تحلیل و ارزیابی سهم عوامل تاثیرگذار در وقوع ریزش های سنگی، با استفاده از روش دو متغیره

مطالعه موردی: حوضه قرنقوچای (واقع در دامنه شرقی توده کوهستانی سهند، شمال غرب ایران)

دکتر مریم بیاتی خطیبی

استادیار گروه پژوهشی جغرافیای دانشگاه تبریز

Email: m.bayati @tabrizu.ac.ir

چکیده:

در حوضه قرنقوچای، واقع در دامنه های شرقی سهند (با مختصات جغرافیائی از' ۲۷ / ° ۴۶ تا' ۴۲/ ° ۴۷ طول شرقی و از '۵۸ / °۳۶ تا' ۴۴ / ° ۳۷ عرض شمالی)، به عنوان بزرگترین و پرآب ترین حوضه توده کوهستانی سهند،که روستاهای زیادی رادرخودجای داده است. وقوع ریزش های سنگی و افتان ها، در محدوده مذکور، به عنوان یکی از پیامدهای طبیعی از فعالیت فرآیندهای مختلف، با دخالت های انسانی تشدید می گردند و بیشتر تاسیسات انسانی، بویژه جاده های کوهستانی را مورد تهدید خود قرارمی دهند. در این مطالعه، به منظور ارزیابی سهم عوامل تاثیرگذار در وقوع ریزش های سنگی و پهنه بندی محدوده های مستعد به وقوع این پدیده ها، ابتدا عوامل احتمالی مختلف دخیل در وقوع آنها شناسائی و با هدف تعیین سهم عوامل، ابتدا ۱۰ لایه از نقشه های مربوط به پراکندگی عوامل مختلف تهیه و سپس این نقشه ها روقومی شده و پس از تجزیه و تحلیل با روش دومتغیره، و وزن دهی به عوامل مختلف در روی واحدهای ویژه، نقشه پهنه بندی ریزش های سنگی با استفاده از نرم افزار ARC/VIEW برای حوضه قرنقوچای ترسیم شده است. این نقشه ترسیمی نشان می دهد که، دامنه های متشکل از مواد آذرین (داسیت و آندزیت)، بویژه گدازه های میوسن، بیشترین تکه های سنگی را در اختیار پای دامنه ها قرار می دهند و در طول سال، اغلب سطح جاده هایی که از این دامنه ها عبور داده می شوند از این تکه سنگ ها پرشده و در عبور و مرور، اختلالاتی را ایجاد می کنند و به هنگام وقوع در مواردی به مساکنین واقع در پای چنین دامنه هایی، خسارات زیادی وارد می سازند.

واژه های کلیدی: ریزش های سنگی، سیستم اطلاعات جغرافیائی، پهنه بندی خطر، روش دومتغیره، کوهستان سهند، حوضه قرنقوچای.

مقدمه

وقوع ریزش های سنگی، که شامل جدایش تکه سنگ ها از ارتفاعات و جابجائی آنها تحت تاثیر نیروهای مختلف می باشد، ازپدیده های طبیعی هستند که همه ساله در کوهستان های سنگی به وفور رخ می دهند و به هنگام وقوع در کنار ساختارهای انسانی، خساراتی را به آنها وارد می سازند. ارزیابی میزان خطر چنین وقایعی، در هر مقطع زمانی ویژه، در علوم طبیعی و اقتصادی، از مهمترین موضوعاتی بوده که ذهن متخصصین امر را از دیرباز به خود مشغول داشته است. مقالات و تحقیقات اولیه در مورد ارزیابی و مدیریت مناسب خطر بوده، معرف چنین توجهاتی به چنین پدیده هائی بوده است (بلینبرگ[1] ،۱۹۹۸ :۳۵). انتشاراین گزارشات و مقالات،تلاش های بعدی در این زمینه را سرعت بخشید. در طول دهه های اخیر، ارزیابی خطر، در ابتدا از سوی ژئومورفولوژیست ها و مهندسین زمین شناس مد نظر قرار گرفت و تحقیقات بسیار ارزنده ای در این زمینه، ارائه شد (آگی[2] ۲۰۰۵: ۲، آندرسون وریچارد[3]، ۱۹۸۷ :۲۵، ماتوس وهمکاران[4]، ۱۹۹۷و وان وستن وهمکاران[5]، ۱۹۹۶ و۱۹۹۷). اما آغاز بررسی علمی این پدیده ها به زمان انتشار کارهای تحقیقاتی استینی[6] بر می گردد (به نقل از هورلیمان وهمکاران[7]،۲۰۰۶ :۲). به دنبال وی محققان دیگر نیز در مورد پدیده های مذکور، تحقیقاتی را انجام دادند (فرراوپاپالارو[8]، ۲۰۰۵؛ فاوستینمی[9]، ۲۰۰۳؛ یاگر و همکاران[10] ، ۲۰۰۵) و ریزش های سنگی را به عنوان خطر زمین ریخت شناسی قلمداد نمود و اهمیت ارزیابی خطر وقوع ریزش های سنگی را مورد تاکید قرار داد (به نقل از دکوالنه و ساموندسون[11]، ۲۰۰۶ :۲و۱) .از آن زمان به بعد، مطالعه در مورد ریزش های سنگی بیشتر مورد توجه قرارگرفت، و از سوی متخصصین بین رشته ای نیز مطالعاتی در این زمینه صورت گرفت (آیلا[12]، ۲۰۰۲: ۱۰۷؛ ترلین وهمکاران[13] ،۱۹۹۶ :۸۳۳) اما با این همه، باید اذعان داشت که با گذشت نزدیک به ۱۰۰ سال از آغاز بررسی های علمی، هنوز هم مکانیسم جریانات واریزه ای بطورکامل درک نشده است و شناسائی دقیق آنها، تحقیقات تجربی زیادی را در مقیاس محلی و منطقه ای می طلبد (ایرمالروهمکاران[14]،۲۰۰۶ ؛ واش و همکاران[15]، ۲۰۰۳ :۱۳۰ و واترسون[16]،۲۰۰۶).

با عنایت به این که بخش اعظم ایران کوهستانی است و جاده های مهم کشور نیز از کمرکش آنها عبور می کند، وقوع ناگهانی ریزش های سنگی به دنبال رخداد وقایعی مانند، زلزله، بارش های ناگهانی و دستکاری های انسانی، این جاده ها وسایر تاسیسات انسانی مستقر در شیب ها و پای آنها را همواره در معرض تهدید خود قرار می دهد.

---

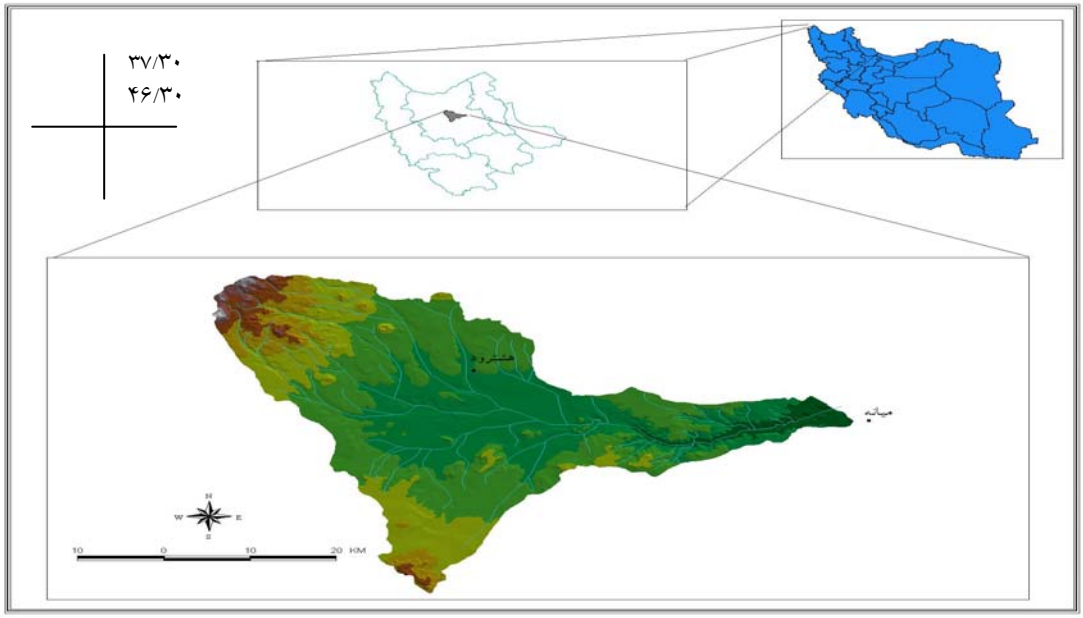
[1] -Blijenberg
[2] Agyei
[3] Anderson and Rechards
[4] Matthews, et al
[5] Van Westen, et al
[6] Stiny
[7] Hurlimann, et al
[8] Ferrara and Pappalardo
[9] Faustimi and Jones
[10] Jaeger ,et al
[11] Decaulne and Saemundsson
[12] Ayala
[13] Terlien, et al
[14] Irmler ,et al
[15] Wash,et al
[16] Watterson,et al

ریزش های سنگی، برای مساکن روستائی مستقر در دامنه های سنگی نیز، از عوامل تهدید کننده محسوب می شود، اما به لحاظ اطلاع رسانی ضعیف و یا عدم توجه به خسارات اقتصادی ناشی از آنها در چنین محدوده هایی، که بیشتر متوجه روستائیان است، کمتر گزارشی از وقوع پدیده های مذکور در رسانه ها منعکس می شود .

در مناطق کوهستانی آذربایجان شرقی، بویژه در ارتفاعات برف گیر و در دامنه های پرشیب سهند، که جاده های متعدد روستائی و شهری از آنها عبور داده شده، مخاطرات ناشی از بروز چنین وقایعی بارزتر و در اثر دخالت انسانی در فرآیندهای دامنه ای، ابعاد آنها گسترده تراست. حوضه قرنقوچای به عنوان بزرگترین، پرآب ترین و در نتیجه پرجمعیت ترین حوضه سهند که تاسیسات انسانی زیادی (مانند سد مهمی چون سهند)در سرتاسر آن احداث شده، همه ساله در اثر وقوع ریزش های سنگی، واریزه ها و سنگ ریزه های زیادی به داخل دره ها و به سطح جاده ها فرو می ریزد و مشکلاتی را برای ساکنین محلی پدید می آورند. با عنایت به ابعاد گسترده مسائلی که در اثر وقوع چنین پدیده هائی پیش می آید و همچنین با توجه به خلائی که در تحقیقات در زمینه شناسائی و پهنه بندی مناطق در معرض تهدید و بالقوه مستعد برای بروز چنین خطراتی وجود دارد، سعی شده در این مقاله، خلاء موجود با استناد به تحقیق صورت گرفته، تاحدی پرگردد .

موقعیت جغرافیائی، ویژگی های سنگ شناسی، توپوگرافی واقلیمی حوضه قرنقوچای

حوضه زهکشی قرنقوچای، با مساحت ۳۵۷۰ کیلومتر مربع، یکی از زیر حوضه های هیدرولوژیک حوضه رودخانه قزل اوزن می باشد (مربوط به حوضه آبگیر دریای خزر)که با روند عمومی شرقی–غربی و با مختصات جغرافیائی، از ´ ۲۷ / ° ۴۶ تا ´۴۲/ ° ۴۷ طول شرقی و از ´۵۸ / °۳۶ تا ´۴۴ / ° ۳۷ عرض شمالی، در شمال غرب کشور و در دامنه های شرقی سهند واقع شده است (شکل ۱). ارتفاعات منفردمتعددی در داخل حوضه وجود دارد، اما بلندترین ارتفاع حوضه، در منتهی الیه مرز شمال غربی آن، بر روی قله بزداغ، به ارتفاع ۳۶۰۵ متر و پست ترین ارتفاع، در نقطه خروجی حوضه، به ارتفاع ۱۰۴۳ متر قرار گرفته است. حداقل شیب خالص حوضه ۰/۲ و حداکثر آن ۵/۳۶ درصد می باشد.



شکل(۱)موقعیت جغرافیائی حوضه قرنقوچای(بیاتی خطیبی)

در حوضه قرنقوچای از نظر نوع و سن رسوبات واحدهای سنگی و روند عمومی عناصر ساختاری تنوع خاصی به چشم می خورد. سطوح چینه ای پراکنده در حوضه مذکور، انواع رخساره های سنگی و رسوبی پره کامبرین، پالئوزوئیک تاکواترنر را شامل می شود. این تنوع، در ویژگی های سطحی و همچنین در نوع حرکات توده ای نیز منعکس شده است.

واحدهای آندزیتی، جوان ترین سنگ های آتشفشانی حوضه محسوب می شود که سنی معادل پلیستوسن دارند. سنگ های این واحد بیشتر از جنس آندزیت، بازالت و برش های ولکانیکی است. سنگ های مذکور، بیشتر در بالا دست حوضه برونزد نموده اند. داسیت و آندزیت های دوران چهارم، مرتفع ترین بخش های این حوضه را تشکیل داده اند. اما محدوده گسترش آنها در مقایسه با گدازه های میوسن، بسیار محدودتر است. این گدازه ها، همراه با سنگ های پیروکلاستیک، بخش اعظم قسمت های بالادست حوضه را تشکیل داده اند.

خاکسترهای آتشفشانی، از جمله گسترده ترین واحدهای سطحی هستند که، در بخش بالادست گسترده شده اند. سایش این واحد ها در دره ها و سرازیری آنها به داخل دره ها و ورود آنها به آب های جاری، به افزایش بار رسوبی رودخانه ها منجر شده و در بخش هائی، به صورت توده ای، به داخل دره ها فروریخته اند. مارن ها که عمدتاً در بخش های میانی حوضه و به صورت محدود، در دیگر بخش های حوضه گسترده شده اند. کنگلومرا، مارن و سنگ های سیلتی مربوط به میوسن که در بخش های میانی حوضه گسترده شده اند، به لحاظ فرسایش پذیری، دره های پهن و دشت های سیلابی گسترده ای را تشکیل داده اند (آل کثیر،۱۳۷۴ ص۷۵).

-مواد وروش ها

جنس بستر مواد تشکیل دامنه ها، شیب، کاربری اراضی، میزان بارندگی و نوع و زمان بارش، گسل، خطوط ارتباطی و زهکشی و... از جمله عواملی هستند که بر وقوع ریزش های سنگی تاثیر می گذارند و باید در بررسی

آنها، نقش ترکیبی این عوامل مد نظر قرار گیرند (جدول ۱و شکل ۲). اما اکثر این عوامل، کیفی بوده و با معیارهای کمی قابل سنجش نیستند. بنابراین، باید تبدیل به مقادیر کمی گردند. این کمی سازی، با روش های مختلف و عمدتاً با وزن دهی صورت می گیرد. اما قبل از وزن دهی، باید بعضی از نقشه های مورد نیاز تهیه و سپس عمل وزن دهی به عوامل، در کنار سایر عوامل، صورت گیرد (تجویدی ،۱۳۸۴ :۲۵). به منظور پهنه بندی مناطق مستعد به وقوع ریزش های سنگی، ۱۰ عامل، به عنوان عوامل موثر در وقوع پدیدهای یاد شده، مدنظر قرار گرفته اند، و پراکندگی این ۱۰عامل، ابتدا به صورت نقشه مجزا تهیه و سپس رقومی شده اند. برخی از نقشه های مورد نیاز، بطور مستقیم از روی نقشه ها اصلی، یعنی از روی نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی، با عنوان نقشه های شبکه زهکشی و شبکه ارتباطی (جاده ها) و پراکندگی گسل های منطقه، تهیه شده است و بعضی از نقشه ها نیز مانند، نقشه شیب،نقشه بارندگی، کاربری، واحد های سنگ شناسی و نقشه ژئومورفولوژی، از تلفیق اطلاعات حاصل از پیمایش های میدانی، عکس های هوائی و ماهواره ای، تهیه و سپس رقومی شده اند. برای تهیه نقشه شیب، از قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیائی استفاده شده است. برای تهیه آن، ابتدا خطوط ارتفاعی ۱۰۰ متری به نرم افزار Arc/view منتقل و سپس رقومی شده اند و به این ترتیب، نقشه شیب تهیه و ترسیم شده است. برای تهیه نقشه های بارندگی، از مدل رقومی ارتفاع و رابطه خطی بین بارندگی و ارتفاع که برای حوضه به دست آمده، استفاده شده و نقاط ارتفاعی در سطح حوضه انتخاب و مقادیر محاسبه شده به این نقاط منتقل و برحسب ارقام واقعی موجود حاصل از سنجش در ایستگاه های باران سنجی و ارقام محاسبه شده، نقشه های بارندگی (سالانه و ماهانه)ترسیم شده است. نقشه کاربری اراضی منطقه، با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست TM ۲۰۰۲ و اطلاعات حاصل از بازدیدهای میدانی، تهیه وسپس رقومی شده است. بعد از روقومی نمودن تمامی نقشه های مورد نیاز و تهیه پایگاه اطلاعاتی، عامل مورد نظر در رابطه با پراکندگی ریزش های سنگی، به صورت دومتغیره با استفاده از رابطه (۱) مورد تجزیه و تحلیل واقع شده و به این ترتیب، تراکم ریزش های سنگی منطقه در روی یک واحد ویژه نیز مشخص شده است.

$$D=1000*Npix(sxi)/Npxi(xi)$$ رابطه (۱)

دراین رابطه :

D = *تراکم هرمتغیر*

$Npix(sxi)$ = *تعداد پیکسل های حرکات توده ای در داخل هر کلاس متغیر*

$Npxi(xi)$ = *تعداد پیکسل های هر کلاس متغیر*

برای وزن دهی به عوامل و تهیه نقشه نهائی پهنه بندی خطر وقوع لغزش، ابتدا نقشه های پراکندگی ریزش های سنگی بر روی نقشه عامل (به عنوان مثال نقشه واحدهای سنگ شناسی) قرارگرفته اند (شکل ۲). بعداز کلاس بندی واحدهای مختلف (ID) در نقشه عامل (به عنوان مثال، نقشه لیتولوژی یا واحدهای سنگ شناسی)، تعداد پیکسل های هرکلاس (پیکسل های ۵۰ در۵۰ متری) مد نظر قرار گرفته و در مرحله بعدی، تعداد پیکسل های محدوده پراکنش ریزش ها بر روی کلاس مذکور، شمارش شده و با استفاده از تعداد پیکسل های مذکور، تراکم ریزش ها (D)، برحسب رابطه تحلیل دومتغیره (رابطه ۱) محاسبه گردیده است (جدول ۱ و شکل۲). بعد از محاسبه تراکم (با استفاده از رابطه ۱)، ارقام حاصل از محاسبه میزان تراکم ریزش های سنگی برروی واحدهای ویژه،

نرمال شده اند. برای محدوده هائی که تراکمی وجود نداشته (عدم وجود پراکندگی ریزش ها برروی محدوده ویژه)، میزان واریانس محاسبه گردیده و ارقام واریانس،به عنوان وزن واحد ویژه درنظرگرفته شده است. بعد از طی مراحل مذکور، وزن دهی به عوامل، به عنوان مهمترین مرحله از روش، با استفاده از رابطه(۲) صورت گرفته است (جدول۱).

محدوده خطر وقوع حرکات توده ای در کنار اشکال خطی، مانند خطوط شبکه ارتباطی و زهکشی،گسل ها و همچنین مراکز مسکونی، براساس بافرهای۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ متری، تعیین و بر اساس پراکندگی ریزش ها در این محدوده ها، وزن دهی براساس مراحلی که قبلاً ذکرشده، صورت گرفته است و در نهایت نقشه های پهنه بندی، میزان حساسیت بخش های مختلف منطقه به وقوع ریزش های سنگی، در طی ۵ طبقه حساسیت، به دست آمده و در نهایت، نقشه پهنه بندی خطر ریزش های سنگی ترسیم شده است (شکل۱۰).

رابطه (۲) $$W=1000*Npix(sxi)/Npxi(xi) - 1000 \sum Npix(sxi)/\sum Npxi(xi)$$

دراین رابطه :

W = *وزن*

Npix(sxi) = *تعداد پیکسل های حرکات توده ای در داخل هر کلاس متغیر*

Npxi(xi) = *تعداد پیکسل های هر کلاس متغیر*

- بحث

ریزش های سنگی، از رایج ترین حرکات توده ای، از خطرناک ترین حرکات دامنه ای و از خسارت بارترین پدیده های طبیعی محسوب می شوند که عمدتاً در پای رخنمون های سنگی دامنه های مرتفع واشکال پرتگاهی، گسترش دارند و در پدید آمدن آنها، عوامل مختلفی دخیل هستند (آدابی وهمکاران ،۱۳۷۷ص۲۰۲ و بیاتی خطیبی، ۱۳۸۳ص۵۳). برای تعیین مناطق بالقوه مستعد به وقوع این پدیده ها، باید سهم و نقش آنها به صورت کمی وکیفی، مشخص گردد.

الف- ویژگی های اقلیمی تاثیرگذاربرووقوع ریزش های سنگی درحوضه قرنقوچای

با توجه به نقش اختلافات دما و بطورکلی ویژگی های اقلیمی در فعال شدن فرآیندهای هوازدگی سنگ ها و در نهایت در وقوع ریزش های سنگی (بطور اعم در مناطق کوهستانی، و به طور اخص در بخش های مرتفع حوضه قرنقوچای) ابتدا بهتر به نظر می رسد که ویژگی های بارندگی و دمائی حوضه، تا حد لازم، مورد مطالعه قرار گیرد. تا شمائی از ویژگی های اقلیمی (دمائی و بارشی) و توضیحاتی در مورد نقش آنها در وقوع این پدیده ها ارائه گردد.

جدول (۱) میزان تراکم ریزش های سنگی و وزن های محاسبه شده بر روی نقشه لیتولوژی(بیاتی خطیبی)

عامل لیتولوژی یا واحدای سنگ شناسی						
واحد	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	D.A	W
داسیت-آندزیت	۱	۱۶۸۷۳۸	۰	۰	۱	-۰,۶۵۵۸
خاکسترهای آتشفشانی	۲	۴۰۶۰۳۳	۳۷۱۰۱	۹۱	۹۱	۲,۱۶۷۹
کنگلومرای سنگی	۳	۲۰۹۹۳۶	۶۵۵۶	۳۱	۳۱	۰,۲۸۸۳

آبرفت های قدیمی	۴	۱۳۷۷۱۷	۰	۰	۱	-۰,۶۵۵۴
مارن	۵	۱۹۰۸۸۱	۳۳۳۱	۱۷	۱۷	-۰,۱۴۲۱
مارن-ماسه سنگ	۶	۵۷۸۳۶	۲۲۳۷	۳۸	۳۸	۰,۵۲۱۰۴
آهک	۷	۷۲۷۴۳	۰	۰	۱	-۰,۶۵۵۴
شیل	۸	۴۷۸۳۲	۰	۰	۱	-۰,۶۵۵۴

طبق آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه شمال غرب کشور، ۸۵/۷ درصد بارندگی های منطقه، طی ماه های آبان تا اواخر اردیبهشت بوقوع می پیوندد و تقریباً تمامی داده های ثبت شده در اکثر ایستگاه ها، بیشترین بارندگی را در ماه های فروردین و اردیبهشت نشان می دهند. رژیم بارندگی نیز از نوع بارندگی مدیترانه ای است. بطورمتوسط، ۳/۴ درصد بارندگی ها، در فصل تابستان اتفاق می افتد. متوسط بارندگی کل حوضه ۴۰۳/۷ میلی متر برآورد شده است (دوره آماری از سال ۱۳۶۰ تا۱۳۸۲)که از این میزان، بطور متوسط ۳۳۲/۶ میلی متر تبخیر می شود. به عبارتی، حجم آب خروجی از حوضه، ۲۵۰/۴ میلیون متر مکعب برآورد شده است. ماه های مرطوب از اوایل مهر ماه تا اواخر اردیبهشت ماه و بقیه ماه های خشک محسوب می شوند. میزان بارندگی سالانه و حجم بارش حوضه به ترتیب ۴۰۳/۷ میلی متر و ۱۴۵۰/۲ میلیون متر مکعب برآورد گردیده که ۶۰ درصد این میزان در۶ ماه اول سال آبی می بارد. براساس اطلاعات حاصل از ایستگاه های سنجنده هواشناسی، واقع در دو ایستگاه خواجه شاهی و هشترود، بارش ماه های بهمن و اسفند، عمدتاً به صورت برف است و با توجه به مقادیر بارش برف در طی سال های متمادی، ضریب برفی در حوضه، به طور متوسط ۳۸ درصد، برآورد شده است. بدین معنی که۳۸ درصد نزولات جوی درحوضه، به صورت برف نازل می شود که این مقدار، در بالا دست حوضه، به مراتب بیشتر از سایر بخش های حوضه است و با توجه به افت دما در ارتفاعات، دوام برف از نظر زمانی بیشتر و لذا تاثیر نشست تکه های برفی نیز در هوازدگی سنگ ها، بیشتر می باشد.

جدول (۲) ضریب برف گیری سالانه ترازهای ارتفاعی معین حوضه (بیاتی خطیبی)

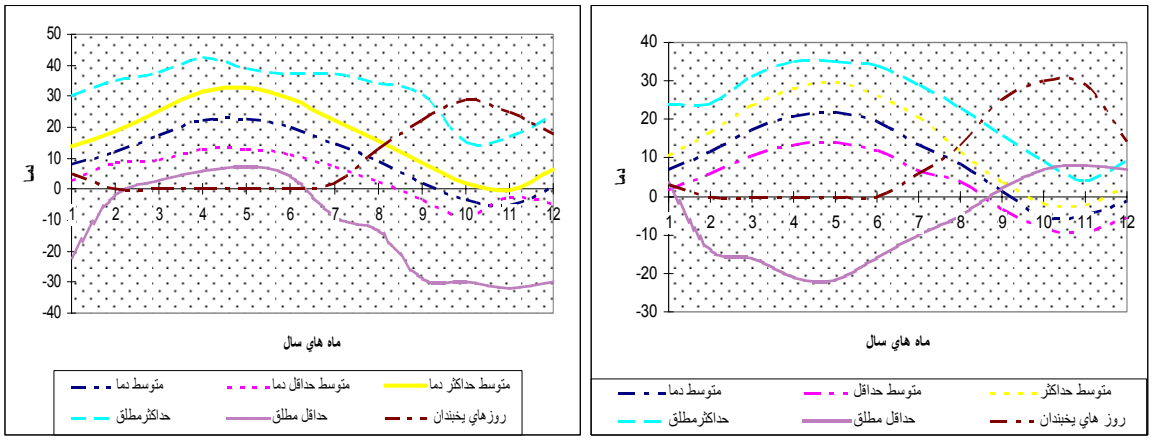
تراز (متر از سطح دریا)	ضریب برف گیری (درصد)
۱۵۰۰	۲۱/۸
۲۰۰۰	۲۸/۸
۲۵۰۰	۳۵/۸
۳۰۰۰	۴۲/۸
۳۵۰۰	۴۹/۸

جدول (۳) دامنه تحتانی برف درحوضه، طی ماه های مختلف سال (بیاتی خطیبی)

ماه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
تراز (متر از سطح دریا)	-	۲۵۳۵/۵	۱۴۷۹/۱	۱۶۴۸/۴	۲۰۸۷/۵	۲۷۱۷/۳	۳۴۳۹/۴

ارتفاع و دوام نشست برف و تاثیر آن در هوازدگی و ریزش سنگ ها، در ماه های مختلف سال با توجه به تغییرات دمائی بسیار متفاوت است (جدول۲و۳). به همین دلیل، بدون بررسی میزان تغییرات دما در طول سال، بررسی ریزش های سنگی کامل نخواهد شد. متوسط دمای حوضه در ایستگاه های خواجه شاهی و هشترود (ایستگاه خواجه شاهی در موقعیت جغرافیائی ´ ۱۸/°۳۷ و ´ ۵۷ /° ۴۶ و ایستگاه هشترود ´۲۹/°۳۷و ´۳ ۰/ °۴۷)،

به ترتیب ۱۰/۱ و ۹/۱ درجه سانتی گراد بوده و سردترین ماه در ایستگاه های فوق، به ترتیب، بهمن با ۵/۱- و دی با ۵/۴- درجه سانتی گراد است. گرم ترین ماه در ایستگاه های فوق، به ترتیب درمرداد ماه، ۲۲/۷ و۲۲ درجه سانتی گراد ثبت شده است. متوسط حداکثرها، ۱۷/۱ وحداقل ها، ۳/۳ درجه، حداکثرهای مطلق ۴۲/۵، حداقل های مطلق ۳۲- درجه در ایستگاه هشترود و۳/۱۴،۵/۱ ،۳۵ و۲۲- درجه سانتی گراد در ایستگاه خواجه شاهی مشاهده شده است. تغییرات شبانه روزی دما در دامنه های شرقی سهند، مانند سایر دامنه های آن، نقش زیادی در تغییرشکل دامنه ها دارد. تغییرات فصلی و شبانه روزی دما، یکی ازعوامل مهم در انبساط و انقباض مواد سنگی درحوضه قرنقوچای، مخصوصاً در ارتفاعات بالا محسوب می شود و یکی ازعوامل اصلی در تخریب تشکیلات سنگی آتشفشانی، همچون داسیت و آندزیت حوضه و در نهایت در ریزش آنهامی باشد. با این توجیه، اختلافات دمائی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی ها نشان می دهد که اختلاف دمای حداکثر و حداقل دما در دو ایستگاه حوضه، یعنی ایستگاه خواجه شاهی و هشترود، به ترتیب ۷۴/۵ و۵۷ درجه سانتی گراد است. این میزان اختلافات دما، خود به تنهائی می تواند نمایانگر وضعیت تخریب مکانیکی در سطح حوضه باشد. بنابراین با ثابت در نظر گرفتن سایرعوامل، می توان نتیجه گرفت که ایستگاه خواجه شاهی برای فعالیت فرآیندهای هوازدگی مکانیکی، بسیار مساعدتر از ایستگاه هشترود است (شکل۲).



الف ب)

شکل (۲) میزان تغییرات دما و روزهای یخبندان در دو ایستگاه حوضه (الف، ایستگاه خواجه شاهی و ب، ایستگاه هشترود)(بیاتی خطیبی)

تعداد روزهای یخبندان در دو ایستگاه خواجه شاهی و هشترود، بیش از یک سوم سال را در بر می گیرد. این تعداد، در ایستگاه خواجه شاهی، شامل ۱۱۴ روز و در ایستگاه هشترود ۱۲۰ روز ثبت شده است. در ایستگاه خواجه شاهی، دی ماه با ۲۹ روز، بیشترین تعداد روزهای یخبندان را دارا است. در اوایل نیمه اول سال، در ارتفاع ۳۴۰۰ متری، متوسط دما به ۲ درجه زیر صفرمی رسد. در حالی که در پایین دست و در حوالی خروجی حوضه، دما به ۱۰ درجه سانتی گراد نیز می رسد. دمای صفر درجه در ارتفاع ۳۰۰۰ متری واقع شده است. به همین دلیل، بالاتر از این ارتفاع، تکه های برفی که تا اواخر تابستان نیز دوام می آورند، دیده می شود (شکل۲)، نقش زیادی در هوازدگی سنگ ها ایفا می کند.

ب- پراکندگی ریزش های سنگی برروی انواع واحدهای سنگی

حوضه قرنقوچای از نظر واحدهای سنگی، از متنوع ترین حوضه های کوهستان سهند محسوب می شود. در حوضه مذکور، انواع واحدهای سنگی مربوط به دوره های مختلف، از آذرین های دوران چهارم تا رسوبی های دوران پره کامبرین، مشاهده می شود. تنوع در واحدهای سنگی، در انواع حرکات توده ای نیز منعکس شده است (شکل۳).

بازدیدهای میدانی وبررسی نمودارهایی ترسیمی از محاسبه میزان تراکم ریزش های سنگی برروی انواع واحدها نشان می دهد که (شکل۴)،برروی نقشه عامل لیتولوژی، بیشترین تراکم بر روی کنگلومرای سنگی رخ داده است. این امر حاکی از این است که در بین واحدهای لیتولوژیکی، کنگلومراها بیشتر ریزش های سنگی را ایجاد می کنند (جدول ۴ و شکل۴). علت این میزان تراکم، این است که سنگ های مذکور به علت دانه ای بودن (دانه های این سنگ، توسط سیمانی از مواد ریزتر به هم متصل شده اند) و همچنین حضور درز و شکاف های فراوان و وجود رطوبت کافی در ارتفاعات، در معرض هوازدگی شدید قرار می گیرند و در نتیجه تکه های سنگی زیادی تولید و در اختیار پای دامنه ها قرارمی دهند.

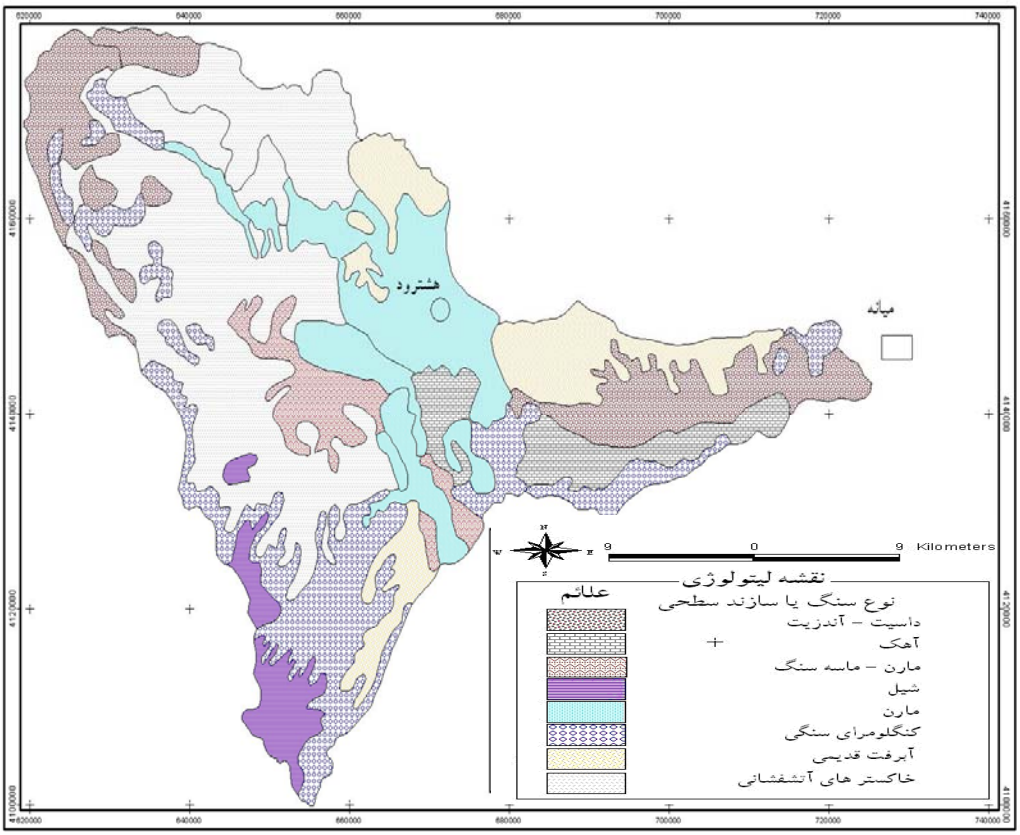
سنگ های آتشفشانی، مانند داسیت و آندزیت، گرچه از لحاظ بعضی از ویژگی ها با یکدیگرتفاوت هائی دارند، ولی تحول دامنه ها، نوع و نحوه حرکت مواد جدا شده از این سنگ ها با تفاوت های جزئی، تقریباً مشابه یکدیگر است. حرکاتی که در این مناطق به وقوع می پیوندند، بیشتر از نوع حرکات تخته سنگی و یا افتان ها[1] ویا ریزش ها و جریانات سنگی[2] هستند. مکانیسم این حرکات در این نوع سنگ ها دارای دو مرحله است. مرحله نخست، مربوط به مکانیسم جدایش سنگ ها می باشد که بیشتر در رابطه با افت دما و وجود رطوبت ناشی از نشست تکه های برفی است، زمینه را برای هوازدگی مکانیکی سنگ ها فراهم می سازند. مرحله دوم، مربوط به جابجائی مواد و یا تکه های سنگی جدا شده است که تحت نیروی ثقل و یا در اثر دخالت انسانی (عبور جاده، ایجاد برش برای استفاده از منابع طبیعی دامنه ها و....) صورت می گیرد. در طی این دو مرحله، تکه های سنگی بطور ناگهانی به پایین دامنه ها حرکت می کنند. در حوضه مورد مطالعه، در پای دامنه های متشکل از این سنگ ها، تکه سنگ های ریز و درشت انباشته شده اند که با کوچکترین حرکت، به صورت توده ای، به پایین ریزش می کنند. نحوه افت و جمع شدن این تکه های سنگی، بستگی به شکل دامنه های حوضه دارد. زمانی که شیب دامنه هاکم و یا دامنه ها ملایم بوده، سنگ ها به صورت میدان های سنگی جلوه گر شده اند و یا شیب توده های انباشته از سنگ های جدا شده در پای دامنه ها، کم است. اما زمانی که دامنه ها پرشیب و به صورت پرتگاهی هستند، جابجائی سنگ ها به صورت ریزش های سنگی صورت می گیرد.

رسوبات آذر آواری، شامل رخساره های متنوعی از رسوبات آتشفشانی هستند که تحول دامنه ها در هر یک از رخساره های متشکله، متاثر از ویژگی های آن بسیار متنوع است. بنابراین، با عنایت به شیب دامنه و نوع رخساره، اشکال متنوعی از دامنه ها و متناسب با آن اشکال مختلفی از حرکات توده ای در دامنه های مختلف حوضه قرنقوچای، می توان مشاهده نمود. رسوبات آذر آواری بخش وسیعی از حوضه قرنقو و دامنه شرقی سهند را

[1] Fall
[2] Rock Fall and Rock Flow

پوشانده است. وسعت زیاد این تشکیلات در حوضه، نقش کنترل کننده ای در مورفولوژی حوضه و دینامیک دامنه ای آن ایفا می کند. بنابراین، باید تمامی آنها به تفکیک مورد بحث قرارگیرند.

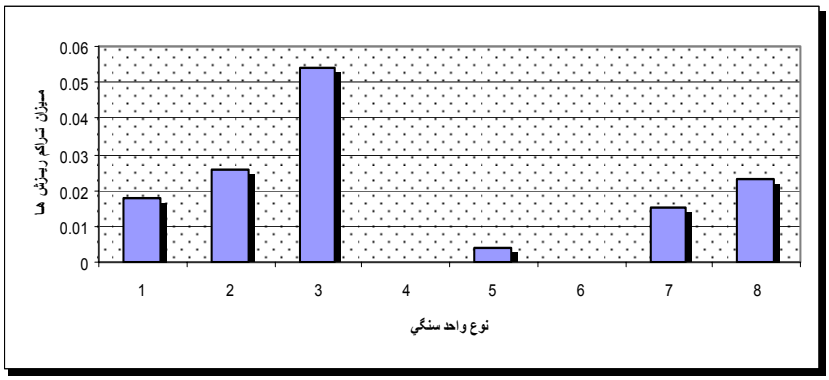
توف ها، مواد منفصل آتشفشانی هستند که تحت تاثیر آب و مخلوط شدن با خاکسترهای آتشفشانی، ایگنمبریت ها و پونس ها یک مجموعه را تشکیل می دهند. در حوضه قرنقوچای، بعضی از توف های دانه ریز و متراکم هستند و در سطوح آنها می توان وقوع لغزش ها و سولفیلوکسیون ها را مشاهده نمود. در طی بررسی های میدانی، ریزش های سنگی عمده ای در سطح آنها مشاهده نشده است. این سازندها در منطقه، در طی گذشت زمان به خاک های حاصل خیزی تبدیل شده اند و به تدریج در اثر تشکیل لایه ای از هوموس، به رنگ قهوه ای در آمده اند و از نظر خاک شناسی، افق های تکامل یافته ای در آن تشکیل شده و به لحاظ حاصل خیزی، به زیر کشت دیم رفته اند.



شکل (۳) نقشه انواع واحدهای سنگی در حوضه قرنقوچای (بیاتی خطیبی)

حرکات توده ای که در خاکسترهای نسبتاً درشت دانه صورت گیرد (متشکل از مواد ماسه ای – رسی) بیشتر از نوع جریانات ریزشی است. البته در محدوده هائی از حوضه نیز می توان این حرکات را به صورت لغزشی و یا ریزش ها و جریانات سنگی ریز دانه مشاهده نمود. اما در خاکسترهای ریز دانه، بیشتر می توان شاهد وقوع لغزش های سطحی و یا خزش هادرسطح دامنه ها بود. روستاهایی که برروی این مواد مستقرشده اند، معمولاً مصون از خطر ریزش های سنگی هستند، مگر این که نفوذی ها از میان خاکسترها سر برآورده باشند و تکه های جدا شده از آنها، روستاها را تهدید نمایند (شکل). در اطراف کوه آت داغی، که دامنه ها بیشتر متشکل از ماسه سنگ ها و

کنگلومرا می باشد. بیشتر حرکات توده ای ازنوع ریزشی های سنگی است. در این دامنه ها، وجود ماسه سنگ و کنگلومرای ریز دانه، در کنار یکدیگر سبب شده است که در اثر فرسایش دیفرانسیل، مواد ریزتر از سنگ ها جدا شوند و تکه های ریزتر بر جای بمانند و آنها نیز طی عملکرد فرآیندهایی، از سطوح سنگ ها جدا شده و به صورت سنگ های ریز و درشت، در قالب ریزش های سنگی، به پایین فرور یزند. در واقع لایه های متشکل از ماسه سنگ و کنگلومرا، باعث شده است که دامنه ها بیشتر به شکل کواستا تحول یابند. همین امر، سبب شده که حرکات ریزشی در سطح دامنه بوجود آید.



شکل(۴) میزان تراکم ریزش های سنگی بر روی انواع واحدهای سنگی (بیاتی خطیبی)

شکل(۵.) تهدید روستا توسط تکه سنگ های جدا شده از نفوذی هایی که از میان خاکسترها سر برآورده اند (یکی از روستاهای بالادست حوضه قرنقوچای)

جدول(۴) میزان تراکم ریزش های سنگی برروی انواع واحدهای سنگی(بیاتی خطیبی)

میزان تراکم ریزش های سنگی	تعداد پیکسل های ریزش ها برروی واحدهای سنگی	تعداد پیکسل های واحدهای سنگی	شماره	واحدسنگی
۰,۰۱۸	۳۱۴۴	۱۶۸۷۳۸	۱	داسیت –آندزیت
۰,۰۲۴	۱۰۸۵۶	۴۰۶۰۳۳	۲	خاکسترهای آتشفشانی
۰,۰۵۴	۱۱۳۷۸	۲۰۹۹۳۶	۳	کنگلومرای سنگی
۰	۰	۱۳۷۷۱۷	۴	آبرفت های قدیمی
۰,۰۰۴۷	۹۱۲	۱۹۰۸۸۱	۵	مارن
۰	۰	۵۷۸۳۶	۶	مارن –ماسه سنگ
۰,۰۱۵	۱۱۴۱	۷۲۷۴۳	۷	آهک
۰,۰۲۳	۱۱۴۰	۴۷۸۳۲	۸	شیل

ج- نقش احداث جاده هادربرهم زدن ثبات دامنه ها ووقوع ریزش های سنگی وتهدید این ساختارها توسط پدیدهای مذکور

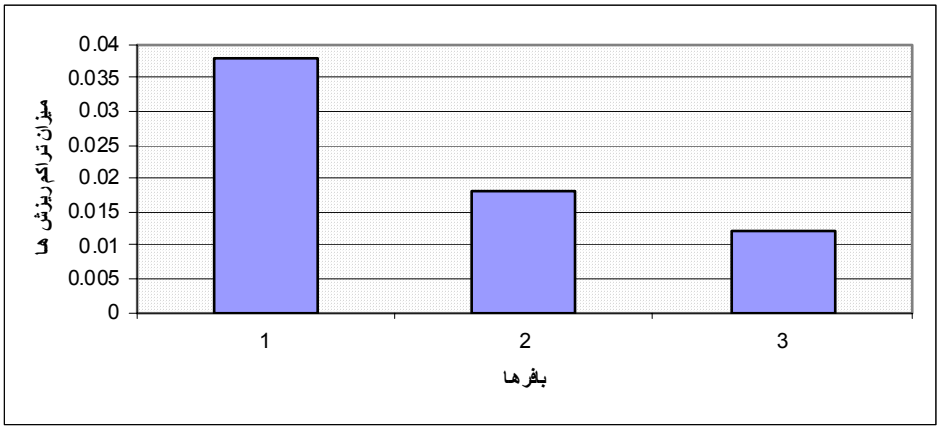
احداث جاده ها درکمرکش کوهستان ها، در بین ساختارهای انسانی، بیشترین نقش را در وقوع ریزش های سنگی داشته است. با ایجاد این خطوط ارتباطی در دامنه های سنگی، علاوه بر این که ثبات اولیه دامنه ها بر هم خورده و زمینه را برای تشدید هوازدگی سنگ ها مساعد ساخته است، در واقع با احداث جاده و به تبع آن، ایجاد مکان های پناهگاهی، زمینه برای نشست و دوام بیشتر تکه های برفی در دیواره مشرف به جاده فراهم و در نتیجه زمینه برای هوازدگی و جدایش تکه های سنگی مساعد شده است. در محیط های کوهستانی، بویژه در حوضه قرنقوچای، سطح چنین جاده هائی، هر ساله بعد از بارش برف و ذوب آنها و همچنین بارندگی های شدید، انباشته از سنگ های ریز و درشت می گردد و لذا به لحاظ ثبات لحظه ای همواره بر هم خوردن ثبات و خطر ریزش ناگهانی در این جاده ها وجود دارد (شکل های۸،۷،۶،۹).

روستاهای زیادی در دامنه های پر شیب حوضه که از ویژگی های خاص روستاهای آذربایجان است، مستقر شده اند این روستاها بوسیله شبکه گسترده ای ازخطوط ارتباطی بهم متصل شده اند این جاده ها گذشته از این که امکان دسترسی ساکنین روستاهای همجوار را به یکدیگر فراهم می سازند، اما به دلیل اینکه گذر این جاده ها از کمرکش کوه ها، ثبات اولیه دامنه ها را برهم می زنند (شکل۶)، مواد دامنه ای برای ایجاد توازون دوباره در دامنه ها، تحت تاثیر نیروی ثقل به پایین سرازیر می شوند و در سطح دامنه ها انباشته می شوند و رفت آمد روستائیان را با مشکل مواجه می سازند (شکل های ۶و۷). نشست طولانی مدت برف در دامنه های منطقه، مدت زمان ناپایداری دامنه ها را طولانی ترمی کند. با توجه به میزان شیب دامنه ها، ارتفاع و مواد سازنده دامنه ها، تنوع خاصی در ریزش های سنگی حوضه مشاهده می شود. در دامنه های متشکل از مواد آذر آواری، ریزش ها به صورت انبوهی از مواد ریز دانه است که معمولاً با ذوب برف و یا ریزش های شدید باران و یا در اثر رفت و آمد دام ها، در سطح جاده ها انباشته می شوند (شکل۷و۶).

شکل (۶) خطر وقوع ریزش های سنگی در جاده ای واقع درکمرکش ارتفاعات متشکل از مواد آذرآواری در بخش اعظم سال (انتهائی ترین جاده در بخش غربی حوضه)

ریزش در پای دامنه های متشکل ازگدازه ها و یا ماسه سنگ ها،به صورت تکه سنگ های بزرگ تراست که به هنگام ریزش ویا افت ناگهانی، بسیار مخرب هستند و پاک کردن سطح چنین دامنه هایی، دشوارتر از نمونه قبلی است (شکل۷). بررسی تراکم ریزش ها در اطراف اشکال خطی(جاده و آبراهه ها) نشان می دهد که در محدوده۵۰ متری از جاده ها و دره هائی که رودخانه های منطقه در آنها جاری هستند، بیشترین تراکم ریزش های سنگی مشاهده می شود که دلایل این امر، اختلاف سطح ایجاده شده بین کف دره و ارتفاعات مشرف به آن، و بین راس و پای دامنه است که امکان نشست برف و داوم بیشترآن در یکی از دیواره ها را فراهم می سازد. این اختلاف سطح و برش پای دیواره و مساعد شدن زمینه برای جدایش تکه سنگ ها و افت آنها به پایین دیواره ها و وجود رطوبت کافی در فواصل نزدیک به خطوط زهکشی، باعث می شودکه پای دره ها و سطح جاده ها، از سنگ ریزه های جدا شده انباشته گردند با فاصله گیری از این خطوط، از میزان تراکم ریزش های سنگی نیز کاسته می شود (شکل۸).

شکل (۷) انباشتگی تکه های سنگی که از ماسه سنگ جدا شده اند (نزدیک روستای گلشن آباد در بخش غربی حوضه قرنقوچای)



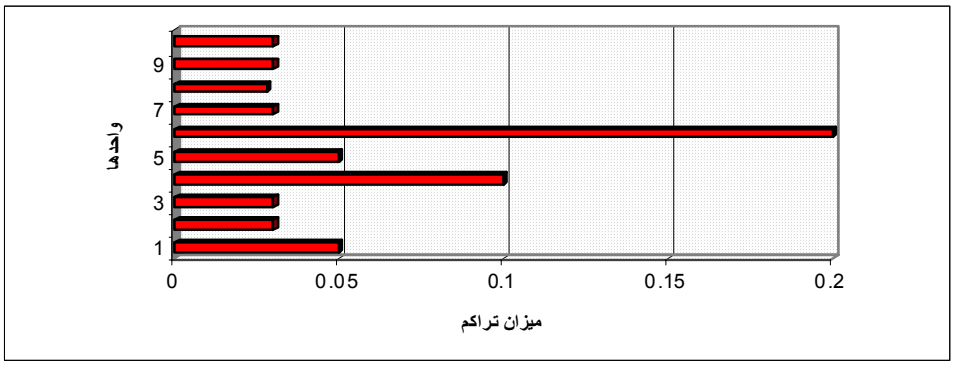
شکل(۸) میزان تراکم ریزش های سنگی در فاصله ۵۰متری (بافر ۱)،۱۰۰متری (بافر ۲) و ۱۵۰ متری (بافر ۳)در حوضه قرنقوچای (بیاتی خطیبی)

با عنایت به توضیحاتی که در مورد سهم عوامل طبیعی و انسانی دخیل در ریزش های سنگی ارائه شد (عوامل اقلیمی، ساختارهای انسانی، لیتولوژی و....)، می توان عوامل یاد شده را به عنوان عوامل اصلی زمینه ساز برای وقوع ریزش های سنگی به شمار آورد. تمامی عواملی که یاد شد، و عوامل دیگری که به نظر می رسید در وقوع ریزش ها دخیل هستند مدنظر قرارگرفته (جدول۶ و شکل۹)، و با دخیل دادن سهم هر یک، حوضه قرنقوچای از نظر پتانسیل

وقوع ریزش های سنگی، پهنه بندی شده است (شکل۱۰). برای مشخص شدن میزان تراکم و نحوه پراکندگی ریزش های سنگی برروی واحدهای مختلف، میزان چولگی و کشیدگی نیز محاسبه شده است (جدول ۶). بررسی میزان تراکم ریزش های سنگی بر روی واحدهای مختلف، مربوط به عوامل متنوع (جدول۶ و شکل ۱۰)، نشان می دهد که در مقایسه با عوامل مختلف، بیشترین تراکم ریزش های سنگی، در روی واحد گدازه های میوسن (عامل زمین شناسی) اما با چولگی و کشیدگی زیاد، صورت گرفته است که دلیل این امر مربوط به حاکمیت برف، اختلاف شدید دما و حساسیت این سنگ ها به تفاوت های دمائی است.

جدول(۶)عوامل مورد نظردرپهنه بندی وآماره های مربوط به عوامل دخیل دروقوع ریزش های سنگی حوضه قرنقوچای(بیاتی خطیبی)

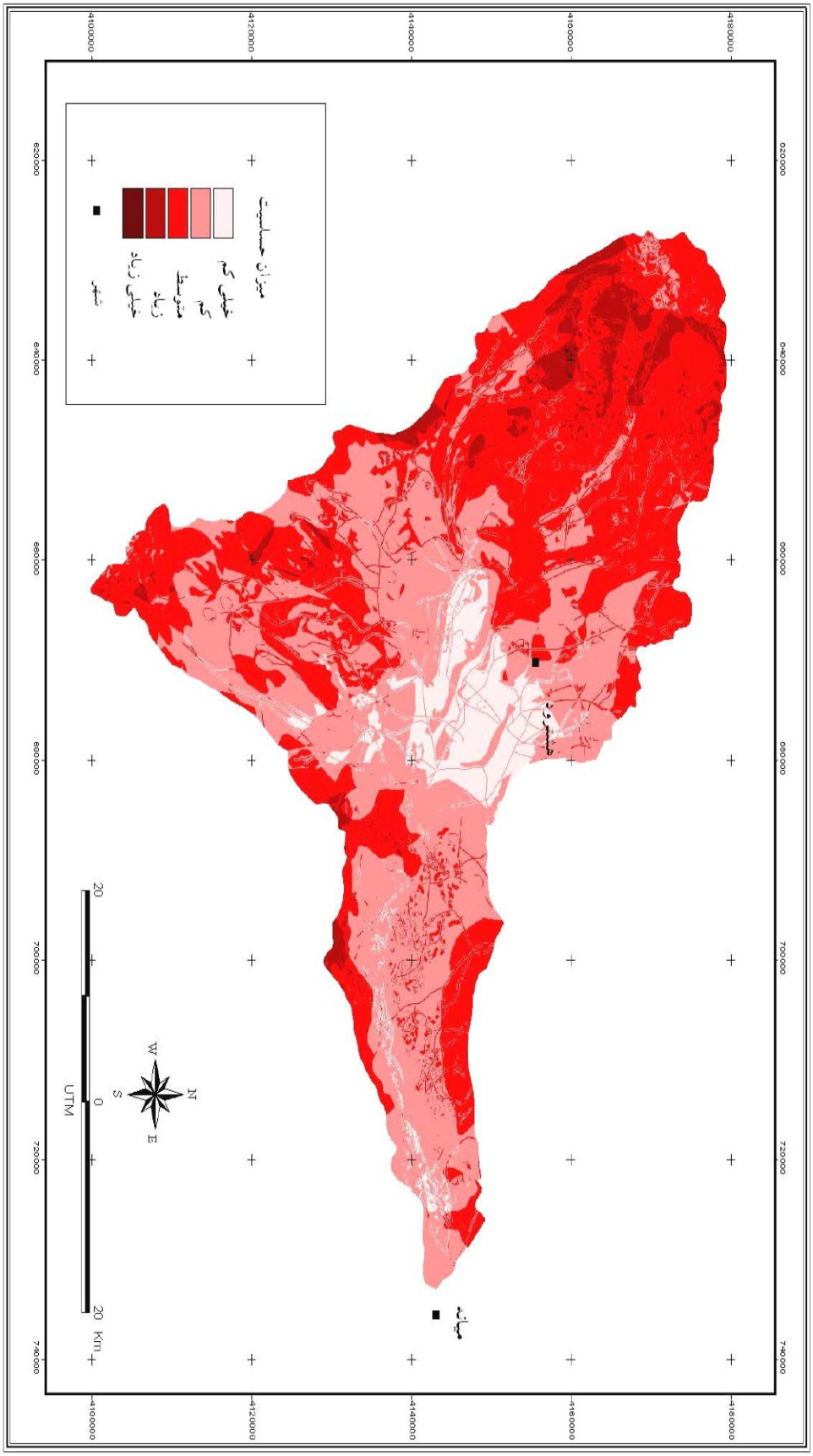
عامل	واحد	تعداد	دامنه	حداقل	حداکثر	انحراف استاندارد	واریانس	چولگی	کشیدگی	تراکم
لیتولوژی	کنگلومرای سنگی	۸	۰,۰۵	۰	۷,۵	۱,۶	۲,۷	۱,۴	۲,۴	۰,۰۵
کاربری	مرتع	۳	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۰۳	۷,۶	۵,۸	۰,۹۳	۰	۰,۰۳
شیب	۴۰-۴۵	۱۲	۰,۰۳	۰	۰,۰۳	۱,۱	۱,۲	-۰,۵۲	-۰,۹۵	۰,۰۳۷
ژئومورفولوژی	لغزش های قدیمی	۸	۰,۱	۰	۰,۱	۳,۳	۱,۱	۲,۱	۴,۸	۰,۱
بارش	۴۱۳-۴۴۸	۹	۰,۰۵	۰	۰,۰۵	۱,۱	۳,۱	۱,۵	۲,۳	۰,۰۵
زمین شناسی	گدازه های میوسن	۱۵	۰,۲۶	۰	۰,۲۶	۶,۶	۴,۳	۳,۶	۱۳,۹	۰,۲
گسل	بافر۵۰متری	۳	۰,۲	۰,۰۱	۰,۰۳	۱,۱	۱,۲۹	۱,۲	۰	۰,۰۳
آبراهه ها	"	۳	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۳	۹,۸	۹,۷	۱,۲	۰	۰,۰۲۸
روستا	"	۳	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۳	۹,۷	۹,۴	۱,۰۱	۰	۰,۰۳
جاده	"	۳	۱۷,۹	۰,۰۱	۱۸,۰	۱۰,۳۸	۱۰۷,۷	۱,۷	۰	۰,۰۳



شکل (۹)بیشترین میزان تراکم ریزش های سنگی درروی واحدهای مختلف برروی نقشه های عامل

در این شکل :۱)لیتولوژی ،کنگلومرای سنگی ۲)کاربری،مرتع ۳)شیب، ۴۰-۴۵ ۴)ژئومورفولوژی، لغزش های قدیمی ۵) بارش، ۴۱۳-۴۴۸ ۶)زمین شناسی ،گدازه های میوسن ۷)گسل ۸)آبراهه ها ۹)روستا ۱۰)جاده (بیاتی خطیبی)

بر اساس نقشه پهنه بندی خطر وقوع ریزش های سنگی، می توان گفت که ۲۸ روستا از مجموع روستاهای مستقر در شیب های تند منطقه، در محدوده هائی با خطر ریزش خیلی بالا قرار گرفته اند که عمدتاً در ارتفاعات غربی، جنوب غربی، جنوب و جنوب شرقی واقع شده اند، بیش از ۴۵ روستا، در محدوده با خطر زیاد و روستاهای حدوداً با همین تعداد، در محدوده با خطر متوسط، بیش از ۲۵ روستای حوضه نیز در محدوده با خطر کم و خیلی کم قرار گرفته است. اگر مساحت کل حوضه و مساحت محدوده های پهنه بندی شده در پنج طبقه مختلف (با خطر کم، خیلی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) مد نظر قرار گیرد، می توان نتیجه گیری نمود که ۳۶/۷ درصد از مساحت حوضه در محدوده ای با خطر خیلی کم، ۱۸/۴۲ درصد در محدوده با خطر کم، ۴۳,۹ در صد در محدوده ای با خطر متوسط، ۴۸/۶ درصد در محدوده ای با خطر زیاد و ۰۶۵/۰ درصد در محدوده ای با خطر خیلی زیاد قرار گرفته است.



شکل(۱۰) .پهنه بندی خطرریزش های سنگی درحوضه قرنقوچای(بیاتی خطیبی)

- نتیجه گیری

با عنایت به مواردی که در فوق و در مباحث قبلی ذکر شد، می توان نتیجه گیری نمود که، بخش قابل توجهی از سطوح واحدهای سنگی و رسوبی حوضه قرنقوچای، خصوصاً کوهپایه ها و دامنه ها، توسط واریزه های حاصل از خردشدگی مکانیکی و دگرسائی سنگ ها پوشیده شده است. بافت و دانه بندی این نهشته ها به عنوان تابعی از مقاومت و جنس سنگ، شیب دامنه، شرایط اقلیمی و به تبع آن عملکرد متفاوت انواع فرآیندهای فرسایش فیزیکی و شیمیائی متداول در منطقه و در نتیجه میزان خطرات ناشی از وقوع آنها در بخش های مختلف حوضه متفاوت می باشد.

با عطف به پراکندگی و گسترش وسیع انواع رخنمون های آهکی، ماسه سنگی و کنگلومرائی، با سیمان آهکی، در بخش های مختلف حوضه و تغییرات ویژگی های شیمیائی آنها در رابطه با شرایط حاکم اقلیمی و پوشش گیاهی، اشکال مختلفی درروی آنها مشاهده می شود که نتیجه عملکرد فرآیندها در رابطه با سایر رخدادهای فرسایشی بر روی رخنمون های توده سنگی است که به صورت اشکال انحلالی و در سایر مناطق به شکل توسعه پوشش های تخریبی برجانمایان شده اند. در مناطقی که توف ها، خاکسترهای آتشفشانی، به عنوان مواد سطحی قالب هستند، می توان شاهد وقوع ریزش های سنگی به صورت توده ای بود که اغلب در اثرخالی شدن پاشنه دامنه ها به گونه های مختلف صورت می گیرند. در محدوده هائی که سنگ های آذرین، مانند آندزیت و داسیت ارتفاعات را تشکیل داده اند، اغلب ریزش های سنگی به صورت جدایش مجزای تکه سنگ های بزرگ از سنگ اصلی و انباشتگی آنها در پای دامنه ها است که به هنگام افت، می توانند خسارات سنگینی را به ساختارهای انسانی وارد سازند. در محدوده هائی که پوشش سطحی ارتفاعات، متشکل از، سنگ های رسوبی، به مانند ماسه سنگ و کنگلومرا است، وقوع ریزش های سنگی به فراوانی رخ می دهد و حرکات سنگ های جداشده، هم به صورت توده ای و هم به صورت تکه های مجزا صورت می گیرد.

منابع

۱- آدابی، محمد حسین و سیدرضا حرمی. (۱۳۷۷): نقش لیتولوژی در رانش زمین درشمال شرق خراسان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال سیزدهم. شماره۱۰۱,۵۱-۹۰.

۲- آل کثیر، عبدالامیر، (۱۳۷۴): پژوهش های ژئومورفولوژی و هیدرومورفولوژی دامنه شرقی سهند (حوضه آبریز قرنقوچای ـ آذربایجان شرقی). پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۳- بیاتی خطیبی، مریم .(۱۳۸۳): بررسی علل وقوع جریانات واریزه ای در دامنه های شمالی قوشه داغ. نشریه دانشکده علوم انسانی واجتماعی. شماره ۳. صص ۵۲-۷۳.

۴- تجویدی، گیتی،(۱۳۸۱): مقدمه ای برسیستم اطلاعات جغرافیائی، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور.

5-Agyei, Y. G. (2005): Erosion risk assessment of controlled burning of grasses established on steep slopes. Journal of Hydrology.vol, 45:1-15.

6-Anderson, M. G and Rechards, k. (1987): Modelling Slope Stability: the Complimentary nature of geotechnical and geomorphological approachs. John wiley and Sons. 550p.

7-Ayala, I. A. (2002): Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. Geomorphology. vol, 47:107-124.

8-Blijenberg, H. (1998): Rolling Stones, Ph.D thesis. Universitet Utrecht.

9-Decaulne, A. and Saemundsson, T. (2006): Geomorphic evidence for present-day snow–avalanche and debri-flow impact in the Icelandic Westfjiords. Geomorphology. vol, 62:102-130.

10- Ferrara,V and Pappalardo, G. (2005): Kinematic analysis of rock falls in an urban area: the case of Castelmola hill near Taormina (Sicily, Italy). Geomorphology. vol, 66: 373-383.

11- Faustimi, J. M and Jones, J.A. (2003): Influence of large woody debris on channel morphology and dynamics in steep, boulder-rich mountain Streams, western Cascades, Oregon, Geomorphology. Vol, 51: 175-187.

12- Hurlimann, M., Copons, R. and Altimir, J. (2006): Detailed debris flow hazard assessment in Andorra: A multidisciplinary approach. Geomorphology. vol, 62, 42-65.

13- Irmler, R. Daut, G. and Mausbacher, R. (2006): A debris flow calendar derived from sediments of lake Lago di Braies, Italy. Geomorphology. Vol, 62, 122-140.

14- Jaeger,C. De and M, De, Dapper, (2005): Geomorphological hazard mapping in the Wadi Mujib Canyon based on Russian stereoscopic TK-350 satellite images. Geomorphological hazard. htm.

15- Matthews, J. A., Brunsden, D. and weib, M. (1997): Rapid mass movement as a Source of Climatic evidence for the Holocene. Fisher, Vol, 19: 17-31.

16- Terlien, M. T. J., Louw, P. G. B. T. Van Asch, J. and Hetterschij, R. A. A. (1996): The assessment and modeling of hydrological failure conditions of landslides in the Puriscal region and Manizales region. Advances in hillslope processes ,vol, 2:832-855.

17- Van Westen, C. J and Soeters, R. (1997): Predication of the Occurrence of Slope instability Phenomena trough GIS-Based hazard Zonation. ITC, Vol, 86 :404 – 414.

18- VanWesten, C. J., Rengers, N. and M.T.J, Terlien (1997): Prediction of the occurrence of slope instability phenomena through GIS-based hazard zonation .Geol Rundsch 86:404-414.

19- Wash, S. J., Butler, D. R., Malanson, G. P, Crews-Meyer, K. A, Messina, J. P. and N, Xio (2003): Mapping ,modeling and visualization of the influences of geomorphic processes on the alpine treeline ecotone, Glacier National park, MT, USA. Geomorphology. 53: 129-145.

20- Watterson, A and Jones, J. A.(2006): Flood and debris flow interactions with roads promote the invasion of exotic plants along steep mountain streams,western Oregon. Geomorphology. vol, 62, 150-171.