیر به دقت حرکت توده‌ای آرام مطالعه نشده‌اند. نتایج به دست آمده از تحقیق در شمال سوئد حاکی است که نقش حرکات توده‌ای سریع در برهنه شدگی ناهمواری‌ها تحت تأثیر حرکات توده‌ای آرام به مراتب مهم‌تر است. جریان واریزه‌ای حد واسط زمین لغزه‌ها و سیلاب‌ها می‌باشد و اندازه مواد آن از قطعه سنگ‌ها تا رس‌های مخلوط با مقدار

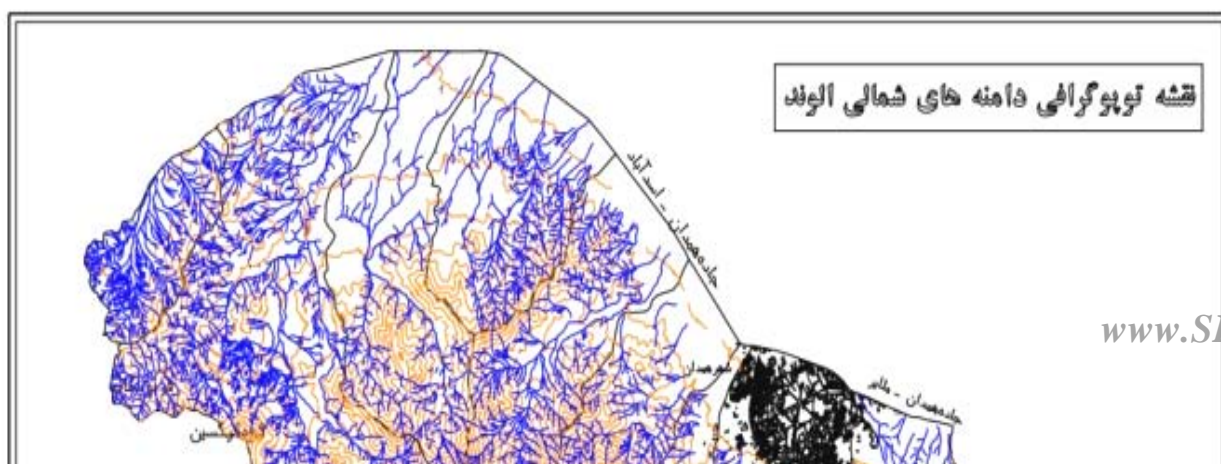
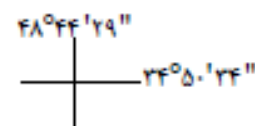
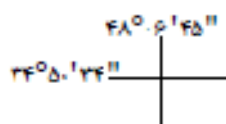
زیادی آب متفاوت است بنابراین وزن رسوبات واریزه‌ای از ۹۰-۷۰ درصد در نوسان بوده و مخلوطی از آب و مواد جامد است که با سرعت یکسان حرکت می‌کنند (کاستا، ۱۹۸۸). شرایط اولیه برای جریان واریزه‌ای شامل وجود منبع رطوبت همراه با رسوبات تخریبی در دامنه‌های نسبتاً شیبدار می‌باشد. اگر چه جریان‌های واریزه‌ای در طول کانال‌های زهکشی یا بر روی دامنه‌ها مستعد حرکت می‌باشد ولی در سطوح مخروط آبرفتی نیز می‌توانند جریان یا بند (سلبی، ۱۹۹۳). ویژگی حرکت واریزه‌ها با افزوده شدن آب و واریزه از منابع در مسیرهای دیگر تغییر می‌کند به طوری که بارش شدید در حدود ۱۰۷ میلی‌متر در ۲۴ ساعت در سال ۱۹۵۹ موجب حرکت واریزه‌ها در شمال سوئد شده است (بارچ، ۱۹۹۳) در جولای ۱۹۷۲ بارندگی به میزان ۳۰ میلی‌متر در ۳۰ دقیقه بر روی شیب‌های ۲۰-۱۵ درجه در منطقه پاپلند^۲ تقریباً ۵۰ هزار متر مکعب واریزه در منطقه‌ای به وسعت یازده کیلومتر مربع رسوب نمود که معادل ۵ میلی‌متر فرسایش ناشی از جریان واریزه‌هاست (گودی، ۱۹۹۰). بیشتر جریان واریزه‌ای بر روی دامنه‌هایی آغاز می‌شوند که شبکه زهکشی متمرکز و بریدگی شیب آغاز می‌شود (کلارک، ۱۹۸۸). جریان واریزه‌ای می‌تواند از نواحی منبع تا کیلومترها جریان یابند ولی در نواحی کم شیب متوقف می‌شوند (ریتر، ۱۹۹۳). به منظور تحلیل فرایند جریان واریزه‌ای بررسی مورفولوژی، رسوب شناسی و تهیه نقشه‌های مختلف، مشاهده و نمونه‌گیری از حرکات واریزه‌ها ضروری است (ریتر، ۱۹۹۳). در این راستا تحقیقات وسیعی توسط برخی از ژئومورفولوژیست‌ها به منظور تعیین حد آستانه حرکت و نقش عوامل محیطی از جمله ارتفاع، شیب و بارندگی به انجام رسیده و مدل‌ها و معادلاتی نیز ارائه شده است (ریتر ۱۹۹۳، گودی ۱۹۹۰، اوین ۱۹۹۰، کلوز ۱۹۹۱). در بیشتر بررسی‌های عملی آمده عواملی چون بارندگی، برف، شیب، ارتفاع، لیتولوژی از مهم‌ترین عواملی بودند که موجب تشکیل و جریان واریزه‌ها در دامنه‌ها شده‌اند (هریس، ۱۹۹۳، کلوز ۱۹۹۱). جریان‌های واریزه‌ای حرکت توده‌ای مواد تخریبی در اثر نیروی ثقل به سمت پایین دست دامنه می‌باشد که از لحاظ ویژگی‌های جریان‌ی حد واسط لغزش و جریان سیلابی است و از جورشدگی بسیار ضعیف و نامنظم برخوردار هستند (خطیبی ۱۳۷۹: ۱۷۰). در یک بررسی نقش و عوامل مؤثر در پیدایش و تکوین جریان‌های واریزه‌ای در ارتفاعات شمال غرب آذربایجان، جنوب غرب هادی شهر با تأکید بر نقش گسل‌ها، حاکمیت سیستم فرسایش پریگلاسیر در تشکیل جریان‌های واریزه‌ای در منطقه و با استفاده از مورفومتری واریزه‌ها و بررسی آماری، مشخص و سپس راهکارهایی جهت کنترل آنها ارائه شده است (عابدینی ۱۳۸۸: ۱۹۴) در بررسی دیگری توسط (خطی ۱۳۸۶: ۱۵۷) نقش عوامل توپوگرافی و دینامیک رودخانه‌ای بر مخروط واریزه‌های دامنه‌های شمال غرب سبلان به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این بررسی نقش آب و

هوا، وضعیت زمین‌شناسی، اقلیم گذشته بررسی شده و با رگرسیون چندمتغیره عوامل مؤثر در جابجایی واریزه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است.

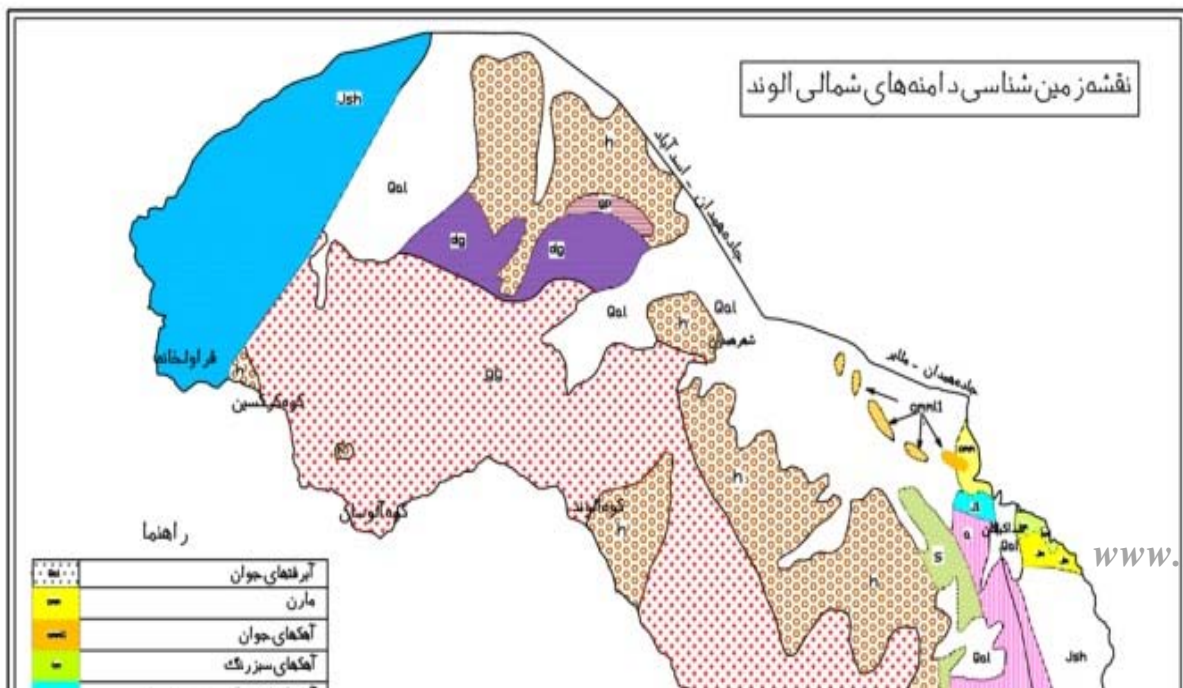
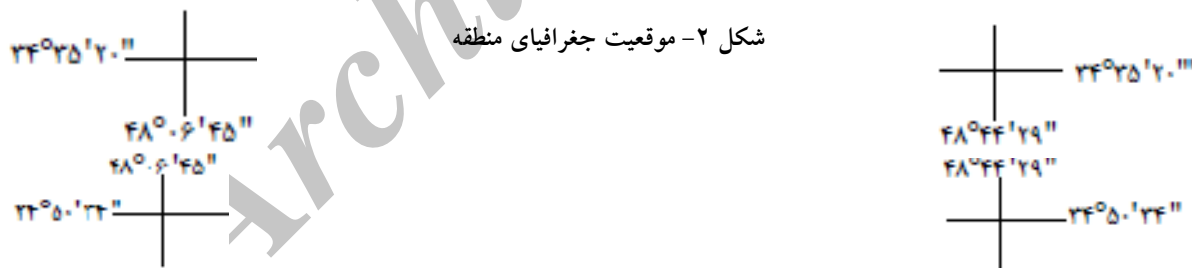
در این تحقیق، با استناد به منابع مختلف ضمن بررسی ویژگی‌های منطقه از قبیل زمین‌شناسی، اقلیم، ارتفاع، جریانات واریزه‌ای در دامنه‌های شمالی الوند مورد شناسایی و علل تشکیل و تشدید وقوع آنها بویژه تحت تأثیر بارش، ارتفاع، برف، لیتولوژی مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ لذا جهت انجام تحقیق حاضر، ابتدا پارامترهای لازم نظیر طول، عرض، ارتفاع، میزان شیب واریزه‌ها، عمق از طریق کارهای میدانی و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس 1:50,000 و 1:25,000 و نقشه‌های زمین‌شناسی 1:100,000 / 1:100,000 عکس‌های هوایی 1:20,000 / 1:20,000 و عملیات نقشه‌برداری اندازه‌گیری شدند. پس از مورفومتری ۴۴ نمونه از واریزه‌ها با استفاده از معادله ریکن^۳ من حجم آنها محاسبه و به منظور تعیین روابط همبستگی و ضرایب تعیین و ترسیم خط رگرسیون موجود بین متغیرهای مورد نظر از نرم افزار spss, Exeel استفاده و از طریق نرم‌افزار ArcGis.9 نقشه‌های مورد نظر ترسیم شده است.

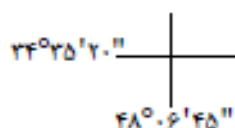
موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۲۷۴۵ کیلومتر مربع در دامنه شمالی الوند در محدوده‌ی "۴۸°۴۴'۲۹" تا "۴۸°۴۶'۴۵" طول شرقی و "۳۴°۳۵'۲۰" تا "۳۴°۵۰'۳۴" عرض شمالی در محدوده‌ی زاگرس مرکزی واقع شده است (شکل ۲). سنگ‌های منطقه از نوع گرانیت نفوذی، شیل، اسلیت و شیست‌های دوره‌ی ژوراسیک می‌باشد. شکل (۳) بر اساس آمار آب و هواشناسی ایستگاه گردنه اسدآباد (۸۶-۱۳۷۶)، متوسط درجه حرارت سالانه منطقه °C ۱۰/۷+ است که در فصول زمستان و تابستان از °C ۱۰- تا °C ۳۴+ تغییر می‌کند. سردترین ماه سال بهمن و گرم‌ترین آن مرداد است. میانگین بارش منطقه ۳۱۳/۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. بر اساس منحنی آمبروترمیک ماه‌های خشک سال، اردیبهشت تا شهریور هستند. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبروزه، حد واسط نیمه خشک سرد و نیمه مرطوب است (ایلدرمی، ۱۳۸۱).

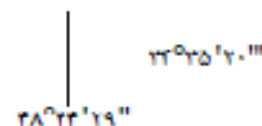


شهر همدان





شکل ۳- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه



مواد و روش‌ها

جهت بررسی واریزه‌های منطقه، ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ و ۱:۲۵/۰۰۰ همراه با عملیات میدانی تعیین موقعیت شد به منظور برآورد حجم واریزه‌ها و تعیین مشخصات مورفومتری آنها، جهت تعیین حرکت مواد واریزه‌های از فرمول ساده ریکن من^۴ (۱۹۹۳) استفاده شده است (سلبی، ۱۹۹۳).

$$E = (100 - 2.5 \text{ sf})L \quad \text{معادله (۱)}$$

در این رابطه: E - حجم واریزه‌ها (Sf.m³) - شیب بخش مخروط به درصد، L- طول بخش معبر m به منظور تقسیم بندی جریانات واریزه‌ای بر اساس عمق و ارزیابی عمق فرسایش در جریانات واریزه‌ای منطقه، عمق بخش معبر و شیب دامنه‌هایی که در روی آنها این پدیده فعال است، مورد اندازه‌گیری و بررسی واقع شده و بر اساس داده های حاصله از ارتباط شیب و عمق بخش معبر مدل زیر جهت برآورد عمق سایش طرح گردیده است (سلبی، ۱۹۹۰).

$$D = XS + A \quad \text{معادله (۲)}$$

4. Ricken man 1993

که در آن: D - عمق فرسایش در بخش معبر (S, m) - شیب دامنه به درصد، A - عمق بخش معبر جهت بررسی نقش بارندگی در جابجایی واریزه‌ها، آستانه‌های مختلفی برای تخمین میزان وقوع بارندگی‌ها برای جابجایی آنها ارائه شده است (وان. آخ^۵، ۱۹۹۶ - وان اشتاین^۶، ۱۹۹۵) جهت بررسی دقیق‌تر نحوه‌ی تأثیر بارندگی‌ها در وقوع جریان‌ات واریزه‌ای شدت و مدت بارندگی و در برخی موارد نیز شیب و شدت بارندگی بکار گرفته شده است. برای ارزیابی توان رگبارها جهت جابجایی واریزه‌ها یکی دیگر از معادلات کاین^۷ استفاده شده که به صورت زیر می‌باشد:

$$Ircain = 14.82 Tr - 0.39 \quad \text{معادله (۳)}$$

در این رابطه: Tr : طول مدت بارش (به ساعت)، Ir : شدت بارش (میلی‌متر در ساعت) اگر شدت بارش محاسباتی از شدت واقعی بارندگی‌های که در منطقه رخ داده بیشتر باشد، احتمال وقوع جریان‌ات واریزه‌ای و جابجایی واریزه‌ها در منطقه بسیار ضعیف است.

شدت واقعی رگبارها $<$ شدت بارش منتج از فرمول = جابجایی واریزه‌ها توسط رگبارها

$$I > Ir = (+) \quad I > Ir = (-)$$

در همین رابطه فرمول‌های دیگری نیز توسط بلیجنبرگ (۱۹۹۸) ارائه شده است که جهت مقایسه نتایج نیز استفاده شده است:

$$Ircr = 14.82 Tr^{-0.61} \quad \text{معادله (۴)}$$

$$Irinnes = 4.9355 Tr^{0.5041} \quad \text{معادله (۵)}$$

که در این رابطه: Ir : شدت بحرانی بارندگی (میلی‌متر در ساعت)، Tr : مدت بارندگی (به ساعت) بر این اساس، اگر شدت بحرانی بارندگی از شدت واقعی بارندگی بیشتر باشد، احتمال جابجایی واریزه‌ها در سطوح دامنه‌ها بسیار ضعیف است. به طور کلی اگر:

شدت واقعی بارندگی $<$ مقدار منتج از فرمول = احتمال جابجایی واریزه‌ها توسط رگبارها (+)

شدت واقعی بارندگی $>$ مقدار منتج از فرمول = عدم احتمال جابجایی واریزه‌ها توسط رگبارها (-)

5. Van Asch 1996
6. Van Steijn 1995
7. Caine 1980

عمق فرسایش در جریانات واریزه‌ای شاخص مهمی در شناسایی ویژگی‌های این پدیده و تفکیک جریانات واریزه‌ای قدیمی از جریانات واریزه‌ای جوان محسوب می‌شود (یوشیدا، ۱۹۹۷) عمق بخش معبر حاکی از قدرت و پتانسیل زیاد واریزه‌ها جهت سایش دامنه‌های سنگی و در نهایت ایجاد معبرهای عمیق در سطوح آنها است.

در این رابطه سعی شده داده‌های مورفومتری مورد نیاز از طریق مشاهدات میدانی و متر کشی و نقشه برداری و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ در خصوص تعداد ۴۴ نمونه از واریزه‌های ثبت شده در منطقه با پراکنش تصادفی مورد بررسی و مشخصات آنها از قبیل طول بخش معبر، ارتفاع جریان، عمق بخش معبر، عرض مخروط، شیب و ارتفاع آنها مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

سپس نقش عواملی چون پوشش برفی، لیتولوژی، ارتفاع، بارش، در خصوص تشکیل واریزه‌ها مورد تجزیه و تحلیل و روابط همبستگی آماری آنها نیز با استفاده از نرم افزار spss و Excel مورد بررسی قرار گیرد تا نقش پارامترهای مؤثر در تشکیل جریان واریزه‌ها در منطقه مشخص گردد.

محل تشکیل و جابجایی مخروط واریزه‌های منطقه غالباً در بالا دست دامنه‌ها بر روی رخنمون‌های سنگی با شیب‌های تند به شکل پرتگاه می‌باشد. به منظور تحلیل رفتار جریانات واریزه‌ای ابتدا ویژگی‌های کلی آنها به تفکیک در منطقه توصیف شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

ویژگی‌های عمومی جریان‌های واریزه‌ای منطقه

تشکیل و حرکت واریزه‌ها یکی از فرایندهای مهم و غالب بر روی دامنه‌های شمالی الوند می‌باشد که در ارتفاعات بالاتر از ۲۵۰۰ متر و اغلب بر روی سنگ‌های گرانیت و هورنفلس به وقوع می‌پیوندد (شکل ۴). بر اساس مشاهدات صحرایی علی‌رغم اشکال متنوع واریزه‌ها می‌توان بخش‌های کاملاً مشخص را در آنها تفکیک نمود:

۱- بخشی که حرکت و جابجایی واریزه‌ها از آنجا شروع می‌شود نسبتاً گود و دیواره آن تقریباً شیب دار و در ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر واقع شده است.

۲- بخشی که مسیر عبور واریزه‌ها و به شکل معبر یا کانال پر شیبی است که در اثر جابجایی مکرر واریزه‌ها بر روی دامنه‌های سنگی کنده شده و از عمق و طول چندانی برخوردار نیست. در معبر با توجه به لیتولوژی چنین استنباط می‌شود که وسعت و حجم جریانات واریزه‌ای ارتباط مستقیمی با طول و عمق آنها دارد. اغلب جریانات واریزه‌ای بزرگ منطقه دارای بخش گذردهی نسبتاً عمیق و عرض و طول زیادی می‌باشند که طول زیادی هم دارند.

شکل ۴- موقعیت واریزه‌ها در دامنه‌های شمالی الوند



شکل ۵- نمونه‌ای از واریزه‌های گسترده در ارتفاع ۲۹۰۰ متر

بر اساس مشاهدات میدانی و با توجه به مکان تشکیل می‌توان جریانات واریزه‌های دره‌ای و دامنه‌ای را در منطقه مشخص نمود. اما جریانات واریزه‌های دامنه‌ای به مراتب از تکرار و فراوانی بیشتری نسبت به جریانات دره‌ای برخوردار است. استقرار برف بر روی دامنه‌های با درزها و شکاف‌های فراوان، در جهت‌های مختلف، همراه با تغییر و نوسان درجه حرارت و شیب از مهم‌ترین دلایل این موضوع است. بررسی نمونه‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که در آن دسته از جریانات واریزه‌ای که بخش معبر طولی دارند حجم واریزه‌های انباشته شده زیاد است. جدول (۱).

جدول (۱) - مشخصات مورفومتری واریزه‌ها

شماره نمونه	طول بخش معبر m	ارتفاع جریان واریزه‌های m	عمق بخش معبر m	عرض مخروط واریزه m	شیب دامنه (درصد) SF	ارتفاع واریزه‌ها m	حجم E/m^3
۱	۱/۵	۶	۰/۸	۳	۲۵	۲۷۰۰	۳۶/۵۶
۲	۳	۷	۰/۶	۳	۲۰	۲۸۰۰	۵۸/۵
۳	۲/۵	۱۰	۰/۴	۴	۳۰	۲۸۰۰	۷۳
۴	۴	۱۲	۰/۳	۲	۲۰	۲۹۰۰	۷۸
۵	۱۰	۱۴	۰/۸	۳	۲۵	۲۷۰۰	۲۴۳/۷
۶	۲	۹	۱	۲/۵	۳۵	۲۶۰۰	۶۸/۲۵
۷	۳/۵	۱۱	۲	۴	۳۰	۲۵۰۰	۱۰۲/۳۷
۸	۵	۱۲	۰/۵	۲	۳۰	۲۸۰۰	۱۴۶/۲۵
۹	۴/۵	۱۶	۰/۴	۱/۵	۴۰	۳۰۰۰	۱۷۵/۵
۱۰	۱۱	۲۳	۰/۸۸	۲/۵	۳۵	۲۸۰۰	۳۷۵/۳۷
۱۱	۱/۵	۱۸	۰/۷	۳	۲۵	۲۸۰۰	۳۶/۵۶
۱۲	۲/۵	۱۰	۰/۴	۳	۴۰	۳۰۰۰	۹۷/۵
۱۳	۳	۹	۰/۳	۴	۴۵	۲۹۰۰	۱۳۱/۶۲
۱۴	۵	۱۱	۱/۵	۳/۵	۲۰	۲۷۰۰	۹۷/۵
۱۵	۸	۱۸	۱	۳	۲۵	۲۷۰۰	۱۹۵
۱۶	۱	۷	۰/۳	۱/۵	۳۵	۲۸۰۰	۳۴/۱۲
۱۷	۶	۸	۱	۲	۴۵	۲۸۰۰	۲۶۳/۲۵
۱۸	۴	۱۰	۱/۵	۱	۵۰	۲۹۰۰	۱۹۵
۱۹	۹	۱۷	۱	۱/۵	۳۵	۲۹۰۰	۳۰۷/۱۲
۲۰	۷	۱۵	۰/۳	۳	۴۰	۳۰۰۰	۲۷۳
۲۱	۴	۱۰	۰/۸	۳	۴۵	۳۰۰۰	۱۷۵/۵
۲۲	۱۰	۱۴	۰/۵	۲/۵	۵۵	۳۰۰۰	۵۳۶/۲۵

شماره نمونه	طول بخش معبّر m	ارتفاع جریان واریزه‌ای m	عمق بخش معبّر m	عرض مخروط واریزه m	شیب دامنه (درصد) SF	ارتفاع واریزه‌ها m	حجم E/m^3
۲۳	۱۲	۲۰	۰/۶	۴	۲۵	۲۸۰۰	۲۹۲/۵
۲۴	۸	۱۸	۰/۳	۴/۵	۳۰	۲۶۰۰	۲۳۴
۲۵	۱۴	۱۲	۰/۵	۳	۳۵	۲۷۰۰	۴۷۷/۷۵
۲۶	۱۰/۵	۱۳	۱/۵	۱/۵	۴۰	۲۸۰۰	۴۰۹/۵
۲۷	۳	۱۶	۱	۲	۲۵	۲۸۰۰	۷۳/۱۲
۲۸	۱۳	۲۴	۰/۷	۳/۵	۲۵	۲۷۰۰	۳۱۶/۸۷
۲۹	۸	۳	۰/۵	۴	۳۰	۲۸۰۰	۲۳۴
۳۰	۹	۴	۰/۳۰	۳	۳۰	۲۷۰۰	۲۶۳/۲۵
۳۱	۱۱	۷	۰/۴۵	۵	۴۰	۲۸۰۰	۴۲۹
۳۲	۶	۱۱	۰/۵۵	۶	۴۵	۲۹۰۰	۲۶۳/۲۵
۳۳	۵	۱۲	۰/۸	۲/۵	۴۵	۲۹۰۰	۲۱۹/۳
۳۴	۱۳	۹	۰/۸	۳/۵	۳۵	۲۸۰۰	۴۴۳/۶
۳۵	۱۲	۶	۰/۷	۴/۵	۳۵	۲۴۰۰	۴۰۹/۵
۳۶	۸	۷	۰/۶	۳	۲۵	۲۶۰۰	۱۹۵
۳۷	۹	۷	۰/۸	۱	۲۵	۲۷۰۰	۲۱۹/۴
۳۸	۳	۸	۱	۳	۴۰	۳۰۰۰	۱۱۷
۳۹	۲	۹	۰/۹	۳	۵۰	۳۰۰۰	۹۷/۵
۴۰	۵	۱۰	۱	۲	۵۵	۳۰۰۰	۲۶۸/۱۳
۴۱	۴	۱۱	۱/۵	۴	۴۰	۲۹۰۰	۱۵۶
۴۲	۸	۱۲	۰/۹	۲/۵	۴۵	۲۹۰۰	۳۵۱
۴۳	۱۰	۱۰	۰/۸	۲	۳۰	۲۸۰۰	۲۹۲/۵
۴۴	۱۲	۹	۱	۳	۳۵	۲۹۰۰	۴۰۹/۵

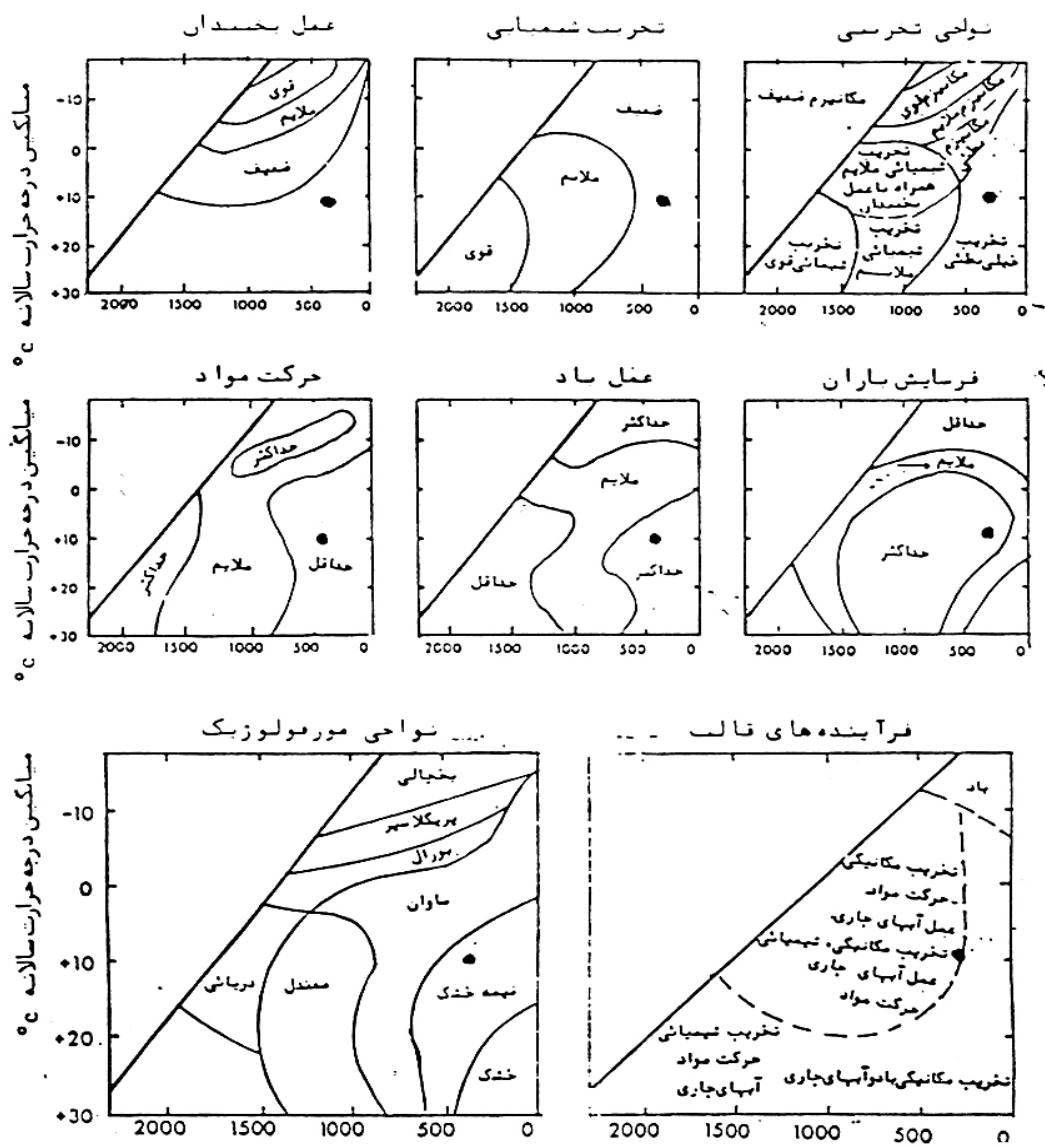
بررسی علل و مکانیزم تشکیل و وقوع واریزه‌ها

داده‌های اقلیمی مؤثر در تشکیل واریزه‌ها

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در عرصه‌ی مورد بررسی متوسط بارندگی سالانه بارندگی معادل ۳۱۳/۸ میلی‌متر و بارندگی‌های عمده مربوط به فصل زمستان ۴۲٪، بهار ۳۲٪ و پرباران‌ترین ماه اسفند با ۵۳ میلی‌متر است. منطقه با توجه به کوهستانی بودن دارای رژیم بارندگی به صورت برف، گاهی تگرگ و باران است. وجود ذخائر برفی ناشی از ریزش‌های جوی همراه با کاهش دما و تداوم آن برای ۶ ماه از سال (اواخر پائیز تا اواخر بهار) به دلیل ارتفاع زیاد، سیستم مورفوزنز پریگلاسیر را در این قسمت حاکم ساخته است. ماه بهمن با درجه حرارت متوسط ۲/۱۷، سردترین و تیرماه با ۲۲/۴ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین ماه‌های سال هستند. حداقل

دمای ثبت شده ۳۰- درجه مربوط به بهمن ماه سال ۱۳۵۱ و حداکثر آن ۳۹ درجه مربوط به تیرماه سال ۱۳۷۶ می‌باشد. مجموع روزهای یخبندان در طول سال ۸۴ روز است که از اواخر آبان شروع و تا اواسط فروردین ماه ادامه دارد. بر اساس سیستم طبقه‌بندی بیوکلیماتیک آمبرژه منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه خشک سرد با تابستان‌های خشک و زمستان‌های سرد و طولانی و در سیستم طبقه‌بندی دومارتن منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد می‌باشد. با استفاده از دیاگرام‌های پلی‌تر^۱ و با توجه به تعداد روزهای یخبندان در طی سال (بیش از ۸۴ روز)، متوسط درجه حرارت در طی روز و سال، میزان و رژیم بارندگی و وجود مکانیسم شدید تخریب فیزیکی، حرکت مواد، وجود واریزه‌ها و بروززدگی‌های سنگی فراوان می‌توان گفت که حاکمیت سیستم فرسایشی پریگلاسیر مورد تأیید می‌باشد.

شکل (۶)



شکل (۶) دیاگرام‌های پلی‌تر جهت نشان دادن فرایندهای مسلط مورفوزیکی بر پایه میانگین بارش سالانه و دما تعمیم یافته است.

خط ممتد برای ارتفاعات پایین‌تر از ۱۸۰۰ متر، خط منقطع جهت ارتفاعات بالاتر از ۲۷۰۰ متر (سلبی، ۱۹۹۳، ایلدرمی، ۱۳۸۱)

پدیده نیواسیون یا برفسابق^۹ یا به عبارتی استقرار تکه‌های برفی در بیشتر ایام سال به خصوص با توجه به ارتفاع زیاد منطقه یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل و توسعه واریزه‌ها محسوب می‌شود. به منظور شناسایی محیط‌هایی تحت تأثیر فرایند برفسابق از خطوط همدمی صفر درجه در ماه‌های سرد سال استفاده شده است به طوری که با افزایش متوسط دمای روزانه در طی زمان، قلمرو فرایند مذکور محدودتر شده و تأثیر آن در ارتباط با عامل ارتفاع تغییر می‌کند. بررسی آماری بارش برف در منطقه نشان می‌دهد که در طی پاییز و زمستان سال‌های (۸۱-۱۳۸۰)، ۴۰ مورد بارش برف ثبت شده که در ۳۹ مورد آن درجه حرارت هوا زیر صفر درجه (۹۷/۵ درصد) و تنها در یک مورد آن هم در اواخر اسفند ماه، دمای هوا بالای صفر بوده است (۱/۶ درصد) پس با فرض خط همدمی صفر درجه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که خط همدمی صفر درجه همان مرز و قلمرو محدوده برف منطقه باشد. اما با توجه به گرادیان ارتفاعی دما این مقدار را می‌توان تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد به عنوان مبناء تغییر داد. متوسط سالانه بارش برف در ایستگاه همدان ۱۹۳/۹ سانتی‌متر بوده که طی سالیان مختلف از ۵۷/۳ سانتی‌متر در سال ۱۳۸۰ تا ۳۳۶/۸ سانتی‌متر در سال ۱۳۸۸ متفاوت بوده است. در مقیاس ماهانه بیشترین مقدار بارش برف در ماه دی با متوسط ارتفاع ۵۷/۴ سانتی‌متر است. به منظور بررسی و محاسبه درصد برف‌گیری برای ماه‌های سرد در منطقه که فاقد آمار می‌باشد از معادلات زیر استفاده شده است (ایلدرمی، ۱۳۸۱: ۲۰۵).

$$\text{معادله (۶)} \quad \%S/P = 48/2 - 7/1 T_{min}$$

$$\text{معادله (۷)} \quad \%S/P = 36/9 - 3/2 T_{min}$$

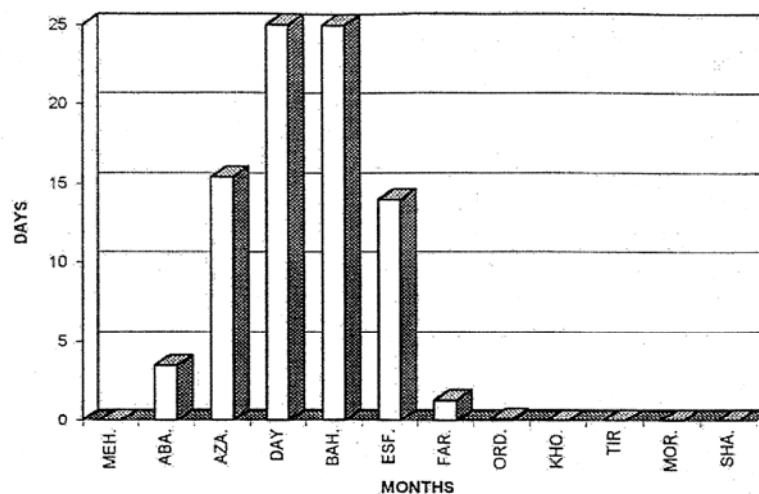
که در آن S/P درصد نسبت بارش برف به کل ریزش‌های جوی و T_{min} متوسط درجه حرارت حداقل محیط است که با توجه به در دسترس بودن اطلاعات دما می‌توان مقدار آن را محاسبه نمود.

بر این اساس، آذر، دی، بهمن، اسفند و اردیبهشت و گاهی نیز آبان ماه دارای ریزش برف هستند. بر اساس فرض ۱/۵ درجه سانتی‌گراد متوسط زمان شروع بارش برف در همدان، ۳۰ نوامبر (۹ آذر) و خاتمه آن ۱۳ مارس (۲۲ اسفند) و متوسط آن ۱۰۳ روز محاسبه شده که از ۶۸ روز بین سال‌های (۷۰-۱۳۶۹) تا ۱۸۵ روز تا (۸۱-۱۳۸۰) فرق می‌نماید. بر اساس فرض ۱/۵ درجه برای بارش برف در منطقه مورد مطالعه متوسط زمان بارش برف در ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر در اواخر مهرماه شروع شده و در طی ماه‌های دی و بهمن کل منطقه مذکور تحت پوشش برف قرار می‌گیرد. با شروع دوره گرما خط بارش برف در منطقه عقب نشسته و در ماه‌های فروردین و اردیبهشت دوباره تقریباً در ارتفاع ۳۰۰۰ متر می‌رسد. بنابراین دمای منطقه در بیشتر ایام سال زیر ده درجه و مدت زمان بیشتری تحت تأثیر فرایند برفسابق قرار می‌گیرد. بر اساس بررسی‌های

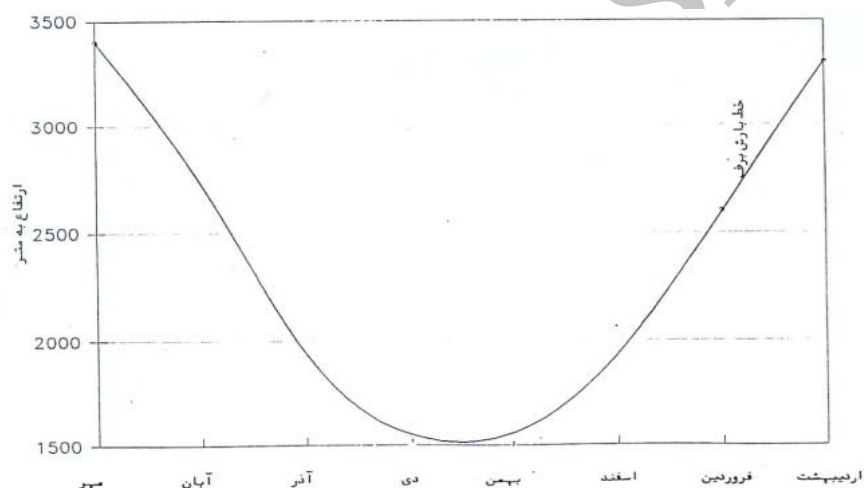
صحرائی به عمل آمده چنین به نظر می‌رسد که در تشکیل واریزه‌های منطقه استقرار برف نقش اولیه را به عهده دارد. جدول (۲). به طوری که در اثر خیس شدن مواد سست دامنه‌ای توسط آب ذوبان، دیواره دامنه‌ها گسیخته شده و مواد حاصل از این فرایند به صورت واریزه‌های بزرگ شکل گرفته است. به طور متوسط میزان S/P% با در نظر گرفتن حداقل درجه حرارت منطقه یعنی ۲/۶۱ درجه سانتی‌گراد، برابر با ۲۹/۷٪ برای ماه‌های خیلی سرد و به طور معمول برابر با ۲۸/۵٪ و تقریباً ۳۰ درصد ریزش‌های جوی در فاصله ۱۰۳ روز به صورت برف می‌باشد. جداول زیر میزان و درصد برف‌گیری را در ماه‌های مختلف و در رابطه با ارتفاع بیان می‌نماید که گویای شدت عملکرد و استقرار برف بویژه بر روی دامنه‌های منطقه است. جدول (۲) چنانچه ملاحظه می‌شود در طول ماه‌های سال درصد برف‌گیری منطقه با افزایش ارتفاع به شدت تغییر یافته به طوری که از ارتفاع ۲۷۰۰ متری این موضوع به خوبی مشاهده می‌شود این در حالی است که تعداد جریان‌ات واریزه‌ای به دلیل تأثیر مقادیر برف نیز از این ارتفاع به بالا از نظر تعداد، حجم افزایش می‌یابد جدول (۲).

جدول (۲): درصد برف‌گیری در ارتفاعات مختلف الوند

ماه	ارتفاع (متر)	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
	۱۷۰۰	۱۱/۴	۳۳/۳	۵۴/۹	۱۰۰	۱۰۰	۵۰/۸	۲۵/۷	۲/۳
	۱۸۰۰	۱۳/۵	۳۴/۳	۵۷/۷	۱۰۰	۱۰۰	۵۴/۷	۲۹/۱	۹/۶
	۱۹۰۰	۱۵/۶	۳۵/۴	۶۰/۵	۱۰۰	۱۰۰	۸۵/۵	۳۲/۵	۱۲
	۲۰۰۰	۱۷/۷	۳۶/۴	۶۳/۳	۱۰۰	۱۰۰	۶۲/۳	۳۵/۹	۱۴/۳
	۲۱۰۰	۱۹/۸	۳۷/۵	۶۶/۱	۱۰۰	۱۰۰	۶۶/۲	۳۹/۳	۱۶/۷
	۲۲۰۰	۲۱/۹	۳۸/۵	۶۸/۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۴۲/۸	۱۹
	۲۳۰۰	۲۴	۳۹/۵	۷۱/۷	۱۰۰	۱۰۰	۷۳	۴۶/۲	۲۱/۴
	۲۴۰۰	۲۶/۱	۴۰/۶	۷۴/۴	۱۰۰	۱۰۰	۷۷	۴۹/۶	۲۳/۷
	۲۵۰۰	۲۵/۳	۴۱/۷	۷۷/۲	۱۰۰	۱۰۰	۸۱	۵۳	۲۶/۱
	۲۶۰۰	۳۰/۴	۴۲/۸	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۵	۵۶/۴	۲۸/۵
	۲۷۰۰	۳۲/۵	۴۳/۸	۸۲/۸	۱۰۰	۱۰۰	۸۹	۵۹/۸	۳۰/۸
	۲۸۰۰	۳۴/۶	۴۴/۹	۸۵/۶	۱۰۰	۱۰۰	۹۳	۶۳/۲	۳۳/۲
	۲۹۰۰	۳۶/۷	۴۵/۹	۸۸/۴	۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۹	۶۶/۶	۳۵/۵
	۳۰۰۰	۳۸/۸	۴۷	۹۱/۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۳۷/۹
	۳۱۰۰	۴۰/۹	۴۸	۹۳/۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۳/۴	۴۰/۲
	۳۲۰۰	۴۳	۴۹/۱	۹۶/۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۶/۸	۴۲/۲
	۳۳۰۰	۴۵/۲	۵۰/۱	۹۹/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰/۲	۴۴/۹
	۳۴۰۰	۴۷/۸	۵۱/۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۲/۷	۴۷
	۳۵۰۰	۴۹/۹	۵۲/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۴/۹	۴۹/۲



شکل (۷): نمودار تعداد روزهای یخبندان در ماه‌های مختلف سال (در منطقه مورد مطالعه)



شکل (۸): متوسط خط بارش برف در ارتفاعات مختلف توده الوند

بنابراین حضور واریزه‌ها در دیواره دامنه‌ها و در جهت مشخصی بویژه دامنه‌های پشت به آفتاب، فرض و احتمال دخالت برف و آب ذوبان ناشی از آن را در شکل واریزه‌های منطقه تقویت می‌کند. به طوری که محل جریانات واریزه‌ای از مکان‌های برف‌گیر و استقرار طولانی مدت برف محسوب می‌شود.

نقش بارش در حرکت واریزه‌ها

به منظور بررسی تأثیر بارش و تعیین شدت بارندگی‌های به وقوع پیوسته در حرکت واریزه‌ها، ابتدا ارقام محاسباتی (حاصله با استفاده از فرمول‌های ارائه شده) جهت بررسی نقش بارندگی در جابجایی واریزه‌ها با شدت واقعی بارندگی در ساعات مختلف از ۱۵ دقیقه الی ۲۴۰ دقیقه مقایسه شده است. جدول (۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که معادله $Ircer$ و $Ircain$ تماماً منفی بوده و شدت بارندگی واقعی کمتر از شدت بارندگی محاسباتی می‌باشد و این

موضوع بیانگر این نکته است که بارندگی‌های به وقوع پیوسته قادر به حرکت واریزه‌ها نبوده‌اند. اما ارقام محاسباتی از معادله Irinees در خصوص شدت بارندگی‌های ۱۵ الی ۱۰۵ دقیقه در برخی از سال‌ها موجب حرکت واریزه‌ها شده است (جدول ۳).

جدول ۳- احتمال وقوع جریانات واریزه‌ای بر اساس شدت بارندگی

ساعت(دقیقه) روش	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰	۱۹۵	۲۱۰	۲۲۵	۲۴۰
Ircain	۲۵/۴۴	۱۹/۴۳	۱۶/۵۷	۱۴/۸۲	۱۳/۵۸	۱۲/۶۵	۱۱/۹۱	۱۱/۳	۱۰/۸	۱/۳۶	۹/۹۸	۹/۶۵	۹/۳۶	۹/۰۹	۸/۸۵	۸/۶
Ircr	۳۴/۵۲	۲۲/۶۲	۱۷/۷	۱۴/۸۲	۱۲/۹	۱۱/۵۷	۱۰/۵۳	۹/۷	۹/۰۳	۸/۵	۷/۹۹	۷/۵۸	۷/۲۲	۶/۹	۶/۶۲	۶/۴
Irinnes	۲/۴۵	۳/۴۸	۴/۲۶	۴/۹۳	۵/۵۲	۶/۰۵	۶/۵۴	۶/۹۹	۷/۴۲	۷/۸	۸/۲	۸/۵۸	۸/۹	۹/۲۸	۹/۶	۹/۹

جدول ۴- شدت بارندگی‌های ۱۵ الی ۲۴۰ دقیقه ایستگاه همدان

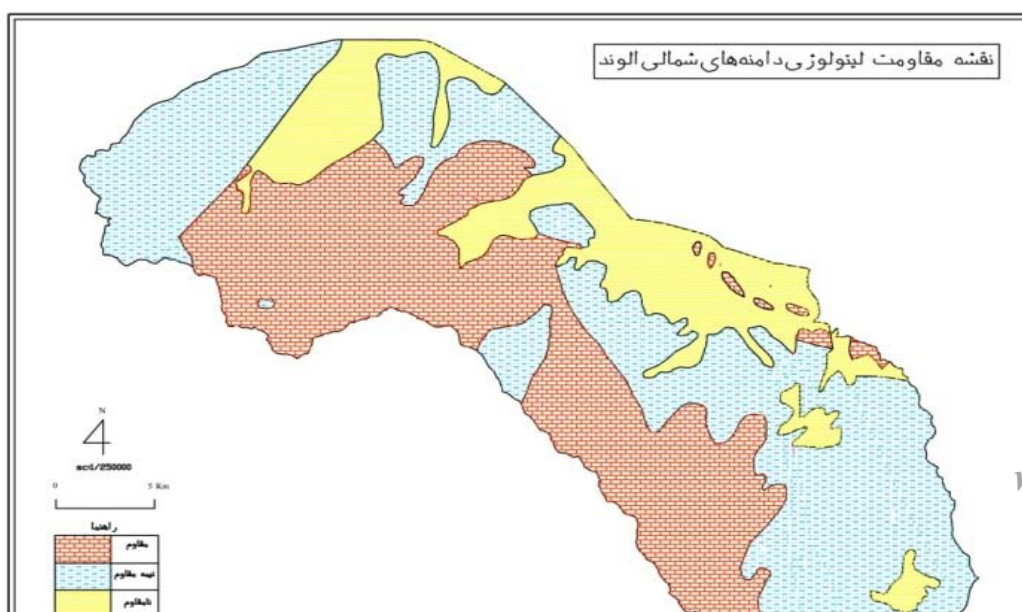
شدت بارندگی به دقیقه بر حسب mm/hr															تاریخ وقوع رگبار	
۲۴۰	۲۲۵	۲۱۰	۱۹۵	۱۸۰	۱۶۵	۱۵۰	۱۳۵	۱۲۰	۱۰۵	۹۰	۷۵	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	
۵/۶	۵/۷	۵/۸	۶	۶/۱	۶/۳	۶/۵	۶/۷	۷	۷/۳	۷/۷	۸/۲	۸/۸	۹/۸	۱۱/۱	۱۴	۷۶/۱۰/۲
-	-	-	-	-	-	-	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۷	۴/۸	۵/۱	۵/۵	۶/۲	۷۸/۸/۱۷
-	-	-	-	-	-	-	-	۵/۲	۵/۶	۵/۹	۶/۳	۶/۸	۷/۶	۹/۳	۹/۳	۷۹/۱/۷
۲/۷	۲/۷	۲/۸	۲/۹	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۴	۳/۵	۳/۷	۳/۹	۴/۱	۴/۵	۵	۵/۸	۷/۴	۷۹/۱/۱۳
-	-	-	-	-	-	-	-	۴/۵	۴/۷	۵	۵/۳	۵/۸	۶/۴	۷/۴	۹/۵	۸۱/۱۲/۱۹
۴/۸	۵	۵/۱	۵/۲	۵/۶	۵/۸	۶	۶/۳	۶/۶	۷	۷/۴	۸	۸/۸	۹/۸	۱۱/۶	۱۵/۱	۸۱/۱۱/۱۳
۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵	۵/۱	۵/۳	۵/۵	۵/۷	۶	۶/۴	۶/۹	۷/۷	۹/۳	۸۱/۱۲/۱۷
۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵	۵/۲	۵/۳	۵/۵	۵/۷	۶	۶/۳	۶/۶	۷/۱	۷/۸	۸/۸	۱۱	۸۲/۱۱/۱۱
۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۸	۴/۹	۵/۱	۵/۳	۵/۵	۵/۸	۶/۱	۶/۶	۷/۱	۷/۸	۹	۱۱/۴	۸۳/۸/۱۵
-	-	-	۱/۹	۲	۲/۶	۲/۵	۲/۷	۳	۳/۴	۴	۴/۷	۵/۸	۷/۶	۱۱/۲	۲۰/۹	۸۴/۱/۲۵
-	-	-	-	-	-	-	۲/۷	۳	۳/۳	۳/۶	۴/۱	۴/۹	۶	۸	۱۲/۳	۸۵/۱/۲۱
۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۹	۴	۴/۳	۴/۵	۴/۷	۵	۵/۵	۶	۶/۸	۸	۱۰/۷	۸۶/۱/۱۶
۲/۳	۲/۴	۲/۵	۲/۶	۲/۷	۲/۹	۳	۳/۳	۳/۵	۳/۹	۴/۳	۴/۸	۵/۵	۶/۷	۸/۶	۱۳/۵	۸۶/۲/۸
-	۲	-	-	-	-	-	-	۴/۷	۵/۱	۵/۶	۶/۳	۷/۳	۹/۱	۱۳/۳	۱۳/۳	۸۶/۲/۳۰
۳/۱	۲	۳/۳	۲/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۴	۴/۲	۴/۴	۴/۷	۵/۱	۵/۶	۶/۵	۸/۳	۸۸/۸/۱۷
۳/۱	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۹	۴	۳/۴	۴/۵	۴/۸	۵/۲	۶/۱	۸۹/۱/۵
۱/۹	۲	۲/۱	۲/۲	۲/۳	۲/۴	۲/۶	۲/۷	۲/۹	۳/۱	۳/۵	۳/۸	۳/۴	۵/۱	۶/۵	۹/۶	۸۹/۲/۲

نقش ویژگی‌های سنگ‌شناختی و زمین ساخت

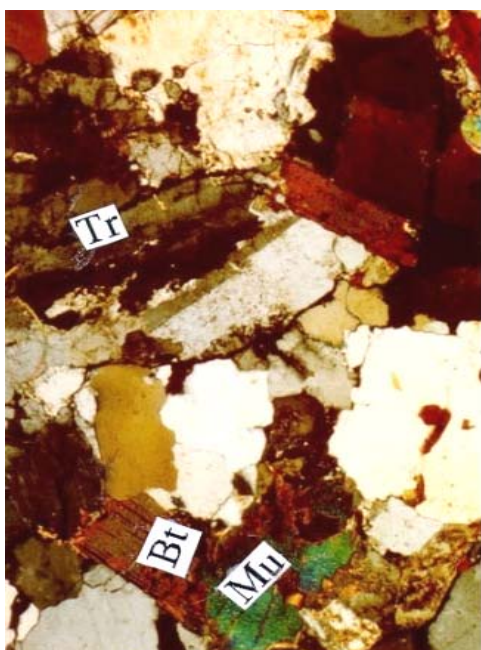
در منطقه مواد تقریباً دانه درشتی به شکل واریزه تشکیل شده که بر اساس جنس زمین‌شناسی هر محل، اندازه و نوع مواد آنها تغییر می‌کند. به طوری که در دامنه‌های شیستی اغلب اندازه دانه‌ها تا حدودی همسان و بر اساس آرایش کانی‌ها بیشتر به صورت ورقه‌ای یا عدسی شکل می‌باشد. به طور کلی واریزه‌های منطقه بیشتر بر روی سنگ‌های

گراتی، هورنفلس و شیست تشکیل شده و دارای گسترش قابل ملاحظه‌ای هستند. در بعضی از مکان‌ها به دلیل شرایط مناسب توپوگرافی دارای طول و عرض و عمق قابل ملاحظه‌ای بوده و در مقابل در برخی از مناطق عرصه این مواد به شدت تحت تأثیر فرایند حمل توسط عملکرد برف و آب‌های سطحی قرار گرفته و دارای عمق کم و گسترش محدودی است. محدوده مورد بررسی قسمتی از زون سنندج- سیرجان می‌باشد که به وسیله گسل‌های بزرگ و کوچک شکسته شده است. روند اکثر آنها تا حدودی موازی با امتداد راندگی زاگرس بوده که متأثر از فرایندهای تکتونیکی منطقه ایران مرکزی است. محدوده مورد مطالعه متشکل از سنگ‌های آذرین نفوذی با تیپ‌های مختلف گراتی شامل گرانیت میکادار، گرانیت زیر کن دار می‌باشد. سنگ‌های گرانیتی به دلیل فراوانی بیوتت‌ها (میکا) و پلاژیوکلاز، کمی نسبی کوارتز و دانه درشت و غیر همگن بودن، همراه با آب فراوان و یخبندان به شدت در حال تخریب فیزیکی و شیمیایی هستند و حاصل آن تشکیل و تجمع فراوان خرده سنگ‌ها در منطقه است. شیست به دلیل شیستوارگی، وضعیت لایه‌ها و نفوذ آب در داخل آنها، ذوب و انجماد یخ در داخل این لایه‌ها به شدت تخریب شده است. گسل‌های موجود بویژه گسل بین تشکیلات هورنفلس و شیست تأثیر بسزایی در ورود و جریان آب داشته و این فرایند موجب افزایش تخریب هورنفلس‌ها در منطقه شده است. بنابراین با توجه ویژگی‌های ذکر شده می‌توان سنگ‌های برونزده منطقه را در سه طبقه مقاوم، نیمه مقاوم و نا مقاوم تقسیم کرد. شکل (۹).

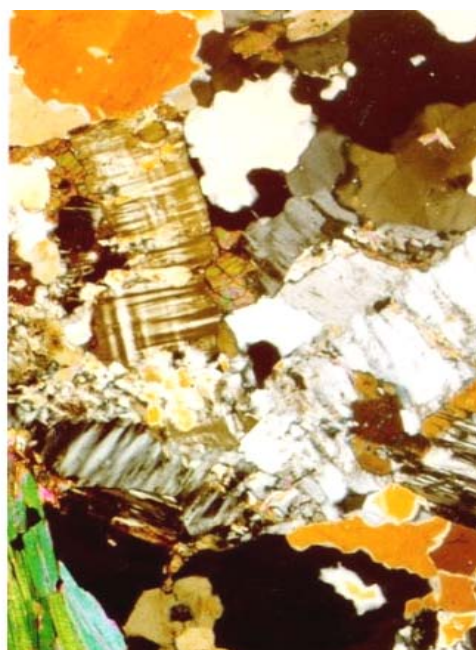
بررسی‌های صحرایی و کانی شناسی انجام شده از گرانیت‌ها نشان دهنده‌ی وجود کوارتز، فلدسپات (پلاژیوکلاز)، بیوتت (میکا) با درصد‌های متفاوت و وجود گرانیت‌های مختلف با مقاومت‌های متفاوت شده است؛ بنابراین در تخریب گرانیت‌های منطقه عواملی چون، بافت و درصد بالای پلاژیوکلازها و بیوتت‌ها و غیرهمگن بودن آنها مؤثر بوده است. به منظور بررسی دقیق و بیشتر از وضعیت آنها از مقاطع میکروسکوپی موجود جهت آنالیز کانی شناسی استفاده شده است. شکل (۱۰ و ۱۱).



شکل (۹) - نقشه مقاومت لیتولوژی منطقه



(شکل ۱۱)



(شکل ۱۰)

شکل (۱۰) - مقطع میکروسکوپی از توده گرانیت الوند بافت درشت بلور میکروکلین با بافت مشبک در کنار کوارتز، مسکوویت

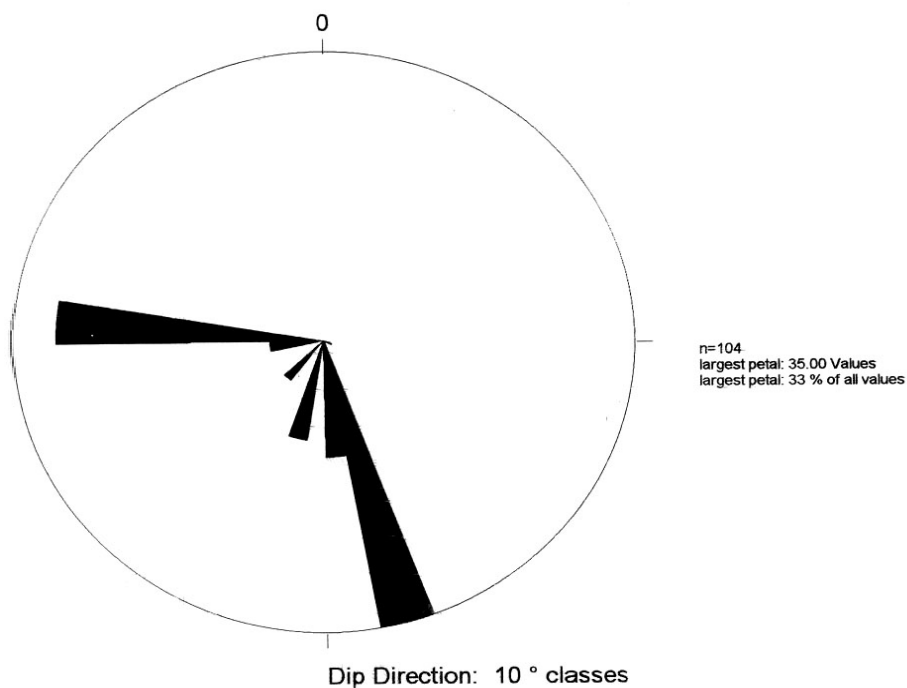
شکل (۱۱) - مقطع میکروسکوپی، بلورهای سبز و تیره تورمالین در کنار کانی‌های بیوت و مسکوویت در آپلیت‌های نفوذی منطقه

از ویژگی‌های مقاطع مذکور می‌توان به وجود کانی‌های اصلی کوارتز (۲۰ درصد)، فلدسپات (۵۰ درصد) پلاژیوکلاز (۲۰ درصد) اشاره نمود، که در اثر تجزیه به کائولونیت تبدیل می‌شود، همچنان که ملاحظه می‌شود گرانودیوریت‌های دارای بلورهای درشت با بافت مشبک همراه با کانی‌های بیوت است که این امر در اثر سیستم فرسایشی پریگلاسیر به شدت تخریب و تجزیه می‌شوند، بر اساس اطلاعات کانی‌شناسی، هورنفلس‌های منطقه عمدتاً از نوع آندالوزیت کردیریت هورنفلس می‌باشد؛ که علاوه بر بلورهای درشت کردیریت، بلورهای آندالوزیت نیز گاه تا طول ۳۵ سانتی‌متر در آن دیده می‌شود. اندازه کردیریت‌ها نیز درشت بوده و تا ۲ سانتی‌متر می‌رسد.

آنچه که از بررسی‌های کانی‌شناسی حاصل می‌شود این است که هورنفلس‌های منطقه در درجه حرارت‌های متفاوت به وجود آمده‌اند. به طوری که کردیریت هورنفلس در دمای بالا تشکیل شده لذا از مقاومت بیشتری

برخوردار است. هورنفلس‌های آندالوزیت‌دار در درجه حرارت پائین تشکیل یافته لذا از مقاومت کمتری برخوردارند و این امر موجب تخریب شدید آنها و تولید مواد واریزه‌ای فراوان شده است. به منظور تجزیه و تحلیل نقش درزه‌های گرانیته‌ها و هورنفلس‌های منطقه، در تشکیل واریزه‌ها، بیش از ۵۰ نمونه اندازه‌گیری صورت گرفته که نتایج حاصله به صورت رزدی‌گرام‌ها تهیه و نشان داده شده است. شکل (۱۲ و ۱۳). همچنان که ملاحظه می‌شود میزان درزه‌ها در سنگ‌های گرانتی و هورنفلس دو جهت غالب شمال غرب- جنوب شرقی و شرقی- غربی را نشان می‌دهد. با بررسی‌های صحرایی از درزه‌ها در هورنفلس‌ها چنین استنباط می‌شود که تعداد و تراکم آنها بیشتر از گرانیته‌ها بوده این امر سبب خرد شدن بیشتر هورنفلس‌های منطقه شده است. از آنجا که گرانیته‌ها به صورت نفوذی در منطقه شکل گرفته، لذا سیستم درزه‌ها و شکستگی‌های آن به صورت شعاعی بوده و این مسأله نشان دهنده جهت‌های متفاوت درزه‌ها در آنها است. وجه تشابه گرانیته‌ها و هورنفلس مقاومت آنهاست و این امر سبب شده تا تحت تأثیر فازهای کوهزایی شکستگی‌های عمقی در آنها به وجود آید که در تشکیل واریزه‌ها نقش مهمی به عهده داشته است.

نتایج بررسی‌های صحرایی از گسل‌ها، بیانگر وجود گسلی با امتداد ۱ کیلومتر از شمال‌غرب به جنوب شرق منطقه می‌باشد که گروه قابل توجهی نیز از درزه‌ها و شکاف‌های منطقه را هم جهت با امتداد گسل مذکور موجب شده و واریزه‌های منطقه نیز در امتداد آن شکل گرفته است. عرض درزه‌های موجود در حد میلی‌متر تا حداکثر ۵۰ سانتیمتر (شکاف) است اما اکثر درزه‌ها دارای عرضی معادل ۵ میلی‌متر تا ۲۰ سانتیمتر می‌باشند. درزه‌های مذکور حاصل نیروهای تکتونیکی بوده که حداقل بر اساس تفسیر رزدی‌گرام‌های ترسیمی دو تأثیر تکتونیکی مهم در منطقه را به اثبات می‌رساند. اول اینکه شکاف‌ها و درزه‌ها از نظر تعداد فراوانی در سنگ‌های گرانتی و هورنفلس‌ها با توزیع و پراکنش واریزه‌های موجود همخوانی دارد. دوم اینکه منطقه گرانیته‌ها و هورنفلس‌ها با بیشترین تعداد واریزه‌ها از مهم‌ترین مناطق تشکیل و توسعه واریزه‌ها محسوب می‌شود. به طوری که امتداد تشکیل واریزه‌ها با امتداد درزه‌های اندازه‌گیری شده به طور قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر انطباق دارند. شکل (۱۲ و ۱۳). همچنین بررسی پراکنش جریان واریزه‌ها نشان می‌دهد که این فرایند عمدتاً بر روی دامنه‌هایی گرانتی و هورنفلس و تا حدودی شیست‌ها فعال می‌باشد. از طرف دیگر شکل، اندازه و حجم واریزه‌ها با توجه به اختلاف در لیتولوژی بسیار متفاوت است. به عنوان مثال بر روی شیست‌ها تعداد جریان‌ات واریزه‌ای کم و با حجم کمتر و ماتریسی از مواد دانه‌ریز به مقدار کمی در آنها مشاهده می‌شود. در حالیکه بر روی گرانیته‌ها حجم واریزه‌های انباشته شده قابل ملاحظه بوده و در زیر مواد درشت، مواد دانه‌ریزی از جنس ماسه‌ها مشاهده می‌شود. این مسأله بیانگر حساسیت بیشتر گرانیته‌ها تحت حاکمیت سیستم فرسایشی پریگلاسیر است.



شکل (۱۲): رز دیاگرام ۱۰ درجه‌های اندازه گیری شده در هورنفلس‌های واقع در گنج‌نامه و کوه حیدره



شکل (۱۳): امتداد درزه‌های اندازه‌گیری شده در هورنفلس های واقع در گنج نامه و کوه حیدره

نقش توپوگرافی و ارتفاع

بدون هیچ شک و تردیدی در بین عوامل مؤثر در تشکیل واریزه‌ها نقش ارتفاع حائز اهمیت بیشتری است. با توجه به نحوه پراکنش واریزه‌ها می‌توان گفت که در ارتفاع بالای ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متری از تراکم و حجم بیشتری برخوردار است. با عنایت به این نکته که ضریب برفی و گرادیان دما در ظهور و توسعه جریانات واریزه‌ای نقش مهمی ایفا می‌کند پارامتر دما و بارش مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور بررسی میانگین بارش و محاسبه ضریب برفی سالانه منطقه از میانگین بارش ایستگاه‌های خیرآباد، قهاوند، گنبد، آقاجانبلاغی، آق تپه همدان، بهادرپیگ، تویسرکان سداکباتان و خنداب، فرودگاه همدان در دوره شاخص آماری و ارتفاع ایستگاه‌ها از سطح دریا استفاده و اقدام به تهیه معادله گرادیان بارش و دما گردیده که در بهترین حالت معادله تغییرات بارندگی و دمای سالانه چنین به دست آمده است.

$$P=0/143 \quad H+335/31 \quad r=0/79 \quad n=10 \quad \text{معادله (۸)}$$

$$T=\text{mean}-0/0025 \quad H+6/86 \quad r=0/57 \quad n=10 \quad \text{معادله (۹)}$$

گرادیان محیط طبیعی منطقه نشان می‌دهد. جدول (۵). که از ارتفاع ۲۷۰۰ متر به بالا، ریزش‌های برفی، روزهای پوشش برفی؛ جریان آب‌ها و یخ برف (نیواسیون) عدم وجود پوشش گیاهی میزان فرسایش، تخریب سنگ‌ها به شکل واریزه‌ها به خوبی افزایش می‌یابد. به طوری که اشکال واریزه‌ها، با پروندگی سنگی به تعداد قابل ملاحظه مشاهده می‌شود که دلایل این امر را می‌توان به شرح زیر ارائه نمود:

الف) در ارتفاع، بالاتر از ۲۷۰۰ متر تکه‌های برفی، به شکل یخ‌برف به عنوان عامل تأمین کننده رطوبت جهت فرایند تخریب مکانیکی سنگ‌ها در منطقه تا اواخر تیر ماه بویژه در بخش‌های پناهگاهی تداوم و حضور دارد لذا پوشش منقطع برف در بخش‌های پناهگاهی بیشتر از پوشش ممتد برف در تخریب سنگ‌ها نقش ایفا می‌کند.

ب) در ارتفاعات و مناطق کوهستانی پشت به آفتاب به دلیل کاهش و نوسانات شدید شبانه روزی دما بویژه از ارتفاع ۲۵۰۰ متر به بالا. همراه با پراکندگی سنگ‌های حساس نظیر گرانیت، هورنفلس، شیست می‌توان تعداد فراوانی از جریانات واریزه‌ای منطقه را مشاهده نمود.

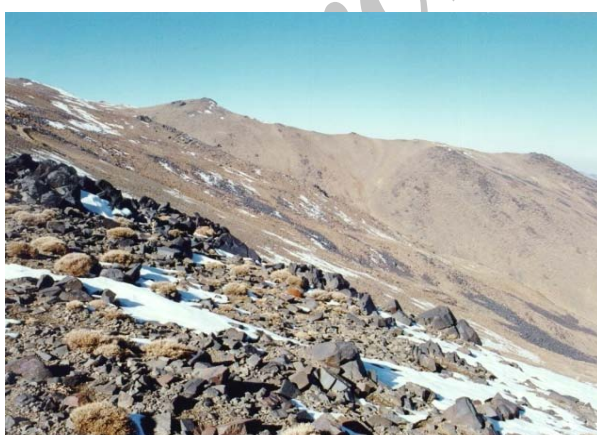
ج) با توجه به برهنه بودن سنگ‌های منطقه در ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متری و عدم وجود سازنده‌ای سطحی محافظ روی آنها احتمال تخریب سنگ‌ها و تشکیل جریانات واریزه‌ای افزایش می‌یابد.

جدول (۵) گرادیان محیط طبیعی منطقه

تخمین‌ها و تخریب‌ها	رابطه تغییرات	تغییرات در رابطه با ارتفاع
۰ تا ۳۵۸۴ متر	+	گرادیان ارتفاعی
از ۰ تا ۱۰۰٪	+	گرادیان درصد شیب
به طور متوسط ۰/۶ تا ۱ درجه سانتی‌گراد در ۱۰۰ متر (میانگین ۰/۹۷۶)	-	گرادیان درجه حرارت
از ارتفاع ۲۷۰۰ متری به ازی هر ۱۰۰ متر ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر در نوسان است (به طور متوسط ۲۶/۶ میلی‌متر)	+	گرادیان بارندگی، تغییرات ریزش‌های سالانه در هر ۱۰۰ متر
		گرادیان سرعت باد
بر حسب ارتفاع متغیر است.	+	گرادیان روزهای آفتابی
بر حسب ارتفاع افزایش می‌یابد.	+	گرادیان ریزش‌های برفی
۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر در هر ۱۰۰ متر	+	افزایش کلی سالانه ریزش برفی
از ارتفاع ۲۷۰۰ متر تقریباً ۱۶۰ روز در سال	+	ایام روزهای پوشش برفی
از ارتفاع ۲۷۰۰ متر به بالا	+	جریان آب‌ها و یخ برف

جدول (۶): اشکوب‌های مورفوژنز منطقه

ژئوسیستم	مورفوژنز	اشکال	ارتفاع m	اشکوب‌های مورفوژنز
سیستم فرسایش پریگلاسیر	ریزش سنگ‌ها، هوازدگی مکانیکی شدید.	برونزدگی سنگی واریزه‌ها، یخ برف و پوشش برفی فراوان	۳۵۸۴ تا ۳۰۰۰	کوهستان مرتفع منطقه (۱)
محل تظاهرات سیستم فرسایش پریگلاسیر	یخ زدگی و ذوب یخبندان نیواسیون.	وجود واریزه‌ها و نهشته‌های دامنه‌ای	۳۰۰۰ تا ۲۵۰۰	دامنه‌های نسبتاً مرتفع منطقه (۲)
پدوژنز نیمه فعال	جریان‌ات رودخانه‌ای فعال	به صورت فلات	کمتر از ۲۵۰۰	دامنه‌های کم ارتفاع منطقه (۳)



شکل ۱۵- جریان واریزه‌ها و بر روی گرانت‌ها و نقش برف در حرکت آن (ارتفاع ۳۲۰۰ متری قله الوند)



شکل ۱۴- جریان واریزه‌ای دامنه‌ای بر روی دامنه‌های شمالی الوند از نوع شیست (ارتفاع ۲۷۰۰ متر)

در ارتفاع بیشتر از ۲۷۰۰ متر تکه‌های برفی و گاه یخ برف به عنوان یکی از عوامل تأمین کننده رطوبت جهت تخریب مکانیکی سنگ‌ها محسوب شده و در دامنه‌های پشت به آفتاب افت دما و نوسانات شدید دما از ارتفاع ۲۵۰۰ متر تا ۳۵۸۴ متری تشدید می‌گردد. با توجه به این موضوع و حساسیت سنگ‌ها، ارتفاعات بالا تعداد جریانات واریزه‌ای قابل توجه است (جدول ۶). به علاوه از ارتفاع ۲۷۰۰ متری به بالا، دامنه‌های سنگی بدون هیچ محافظی (خاک و پوشش گیاهی) تخریب و تشکیل جریانات واریزه‌ای فراوانی را داده است. علیرغم اینکه می‌بایست با افزایش ارتفاع به دلیل تغییر شیب و عدم استقرار پوشش برفی جریان واریزه‌ای کاهش یابد، اما با توجه به مورفولوژی با تولید الوند ملاحظه می‌شود که با افزایش ارتفاع بویژه در ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متری به دلیل کاهش شیب نسبت به ارتفاع موجب افزایش این واریزه‌ها گشته است. باتولیت گنبدی شکل الوند همراه با افزایش ارتفاع نقش مهمی در تشکیل و جریان واریزه‌ای در منطقه دارند (جدول ۶).

ضریب همبستگی بین حجم واریزه و طول بخش معبر و حجم واریزه با ارتفاع جریان واریزه و حجم واریزه با عمق واریزه، گویای روابط نزدیک بین پارامترهای عمق، ارتفاع و طول بخش معبر واریزه‌هاست. همچنین ضریب همبستگی بین ارتفاع و شیب دامنه، عرض مخروط و طول بخش معبر تا حدودی قابل قبول می‌باشد؛ و این موضوع بیانگر نقش ارتفاع، شیب دامنه در تشکیل و توسعه طولی واریزه‌های منطقه است (جدول ۷ و ۸).

بررسی حاصله از تحلیل‌های کمی نشان می‌دهد که بین افزایش عمق و طول بخش معبر با افزایش ارتفاع و حجم جریانات واریزه‌ای رابطه تنگاتنگ و معنی‌دار با ضریب همبستگی بالا وجود دارد. به این معنی که با عبور جریان‌های واریزه‌ای طول و عمق بخش معبر افزایش یافته است. بین افزایش شیب محل تشکیل واریزه‌ها و حجم آنها رابطه منفی و معکوس وجود دارد، چرا که با افزایش شیب، ضخامت جریانات واریزه‌ای کمتر شده است. با افزایش ارتفاع، ضریب برفی منطقه نیز افزایش یافته و با وجود محل‌های بادپناهی و شرایط مساعد هوازدگی میزان واریزه‌هایی که در اختیار مخروط آن قرار می‌گیرند نیز افزایش یافته است. رابطه حجم واریزه‌ها و عمق آنها به میزان $R=0/89$ بیانگر ارتباط قابل توجه بین آنهاست. به علاوه بررسی آماری رگرسیون بین ارتفاع با شیب دامنه‌ها، عرض مخروط، طول بخش معبر و عمق بخش معبر معنی‌دار و قابل قبول است. چرا که هر چه عمق بخش معبر زیاد می‌گردد، بخش مقطع عرضی که به طور بالقوه سطح هوازدگی محسوب می‌شود وسیع‌تر گشته و در نتیجه بر میزان واریزه‌هایی که در اختیار مخروط قرار می‌گیرد، افزوده می‌شود. بیشترین همبستگی بین ارتفاع و شیب دامنه، طول، بخش معبر، عرض مخروط و عمق بخش معبر می‌باشد.

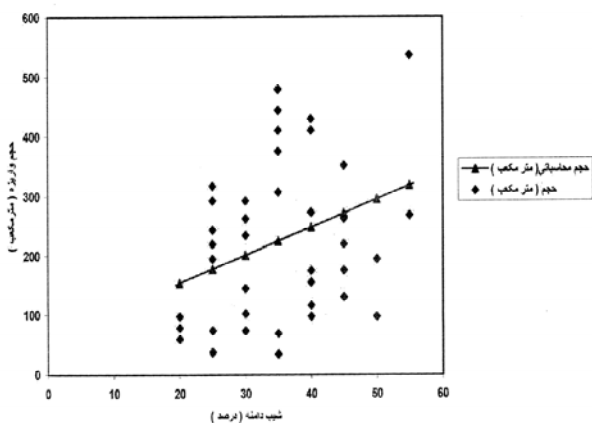
جدول (۷) - مشخصات روابط همبستگی متغیرها

متغیر تابع	متغیر مستقل	ضریب همبستگی R	Sig F	F	ضریب متغیر مستقل	مقدار ثابت	متغیرهای خارج شده از همبستگی
عمق بخش معبر	شیب دامنه	۰/۰۷۱۶۵	۰/۶۴۲۹	۰/۲۱۶۷۲	۰/۰۱۹۵۰	۰/۶۷۳۹۰۸	-

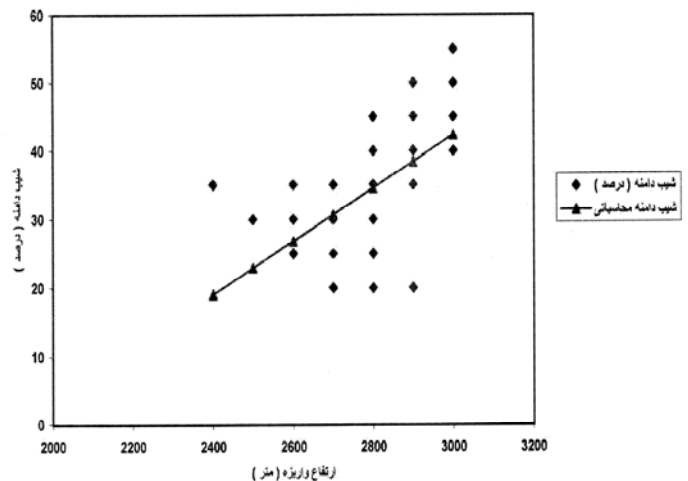
حجم واریزه	شیب دامنه	۰/۳۲۹۸۱	۰/۰۲۸۸	۵/۱۲۶۰۳	۴/۶۶۲۸۵۳	۶۱/۶۸۴۳۲۵	-
حجم واریزه	عرض مخروط واریزه	۰/۰۹۷۷۵	۰/۵۲۷۹	۰/۴۰۵۱۸	۱۲/۲۱۷۳۶۰	۱۸۸/۵۳۵۲۴۰	طول، ارتفاع، جریان، عمق
حجم واریزه	طول بخش معبر	۰/۸۹۳۶۶	۰/۰۰۰	۸۱/۲۹۸۱۸	عرض ۳/۵۶۱۶۰۶ طول ۳۱/۷۳۷۱۵۳	۲۳/۰۹۵۰۶۲	ارتفاع، جریان، عمق
حجم واریزه	ارتفاع، جریان واریزه	۰/۸۹۳۶۶	۰/۰۰۰	۵۴/۴۸۸۱۹	عرض ۴/۴۳۸۰۶۷ طول ۳۲/۳۹۸۵۱ ارتفاع ۲/۰۲۴۷۶۶	۴۴/۴۹۴۹۸۹	عمق
حجم واریزه	عمق واریزه	۰/۸۹۶۵۶	۰/۰۰۰	۳۹/۹۵۰۷۶	عرض ۴/۰۴۶۰۶۷ طول ۳۲/۴۴۵۶۵ ارتفاع ۲/۰۵۴۰۱۲ عمق ۷/۱۵۳۹۶۲	۳۷/۸۰۶۴۹۴	-

جدول (۸) - مشخصات روابط همبستگی متغیرها

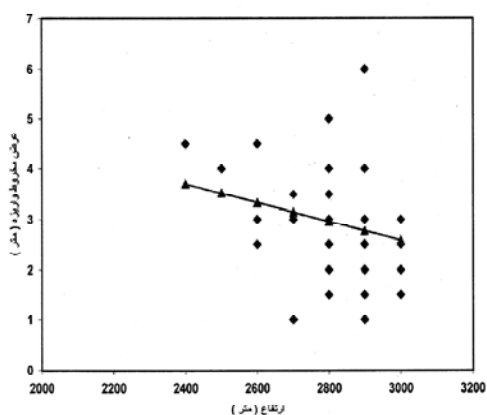
متغیر تابع	متغیر مستقل	ضریب همبستگی R	Sig F	F	ضریب متغیر مستقل	مقدار ثابت
شیب دامنه	ارتفاع	۰/۵۸۱۲۴	۰/۰۰	۲۱/۴۲۸۹۷	۰/۰۳۸۵۸۸	-۷۳/۵۱۱۱۴۶
عرض مخروط واریزه	ارتفاع	۰/۲۵۲۳۳	۰/۰۹۸۴	۲/۸۵۵۹۲	-۰/۰۰۱۸۹۵	۸/۲۵۴۷۷۷
طول بخش معبر	ارتفاع	۰/۲۶۲۶۴	۰/۰۸۵۰	۳/۱۱۱۸۶	-۰/۰۰۶۹۶۹	۲۶/۲۴۷۶۱۱
عمق بخش معبر	ارتفاع	۰/۱۵۶۲۵	۰/۳۱۱۱	۱/۰۵۱۰۲	۱۰ ^{-۴} * ۴/۲۷۰۷۰	۱/۹۷۶۴۹۷
ارتفاع جریان واریزه	ارتفاع	۰/۰۷۰۵۵	۰/۶۴۹۱	۰/۲۱۰۱۰	۰/۰۰۲۳۴۶	۴/۸۸۶۹۴۳



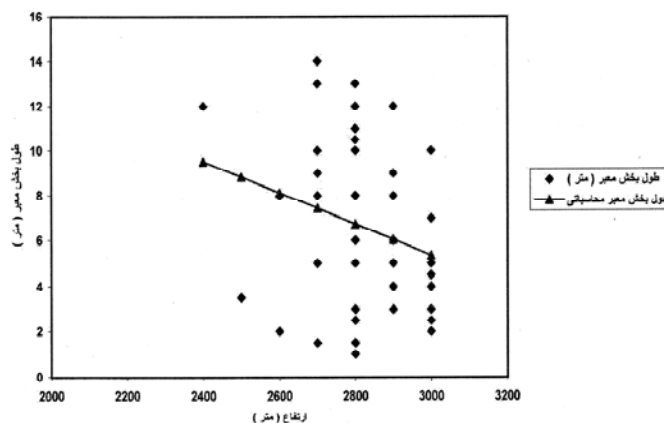
نمودار ۲ - رابطه‌ی همبستگی حجم واریزه با شیب دامنه



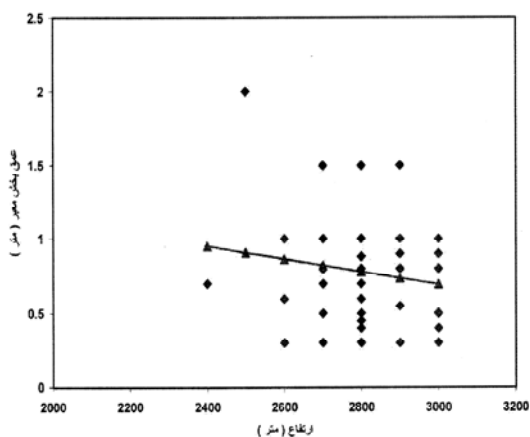
نمودار ۱ - رابطه‌ی همبستگی شیب دامنه با ارتفاع واریزه‌ها



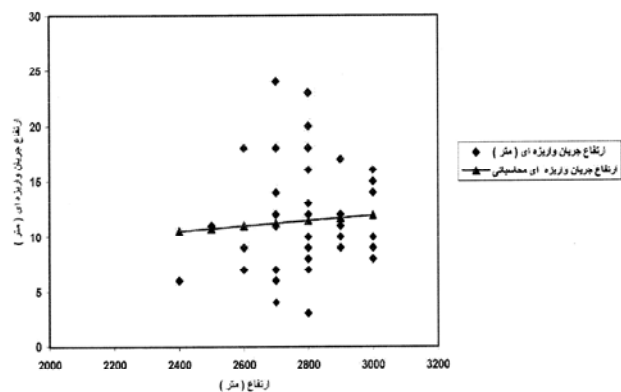
نمودار ۴- رابطه‌ی همبستگی عرض مخروط با ارتفاع واریزه‌ها



نمودار ۳- رابطه‌ی همبستگی طول بخش معبر با ارتفاع واریزه‌ها



نمودار ۶- رابطه‌ی همبستگی عمق بخش معبر با ارتفاع واریزه‌ها



نمودار ۵- رابطه‌ی همبستگی عمق بخش معبر با شیب دامنه در واریزه‌ها

نتایج

جریان واریزه‌ای یکی از فرایندهای مهم و غالب دامنه‌های شمالی الوند محسوب می‌شود. که عموماً بر روی سنگ‌های گرانیتی و هور نفلس تشکیل شده‌اند. از مشخصات مهم واریزه‌ها جورشدگی بسیار ضعیف و با ابعاد بسیار متفاوت با قطره‌های مختلف است. بیشتر جریان واریزه‌ای منطقه از نوع گسترده بوده لیکن جریانات واریزه‌ای مجزا نیز مشاهده می‌شود، که بیشتر آنها در ارتفاع بین ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متر متمرکز شده که نقش لیتولوژی همراه با تعداد فراوانی درزه‌ها و امتداد در تولید آنها بسیار موثر بوده است، نتایج حاصله از بررسی مدل عمق معبر حاکی از قدرت و پتانسیل زیاد واریزه‌ها جهت سایش دامنه‌های سنگی و در نهایت ایجاد معبرهای عمیق در سطوح آنهاست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پوشش برفی و آب ناشی از ذوب برف بر اثر جریان، سطح دامنه‌ها را فرسایش داده و با گذشت زمان معبرهای عمیقی در سطوح آنها ایجاد کرده است. همچنین شکل، اندازه و حجم واریزه‌ها متفاوت می‌باشد، به طوری که بر روی شیست‌ها جریان واریزه‌ای کم با حجم کمتر و ماتریسی از مواد دانه ریزتر در حالی

که بر روی گرانیت‌ها حجم مواد انباشته شده، قابل ملاحظه می‌باشد. توپوگرافی و ارتفاع همراه با افزایش ضریب برفی، حاکمیت سیستم فرسایشی پریگلاسیر بویژه در ارتفاع ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متر موجب افزایش تعداد و فراوانی تشکیل واریزه‌ها شده است. نتایج حاصله از بررسی نقش بارندگی در جابجایی واریزه‌ها و محاسبه آستانه آن نشان می‌دهد که شدت بارندگی واقعی کمتر از شدت بارندگی محاسباتی بوده و این موضوع بیانگر این نکته است که بارندگی‌های به وقوع پیوسته قادر به حرکت واریزه‌ها نبوده‌اند. اما ارقام محاسباتی در خصوص شدت بارندگی ۱۵ الی ۱۰۵ دقیقه در برخی از سال‌ها در منطقه موجب حرکت واریزه‌ها شده است و این موضوع با نتایج حاصله از بررسی‌های هریس^{۱۱} و کلوز^{۱۲} ۱۹۹۰ کاملاً همخوانی دارد. ضرایب همبستگی بین حجم واریزه‌ها، طول بخش معبر و ارتفاع جریان واریزه‌ها گویای روابط نزدیک بین پارامترهای عمق، ارتفاع و طول بخش معبر واریزه‌هاست و تا حدودی نقش ارتفاع، شیب را در تشکیل و توسعه طولی واریزه‌ها به اثبات می‌رساند.

بررسی حاصله از تحلیل‌های آماری واریزه‌ها گویای رابطه‌ی عمق و طول بخش معبر با افزایش ارتفاع به شکل معنی دار و با همبستگی بالاست. این موضوع نشان دهنده‌ی نقش عامل توپوگرافی و ارتفاع و به تبع آن تغییرات بارندگی و رژیم آن همراه با گرادیان دمایی در منطقه است. در حالی که شیب به عنوان یک عامل محدود کننده در تشکیل و توسعه‌ی واریزه‌ها در منطقه محسوب می‌شود. مسلماً با افزایش ارتفاع، همراه با افزایش ضریب برفی منطقه حجم و مقدار واریزه‌ها و مخروط آنها افزایش یافته است. نتایج حاصله از گرادیان محیطی منطقه همخوانی بسیار بالایی با محیط تشکیل واریزه‌ها یعنی از ارتفاع ۲۷۰۰ متر به بالا را نشان می‌دهد.

معره‌های عمیق که محل مناسبی را برای تجمع برف و تداوم آنها فراهم می‌سازند بیشترین نقش را در بزرگ شدن مخروط‌های واریزه‌ای ایفا می‌کنند به همین دلیل بزرگ‌ترین مخروط‌های واریزه‌ای منطقه در پای معره‌های بسیار عمیق همراه با برف تشکیل شده‌اند. جریان‌ات واریزه‌ای علیرغم اینکه در منطقه به فراوانی و با وسعت‌های قابل ملاحظه تشکیل شده‌اند، خود به عنوان یک پدیده‌ی ژئومورفولوژیکی به طور مستقیم و غیر مستقیم باعث بروز تغییر و تحول عمده در سایر پدیده‌های ژئومورفیکی و گاه عملکرد فرایندهای هیدرولوژیکی منطقه می‌گردند که مهم‌ترین آنها تولید و افزایش بار رسوبی رودخانه‌های منطقه است.

منابع

۱. ایلدرمی، علیرضا، (۱۳۸۱)، «تحلیلی بر مورفودینامیک و پایداری دامنه‌های شمالی الوند»، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، ۴۸۰ ص.
۲. ایلدرمی، علیرضا، (۱۳۷۸)، «پژوهشی در فرایندهای فرسایشی و ممیزی مناطق آسیب پذیر حوضه قره چای»، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، ۴۰۲ ص.
۳. امینی زاده، محمدرضا، (۱۳۷۷)، «بررسی پایداری شیب‌ها و نحوه‌ی کنترل آنها در حوضه‌ی آبخیز سد جیرفت»، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۲۵۸ ص.
۴. بیاتی خطیبی، مریم، (۱۳۷۹)، «بررسی نقش عوامل مورفودینامیک در ناپایداری دامنه‌های شمالی داغ از اهر تا مشکین شهر»، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، ۲۷۰ ص.
۵. بیاتی، خطیبی، مریم، (۱۳۸۶)، «تحلیل و بررسی عوامل توپوگرافی و دینامیک رودخانه‌ای بر اندازه‌ی مخروط‌های واریزه‌ای، مطالعه‌ی موردی: دامنه‌های شمال غربی سبلان»، پژوهش‌های جغرافیایی (۱۷۵-۱۵۷)، ش ۳۴.
۶. سلیمانی، شهریار، (۱۳۷۸)، «رهنمودهائی در شناسائی حرکات تکنوتیکی فعال و جوان»، مؤسسه‌ی بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۵۸۱ ص.
۷. عابدینی، موسی، (۱۳۸۷)، «بررسی نقش عوامل مؤثر در پیدایش و تکوین جریانات واریزه‌ای ارتفاعات شمال غرب آذربایجان»، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۷۴.
۸. کمک پناه، علی، منتظرالقائم، سعید، (۱۳۷۱)، «روش‌های تحلیلی در ارزیابی پایداری شیب‌های طبیعی»، مؤسسه‌ی بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۴۷۶ ص.
9. Barsch, D (1993), "Periglacial Geomorphology in the 21st century", *Geomorphology*, V: 7 (141- 163).
10. Clark, M. J (1988), "Advances in periglacial geomorphology", John Wiley & Sons. V: 4.101-141.
11. Clawes, A (1991), "*Process and landform*", London Longman (154-176).

12. Evin, M. and Fabre, D (1990), "The distribution of permafrost in rock glaciers of the Southern Alps (France)", *Geomorphology*, V: 3 (57-71).
13. Goudie, A. Anderson, M. Burt, T. lewin, J. Richards, K. whalley, B. Worsley, P. 1990. "*Geomorphology Techniques*". 2nd, London: Hymam (106-159).
14. Harris, C. Gallop, M. and Coutand, J. P (1993), "Physical modeling of gelifluction and frost creep. *Processes and land forms*, V: 18 N: 5 (101-198).
15. Ritier, D. F. Kochel, R. C. and Miller, J. R (1993), "*Process Geomorphology*", Third edition. V: 7 (322-454).
16. Selby, M. J and Hodder, A. P. W (1993), "*Hillslope materials and processes*", 2nd, Newyork Oxford (201-298).
17. Sellby, M. J (1985), "*Earths Chahging surface*", Oxford: 302.

Archive of SID