



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۳

پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۱۷-۱

منیژه قهرودی تالی^۱

محمد رضا ثروتی^۲

رسول حسنی قارنایی^۳

تحلیل ناپایداری های حاصل از نهشته های یخچالی در حوضه رود زاب کوچک

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۱/۲۵

چکیده

حوضه رودخانه زاب کوچک بویژه در ارتفاعات غربی و شمالی در دوره های یخبندان قلمرو فعالیت یخچالی بوده و آثار کاوشی این یخچال ها به صورت سیرک ها و دره های یخچالی برجای مانده است. اثر دیگر یخچال ها در این حوضه ته نشین شدن نهشته های یخچالی بر روی دامنه ها و بستر رودها می باشد که امروز سبب وقوع حرکات دامنه ای می شود. این پژوهش بر اساس نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، داده های راداری سنجنده Aster با پیکسل های ۳۰ متری، تصاویر LISS III و Pancromatic از ماهواره ی IRS هند، داده های اقلیمی سال های ۱۳۸۷ - ۱۳۶۵، محدوده نهشته های یخچالی تعیین گردید و سپس عوامل موثر در ناپایداری این نهشته های شناسایی شد. برای به دست آوردن شرایط ترکیب مناسب لایه ها در پهنه بندی ناپایداری ها از روش ترکیب وزنی استفاده شده است؛ زیرا در این روش امکان استفاده از متغیرهای ناهمسان، مقایسه آن ها و همچنین ارائه ضریب برای هرکدام از متغیرها وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در حوضه زاب کوچک پتانسیل بالایی در ناپایداری دامنه ای وجود دارد.

E-mail: M-Ghahroudi@sbu.ac.ir

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی

۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی

قلمرو با ناپایداری زیاد و خیلی زیاد بر دامنه های سیرک های یخچالی و دره های منتهی به این سیرک ها قرار دارد. همچنین تراس های به وجود آمده در حواشی دره های رود بستر ناپایداری دارد. بویژه در تراس های برجای مانده در ارتفاع ۱۶۰۰ متری در روستای سیلوه و بالادست آن در نزدیکی روستای زیوکه و ماشکان که از نهشته های یخچالی می باشند، بیشتر مساحت ناپایدار منطقه را تشکیل داده است. مخروطه افکنه ها و تراس های رودخان های این حوضه امروزه در معرض تغییرات شدید قرار گرفته است. ماهیت نهشته های یخچالی از یک طرف و تحریک پذیری آن ها از طریق فعالیت های اقتصادی انسان از طرف دیگر، شرایط مخاطره آمیزی را ایجاد نموده است، به طوری که زمین های کشاورزی که روی تراس ها به وجود آمده دچار رانش هستند. ریزش های متعدد در دره های حاشیه ی جاده اتفاق افتاده است که در هنگام بارندگی، جلوی آب و مواد همراه را تا اندازه ای سد می کند و طغیان ناگهانی آب ها می تواند جاده ی ارتباطی و پل های آن را تهدید کند. مراکز پرورش ماهی و سکونتگاه های روستایی ساخته شده در کنار رودخانه و روی نهشته های سست یخچالی در معرض خطر ناپایداری زمین قرار دارند.

کلید واژه ها: نهشته های یخچالی، ناپایداری دامنه ای، پیرانشهر، روش ترکیب وزنی.

مقدمه

در دوره های یخچالی کشورهای کوهستانی منطقه خاورمیانه از جمله ایران به دلیل بالاتر بودن ارتفاع کوهستان ها از برف مرز و همچنین شرایط مناسب اقلیمی و توپوگرافی مانند درجه حرارت، جهت باد، میزان بارندگی و جهت دامنه ها دارای یخچال های متعدد بوده اند که حجم عظیمی از نهشته های یخچالی توسط زبانه های یخی به دامنه ها و کوهپایه ها حمل شده است (Kurter, 1986:1-33; Horvath, 1975). وجود اقلیمی خشک در دوره های بین یخچالی سبب شد که بخش اعظم این نهشته های در دامنه ها و کوهپایه ها باقی بماند و امروزه بستری ناپایدار را برای سکونتگاه ها و فعالیت های انسانی ایجاد نماید. این ناپایداری ها هنگامی که با بارندگی های شدید، یا تکان های زمین و پدیده های مشابه همراه شوند، مخاطره آمیز خواهند بود. برای مثال جریان های واریزه ای مخاطره آمیز در اثر بارندگی های شدید در نهشته های یخچالی منطقه آلپ، حجم زیادی از مواد سخت نشده را به حرکت در آورد (Chiarle, et. al. 2007: 123-136). پژوهش دیگری نشان داد که در مناطقی که در معرض خطر تکان های زمین می باشند، ناپایداری های ناشی از نهشته های یخچالی تشدید می شود (McCalpin and Hart, 2003:35-36). گودی، ۲۰۱۰، رابطه تغییرات اقلیمی و وقوع لنداسلایدها را بررسی نمود و بر نقش تغییرات اقلیمی در ناپایداری دامنه ای در مناطقی پوشیده از نهشته های یخچالی تأکید نمود. (Goudie, 2010: 245-256) مطالعات متعدد دیگر

خطر وقوع لند اسلاید ها را در نهشته های مورنی اواخر پلیوستسن مطرح کرده اند (McCalpin and Hart, 2003;)
 187-202 (Gutiérrez et al. 2008). ضرورت مطالعه ناپایداری های حاصل از نهشته های یخچالی زمانی بیشتر
 آشکار می شود که یخچال ها به عنوان مکان های توریستی مورد توجه باشند از جمله تنها جاده ارتباطی به یخچال
 آتاباسکا^۱ در آرژانتین که از یخرفت های کناری پوشانده شده است در معرض مخاطرات ناشی از ناپایداری دامنه ای
 می باشد (Hugenholtz, 2009: 97). پژوهش های متعدد دیگری نیز وجود دارد که بر ناپایداری نهشته های یخچالی
 تاکید کردند از جمله ناپایداری دامنه ای در ارتفاعات پایین در دره ریومندوزا در آرژانتین^۲ (Moreiras, 2004: 345-
 357)، مطالعات جاسپ لیکن^۳ در نهشته های یخچالی دره یوسمیت^۴ کالیفرنیا در سال ۱۸۷۵ (LeConte, 1875)،
 مطالعات مجدد در مخاطرات ناشی از ناپایداری در نهشته های یخچالی دره فوق (Wieczorek, et. al, 2008:421-
 432). بررسی ناپایداری نهشته های یخچالی در دره رود سانتا^۵ (e.g. Lomnitz C1971: 535-542, Plafker G et al.
 1971: 543-578). مطالعات (Burger et.al,1999:93-132) می باشند.

از آنجا که بخش اعظم شهرها و روستاها و همچنین فعالیت های انسانی در ایران به مناطق کوهپایه ای و دامنه ای
 اختصاص دارد و آثار یخچال ها در ایران در مناطق شمالی و غربی و حتی در دامنه های کوهستان های بلند مرکزی
 ایران نیز وجود دارد، لذا ضرورت مطالعه ناپایداری های نهشته های یخچالی در کشور ما وجود دارد. دره های
 یخچالی کوهستان قندیل و نواحی مجاور آن که توسط یخچال ها ایجاد شده اند، شاهد انواع حرکت های توده ای
 بویژه ریزش^۶، لغزش های سنگی^۷، واریزه ها^۸، روانه های سنگریزه^۹ و لغزش های چرخشی^{۱۰} می باشند. این دره ها
 که در دوره های یخبندان کانال های تخلیه یخ بوده اند، حجم عظیمی از نهشته های یخچالی را در دامنه های خود
 انباشته کرده است و شرایط را برای حرکت های دامنه ای فراهم ساخته اند. پیشینه مطالعات نشان می دهد که
 حرکات دامنه ای در دامنه های حوضه زاب کوچک از آنجا ناشی می شود که در دوره های یخچالی در این حوضه

1 -Athabasca

2 -the Rio Mendoza Valley, Argentina

3 -Joseph LeConte

4 -Yosemite

5 -the Santa River valley

6- Rock falls

7- rock slides

8- Debris slides

9- debris flows

10- slump

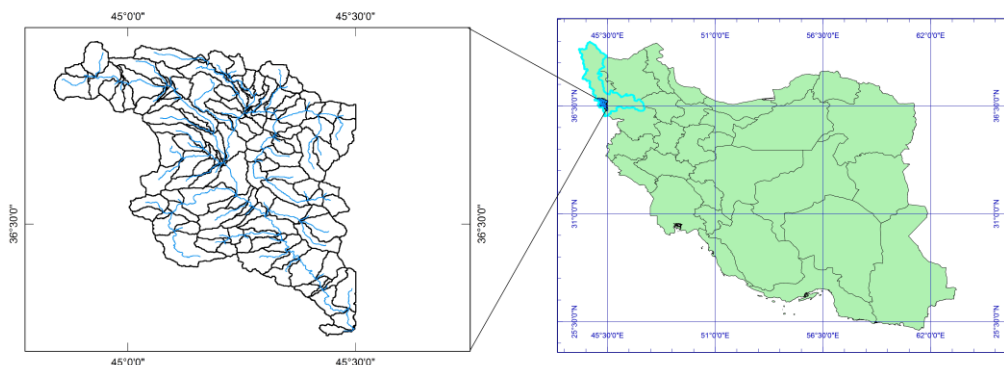
ارتفاع خط برف دائمی تا ۱۶۰۰ متری پایین آمده است^۱ و حجم نهشته های تولید شده در اثر فرسایش یخچالی در دوره های بین یخچالی دامنه های این حوضه را پوشانده است، زیرا امکان به وجود آمدن رواناب های شدید که بتواند چنین حجمی از رسوب را حرکت بدهد، نبوده است و همچنین در شرایط حاضر قدرت هوازگی در این منطقه به اندازه ای نیست که بتواند این مقدار نهشته های را ایجاد کند. نهشته های یخچالی به صورت تراس های آبرفتی در کنار بستر رودها، به شکل مخروط افکنه در دهانه خروجی رودهای فرعی و در دامنه های این حوضه دیده می شوند که امروزه بستر مناطق مسکونی، فعالیت های کشاورزی و عمرانی می باشند، از جمله محور ارتباطی پیرانشهر - سردشت، سکونتگاه های روستایی، زمین های کشاورزی و مزارع پرورش ماهی و... بر روی این نهشته های یخچالی ایجاد شده اند. دامنه های تند و نهشته های نفوذپذیر و منفصل یخچالی، زمینه ساز ناپایداری های دامنه های در این منطقه هستند. در این تحقیق توزیع فضایی عوامل تشدید کننده ناپایداری در نهشته های یخچالی حوضه زاب کوچک به منظور تعیین پتانسیل ناپایداری مورد بررسی قرار گرفته است.

ویژگی های جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه ی زاب کوچک در شهرستان پیرانشهر در جنوب غربی استان آذربایجان غربی قرار دارد (شکل ۱). حوضه رودخانه ی زاب از دو مجموعه ی کوهستانی ارتفاعات سپی ریز^۲، کانی خودا^۳ و ارتفاعات قندیل^۴ تشکیل شده و دارای شواهد متعددی از یخچال ها می باشد (شکل ۲ الف، ب، ج و د). جهت کلی این ناهمواری ها شمال غربی - جنوب شرقی است و خط تقسیم آب آن ها مرز ایران و عراق را تشکیل می دهد. اولین مطالعات در یخچال های این منطقه توسط پدرامی در ۱۹۸۲ انجام شد که یخچال های دره ای در ۱۶ تا ۲۱ کیلومتری جنوب پیرانشهر در آبخورده، گوپر و بیکوس را شناسایی نمود و مرز ارتفاعی حدود ۱۸۰۰ تا ۱۸۵۰ متر را برای آن ها تعیین نمود و همچنین بر اساس نوشته های او یخچال کوچک بیکوس پایین تر از ۲۷۵۰ متری دره ای آبی دارد که مورن های وورم دیرین تا ارتفاع ۱۳۵۰ متری آن دیده می شود (Pedrami, 1982). نتایج مطالعات خضری و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که دامنه های غربی و شمالی این حوضه به علت جذب آب بیشتر و تبخیر کمتر، از دامنه های شرقی و جنوبی دارای پتانسیل ناپایداری بیشتری می باشند (خضری و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۶۷ - ۱۴۳).

۱ - بنا بر مطالعات رایج در دره های موازی با دره ی زاب کوچک در خاک عراق مانند بترکیم و دره های شمالی کوهستان هلگورد، ارتفاع خط برف دائمی در این منطقه در حدود ۱۶۰۰ متر بوده است (Wright: 1962, 131-168).

2- Spyrez
3- Kany Khoda
4- Qandil



شکل ۱- موقعیت حوضه زاب کوچک



ب: دره یخچالی شیخ آیش (Sheikh Aysh)

الف: سیرک فرعی حصار قندیل



د: نهشته های یخچالی در حواشی پیرانشهر

ج: مورن پیشانی یخچال قندیل

شکل ۲- شواهد دوره یخچالی در حوضه زاب کوچک

زمین های این منطقه عمدتاً از آهک های دگرگون شده می باشد. تناوب آهک و شیل در بیشتر محدوده دیده می شود. البته در ارتفاعات شمال غربی توده های نفوذی (گرانیت و آمفیبولیت) وسعت قابل توجهی دارند. فشارهای وارده بر

منطقه باعث شکستگی‌های فراوان شده است. از جمله‌ی این گسل‌ها، گسل فعال پیرانشهر می‌باشد که به طول ۹۰ کیلومتر از پیرانشهر تا سردشت امتداد دارد. از نظر اقلیمی این منطقه، یکی از بیشینه‌های بارشی در غرب ایران می‌باشد. میزان بارش سالانه ۶۷۸/۶ میلی‌متر و میانگین دما ۱۱/۹ درجه سلسیوس است. نوسان سالانه دما در نواحی کوهستانی بسیار بالا است. حداکثر مطلق دما ۳۹/۲ درجه و حداقل مطلق دما ۲۸/۶ - درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. رودخانه زاب کوچک، زهکش اصلی منطقه از ارتفاعات شمال غربی سرچشمه می‌گیرد و پس از دریافت شاخه‌های متعدد از جنوب غربی سردشت وارد کشور عراق می‌شود. دبی سالانه‌ی آن ۱/۷ میلیارد متر مکعب می‌باشد (خضری و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۶۷ - ۱۴۳).

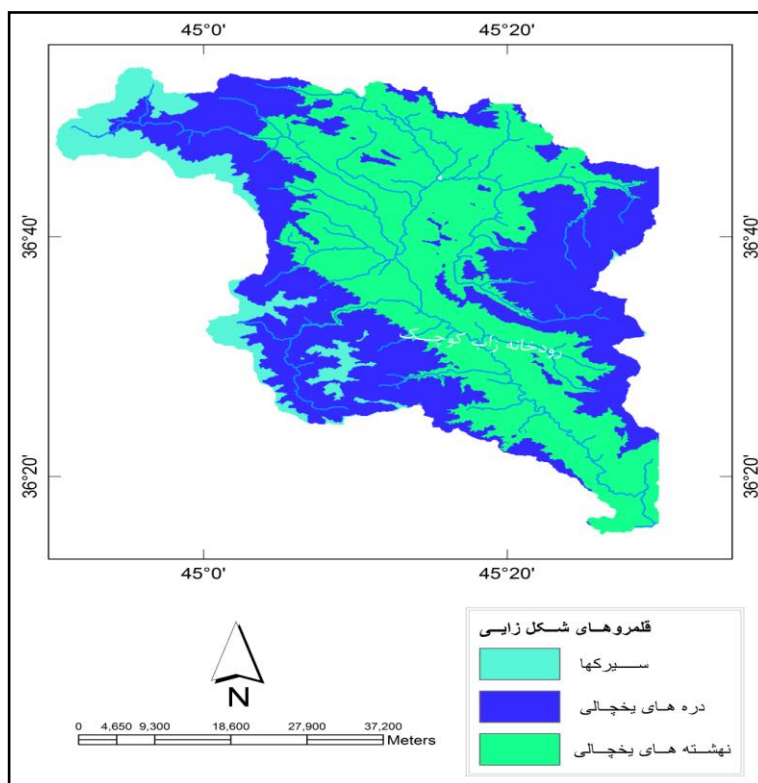
مواد و روش‌ها

این پژوهش بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، داده‌های راداری سنجنده Aster^۱ با پیکسل‌های ۳۰ متری، تصاویر LISS III و Pancromatic از ماهواره‌ی IRS هند، داده‌های اقلیمی سالهای ۱۳۸۷ - ۱۳۶۵ از ایستگاه سینوپتیک پیرانشهر و ۴ ایستگاه باران سنجی و مشاهدات میدانی طی مراحل زیر انجام شده است:

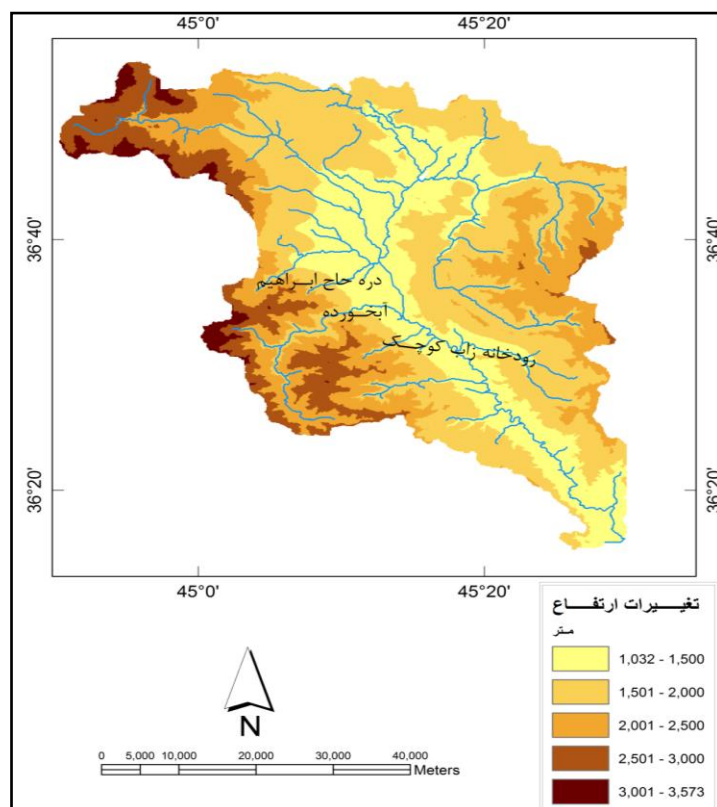
- محدوده نهشته‌های یخچالی بر اساس شواهد میدانی و داده‌های راداری سنجنده Aster تعیین گردید به این ترتیب که بر اساس مطالعات انجام شده، گرادیان دما در زاگرس ۶.۷ درجه سلسیوس در هر ۱۰۰۰ متر می‌باشد (Zaitchik, et al. 2007, 4133-41460) و بر اساس داده‌های اقلیمی میانگین دمای آگوست در ارتفاع ۱۴۵۵ متری ۱۶ درجه است بنابراین دما در ارتفاع حدود ۲۶۵۰ متری به صفر می‌رسد. همچنین بر اساس روش رایت (Wright, 1962: 131-168) و منحنی‌های میزان به دست آمده از داده‌های راداری سنجنده Aster، بیش از ۶۰ درصد سیرک‌ها بالاتر از ارتفاع ۲۶۵۰ متری می‌باشند. بنابراین بالاتر از این ارتفاع به عنوان قلمرو یخچال‌ها و ارتفاع پایین‌تر به عنوان قلمرو مجاور یخچالی در نظر گرفته شد. مشاهدات میدانی نشان داد که در این منطقه در ارتفاعات بالاتر از ۱۷۵۰ متر که عمدتاً دره‌های یخچالی قرار دارند، حجم یخرفت‌ها ناچیز است و فعالیت‌های انسانی کم است لذا ضرورت داشت که این محدوده از قلمرو نهشته‌های یخچالی تفکیک شود بنابراین از قلمرو ارتفاعی سیرک‌ها تا ارتفاع ۱۷۵۰ متری محدوده دره‌های یخچالی و از ارتفاع ۱۷۵۰ متر به پایین به عنوان قلمرو نهشته‌های یخچالی تعیین شد (شکل ۳).

1-The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM)

- چون بخشی از نهشته های یخچالی توسط پوشش گیاهی تثبت شده است لذا تراکم پوشش گیاهی به عنوان یک شاخص موثر در ناپایداری دامنه ای در نظر گرفته شد و برای تهیه آن، ابتدا شاخص NDVI از ترکیب تصاویر^۱ LISS III و PAN از ماهواره ی IRS هند تهیه شد، سپس بر اساس مطالعات میدانی به نقشه تراکم پوشش گیاهی تبدیل گردید. مطالعات میدانی پراکندگی استپ های علفی، گونزارها، جوامع ارس و بلوط را به ویژه در دره های غربی نشان می دهد و همچنین گونه های دارمازو، پسته وحشی، زالزالک، بادام و ... در دره ی پردانان، آبخورده، بیکوس، دولنیه و محور پیرانشهر به سردشت تا ارتفاع ۱۷۵۰ متری و حداکثر ۲۰۰۰ متر پراکنده است. بنابراین جوامع درختی به عنوان حداکثر تراکم پوشش گیاهی در نظر گرفته شد (شکل ۴). با توجه به کاهش پوشش گیاهی، شاخص NDVI به نقشه تراکم پوشش گیاهی تبدیل شد و بستر های سنگی برونزد در نقشه به عنوان یک طبقه مجزا استخراج گردید (شکل ۵).



شکل ۳- قلمروهای شکل زایی در حوضه زاب کوچک



شکل ۶- تغییرات ارتفاع در حوضه زاب کوچک

۴- بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک پیرانشهر و ۴ ایستگاه باران سنجی در اطراف آن، میانگین بارش برای یک دوره ۲۳ ساله (۱۳۸۷ - ۱۳۶۵) محاسبه و بعد از انجام عمل درون یابی به روش IDW نقشه میانگین بارش به عنوان یک لایه در محاسبه ناپایداری در نظر گرفته شد (Ghahroudi, Alijani, 2009: 995-1003) (شکل ۷).

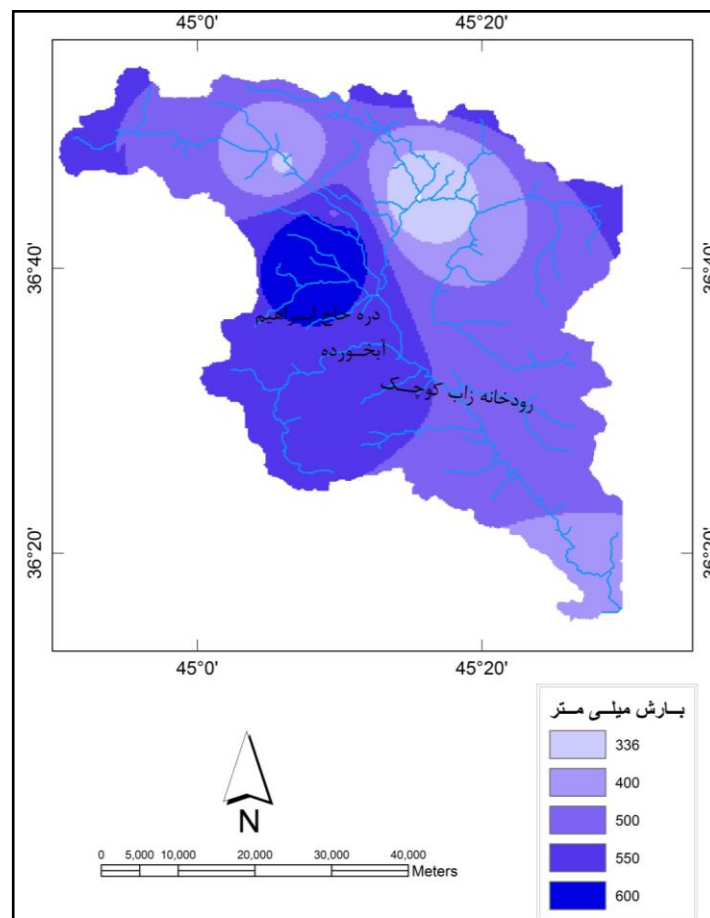
- شبکه دائمی این منطقه شامل رود زاب کوچک است که از ارتفاعات شرقی پیرانشهر یعنی لندی شیخان^۱ و قلاتی شای^۲ و ارتفاعات شمال غربی (کوه سپی ریز^۳) سرچشمه می گیرد. شاخه های فرعی این رود کانی خودا^۴ و رود لیکن نیز دائمی هستند. از طرفی دامنه رودها پوشیده از نهشته های یخچالی است که دارای میان لایه های آبرفتی نیز می باشند و بر اساس شیب و جهت دامنه، با ناپایداری هایی از نوع ریزش یا لغزش روبرو هستند. مشاهدات میدانی نشان داد که بیشتر ناپایداری ها در دامنه های نزدیکتر به شبکه های زهکشی اتفاق افتاده است. لذا از شبکه دائمی رودها و شبکه فصلی برای تعیین فاصله از بستر رودها استفاده شده است.

1 -Landi Shekhan

2 -Ghallaty Shay

3 -Spi Rez

4 -Kani Khoda



شکل ۷- میانگین بارش سالانه (سالهای ۱۳۸۷-۱۳۶۵)

- برای به دست آوردن شرایط ترکیب مناسب لایه ها در ارزیابی ناپایداری ها از روش ترکیب وزنی^۱ با استفاده از ArcObjects در محیط ArcGIS استفاده شده است. مهم ترین مزیت های این روش یکی ترکیب متغیرهای ناهمسان است. به عبارت دیگر این روش هر نوع وزن دهی سطوح مختلف متغیرها را می پذیرد و نیازی به وزن دهی در بازه یکسان ندارد. دوم در این روش امکان مقایسه متغیرها و ارائه ضرایب برای هر کدام از عوامل وجود دارد. ضرایب متغیرها در این روش نقش عامل در مدل را بازی می کند به بیانی دیگر سهم هر متغیر با ضرایب تعیین نمی شود، بلکه ضرایب نسبتی از متغیرها را در ترکیب بیان می دارد. معادله کلی روش ترکیب وزنی به صورت زیر است که در آن raster ها، متغیرهای مورد استفاده، influence ضرایب متغیرها، field وزن متغیرها، remap تابع اجرایی در اعمال وزن و ضریب و out_raster نتیجه محاسبات بر اساس جدول ۱ می باشد (Getis, and Aldstadt, 2004: 90- Mitchell, 2005) 104.

در این پژوهش با توجه به مشاهدات میدانی، وزن سطوح مختلف متغیرها و (معادله کلی روش ترکیب وزنی) ضرایب لایه ها تعیین شده است و نحوه دخالت متغیرها در ترکیب بر اساس نقش نسبی که در ناپایداری داشته اند، تعریف گردید.

جدول ۱- وزن و ضرایب متغیرها در روش ترکیب وزنی

تغییرات متغیرها					ضرایب	متغیرها
محدوده نهشته های یخچالی		محدوده های یخچالی		محدوده ها	۱	قلمروهای شکل زایی
۹		۷		۱		
برونزد های سنگی	بدون پوشش گیاهی	تراکم کم	تراکم متوسط	تراکم زیاد	۰.۷۵	تراکم پوشش گیاهی
۹	۷	۵	۳	۱		
۲۶۹۰ - ۳۵۸۹	۲۲۷۵ - ۲۶۹۰	۱۹۰۰ - ۲۲۷۵	۱۵۸۱ - ۱۹۰۰	۱۰۳۲ - ۱۵۸۱	۰.۲۵	میزان ارتفاع (متر)
۹	۷	۵	۳	۱		
۹۰-۹۰	۸۷-۸۹	۷۹-۸۶	۵۱-۷۸	۳-۵۰	۰.۲۵	میزان شیب (درجه)
۹	۷	۵	۳	۱		
۵۰۹/۹ - ۶۰۰/۹	۴۷۳/۷ - ۵۰۹/۹	۴۴۴/۷ - ۴۷۳/۷	۴۰۲/۳ - ۴۴۴/۷	۳۳۶/۱ - ۴۰۲/۳	۰.۲۵	میانگین بارش سالیانه (میلی متر)
۹	۷	۵	۳	۱		
فاصله های دور از بستر		فاصله های متوسط		فاصله های نزدیک	۰.۷۵	فاصله از بستر رودها
۱		۵		۹		

چون قلمرو نهشته های یخچالی بیشترین ناپایداری های دامنه ای را نشان می دادند، لذا بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. دره های یخچالی نیز تواتر بالایی از ناپایداری های دامنه ای را دارا هستند، لذا قلمرو سیرک ها وزن کم گرفتند. چون ناپایداری دامنه ای تحت تاثیر کامل نهشته های یخچالی قرار دارد، لذا این متغیر با ضریب ۱ در تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. مشاهدات میدانی نشان می دهد که رابطه تراکم پوشش گیاهی و فاصله از بستر رودها با پتانسیل ناپایداری معکوس است، لذا سطوح مختلف این دو متغیر با فاصله های یکسان بر اساس فراوانی هر طبقه، به طور نزولی وزن دهی شد و از طرفی چون این دو متغیر با قلمرو های شکل زایی نیز ارتباط معنی داری دارند، بنابراین با ضریب کمتر از متغیر اول یعنی ۰/۷۵ در تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند. متغیرهای میزان ارتفاع،

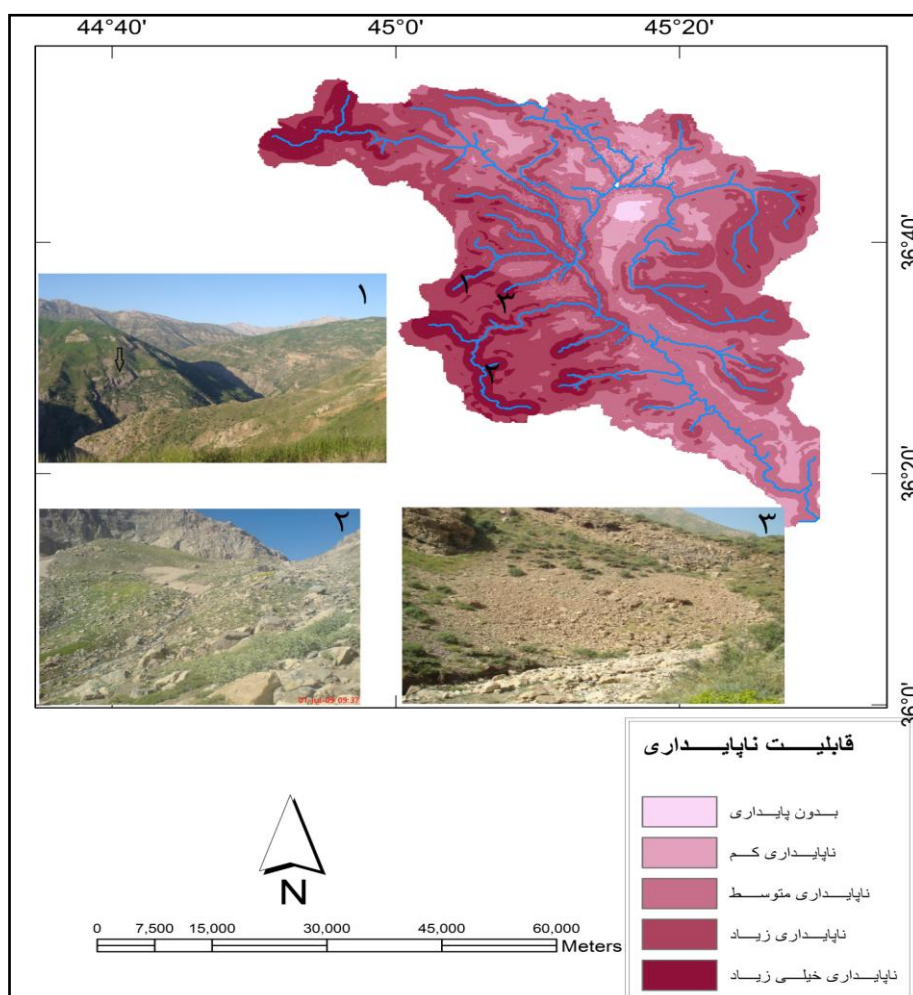
میزان شیب و میانگین بارش سالانه با وقوع ناپایداری دامنه ای رابطه مستقیم دارند و افزایش آن ها سبب افزایش پتانسیل ناپایداری دامنه ای می شود (البته به شرطی که شرایط سایر متغیرها مناسب باشد)، بنابراین به ترتیب صعودی وزن دهی شدند و از طرف دیگر چون ارتباط این متغیرها با پتانسیل ناپایداری دامنه ای به سایر متغیرها وابسته است، لذا ضریب ۰/۲۵ برای آن ها در نظر گرفته شد.

یافته های تحقیق

با توجه به نقشه پهنه بندی ناپایداری های دامنه ای (شکل ۸) و مشاهدات میدانی، حوضه زاب کوچک دارای پتانسیل ناپایداری دامنه ای می باشد. قلمرو با ناپایداری زیاد و خیلی زیاد بر دامنه های سیرکهای یخچالی و دره های منتهی به این سیرک ها قرار دارد که شواهد میدانی نیز نشان می دهد که دره های منتهی به رودخانه ی زاب به ویژه در قسمت شمالی آن (محدوده ی شهرستان پیرانشهر) آثار فرسایش یخچالی را در خود حفظ کرده اند. ارتفاعات غربی شهرستان پیرانشهر از سرچشمه های رود زاب کوچک در شمال غربی (ارتفاعات سپی ریز) تا جنوب غربی (ارتفاعات قندیل) تحت تأثیر یخچال های کوهستانی بوده اند. تراس های به وجود آمده در حواشی دره های رود بستر ناپایداری ها را نشان می دهد، بویژه در تراس های برجای مانده در ارتفاع ۱۶۰۰ متری نزدیک روستای سیلوه و بالادست آن و نزدیک روستاهای زیوکه و ماشکان که از نهشته های یخچالی می باشند، بیشتر مساحت ناپایدار منطقه را به خود اختصاص می دهند. نهشته های یخچالی در فاصله ی ۱۵ تا ۲۱ کیلومتری پیرانشهر که توسط پدرامی (۱۹۸۲) در دره ی رودخانه ی آبخورده، بیکوس و کوپر شناسایی شده بود نیز در این پژوهش جزو مناطق ناپایدار می باشد.

تراس های بالایی رودها که مربوط به دوره های قدیمی تر عصرهای یخچالی هستند اغلب سیمانی شده اند، اما تراس های میانی و پایین هنوز سست هستند. سستی و بافت ناهمگون نهشته های شرایط ناپایداری را برای آن ها مهیا کرده است. نفوذ آب های سطحی و آب های ناشی از ذوب برف فصل سرد و بارش های بهاری به کمک شیب تند دامنه ها، تغییر کاربری زمین و زیرشویی رودخانه ها مجموعه عواملی هستند که سبب وقوع ناپایداری در تراس های کنار رودها می شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که دامنه های شمالی و شمال شرقی ناپایدار هستند زیرا این دامنه ها بیشتر در سایه قرار دارد و امکان تبخیر از خاک در آنجا کم است. مناطق با ناپایداری کم، با نواحی هموار و کم شیب و همچنین با نواحی که تراکم پوشش گیاهی به تثبیت دامنه ها کمک می کند، مطابقت دارد. عکس ۱ از شکل ۸ لغزش زمین در دره دولنیه را نشان می دهد که بر پهنه های ناپایداری خیلی زیاد قرار گرفته اند. همچنین عکس های ۲ و ۳ از همان شکل به ترتیب مربوط به تجمع نهشته های یخچالی در دره شرقی و ریزش سنگ در دره ی آبخورده می باشد که در قلمرو ناپایداری خیلی زیاد هستند.

به منظور ارزیابی نتایج حاصله، جدول شماره ۲ از همپوشانی لایه ناپایداری دامنه ای و متغیرهای شیب، بارش، میانگین ارتفاع و تراکم پوشش گیاهی تهیه شده است. همچنان که این جدول نشان می دهد افزایش شیب و کاهش پوشش گیاهی ناپایداری را افزایش می دهد اما در تشدید ناپایداری، دارای آستانه شیب ۶۰ درجه و زمین های بدون پوشش گیاهی می باشند، در حالی که با افزایش میانگین بارش سالیانه و میانگین ارتفاع ناپایداری افزایش می یابد. در جدول هم پوشانی از لایه فاصله از بستر رودها استفاده نشده است، زیرا همانطور که شکل ۸ نشان می دهد قلمرو های با ناپایداری زیاد و خیلی زیاد در اطراف بستر رودها قرار گرفته است که مشاهدات میدانی نیز بیانگر آن است. لایه قلمروهای شکل زایی نیز به دلیل گستردگی و محاسبه آن بر اساس تابعی از ارتفاع، حذف شده است.



شکل ۸- قابلیت ناپایداری دامنه ای در حوضه زاب کوچک

بحث و نتیجه‌گیری

در حوضه‌ی رودخانه زاب کوچک بویژه در ارتفاعات غربی و شمالی آن، مواریثی از فعالیت یخچالی وجود دارند. تخلیه‌ی مواد تخریب شده به پایین دست سبب ایجاد دره‌های پرشیب در کوهستان و تراس‌های رودخانه‌ی در بیرون از کوهستان شده است. دامنه‌های پرشیب دره‌ها با توجه به وضعیت فعلی اقلیم، بویژه نوسان دما در اطراف صفر درجه به صورت یخبندان و ذوب سبب تشدید ناپایداری نهشته‌های یخچالی و افزایش حجم جریان‌های واریزه و مخروط‌های واریزه‌ای در دامنه‌ها شده است.

جدول ۲- همپوشانی لایه ناپایداری دامنه‌ای و تعدادی از متغیرهای موثر

قابلیت ناپایداری	بازه شیب به درجه	بازه بارش به میلی متر	میانگین ارتفاع به متر	تراکم پوشش گیاهی
پایدار	۳-۵۰	۳۵۰-۴۰۰	۱۴۸۳	تراکم زیاد
ناپایداری کم	۲۵-۶۰	۳۵۰-۴۰۰	۱۵۶۶	تراکم متوسط تا زیاد
ناپایداری متوسط	۶۰-۷۰	۴۲۰-۵۰۰	۱۶۵۱	تراکم کم تا متوسط
ناپایداری زیاد	۶۰-۹۰	۵۰۰-۵۷۰	۲۰۵۴	زمین‌عریان و بسترهای سنگی
ناپایداری خیلی زیاد	۷۰-۹۰	۵۵۰-۶۰۰	۲۴۲۱	زمین‌عریان و بسترهای سنگی

در محدوده مورد مطالعه ناپایداری‌ها از تنوع زیادی برخوردار است (شکل ۹). روانه‌های گلی در نهشته‌های ریزدانه‌ی سطحی حتی در جاهایی که پوشش گیاهی خوبی دارند، رخ می‌دهند. لغزش‌های چرخشی و انتقالی در دیواره‌ی پرشیب تراس‌ها یا در محل وقوع زیرشویی رودخان‌های به وقوع می‌پیوندند، زیرا عمل زیرشویی به جابه‌جایی مواد روی دامنه کمک می‌کند. به علت اختلاف لیتولوژی مواد تراس‌ها در برابر فرسایش موجب شکستگی لبه‌های جلو آمده مواد سیمانی شده و به دنبال آن پدیده ریزش سنگ صورت می‌گیرد. نمونه‌های زیادی از ریزش‌های بزرگ سنگ در مسیر جاده‌ی پیرانشهر- سردشت وجود دارد که از جهات مختلف می‌تواند مخاطره‌آمیز باشد (Hugenholtz, 2009: 97). به طوری که تعدادی از ریزش‌های سنگی در دره‌های حاشیه‌ی جاده اتفاق افتاده است و در هنگام بارندگی، جلوی آب و مواد همراه را سد می‌کند و سبب طغیان ناگهانی آب‌ها و تهدید جاده‌ی ارتباطی و پل‌های آن می‌شود زیرا به استثنای پل رودخانه‌ی بادین‌آباد، دهانه بقیه پل‌ها کوچک هستند و گنجایش تخلیه آب حاصل از طغیان‌های ناگهانی و شدید را ندارند. به دلیل آنکه مسیر جاده از روی نهشته‌های تراس‌های میانی عبور می‌کند، ریزش‌های سنگی مخاطرات متعددی را برای جاده ارتباطی ایجاد می‌کند.

فرسایش یخچالی در حوضه زاب کوچک شیب‌های تندی در دامنه‌ها ایجاد کرده است و از طرف دیگر مواد تخلیه شده از کوهستان تراس‌هایی را شکل داده است که به دلیل سست بودن استعداد بالایی برای ناپایداری دارند، بویژه

اگر با تکان های زمین نیز همراه شوند (McCalpin and Hart, 2003). نقشه ی پوشش گیاهی منطقه نشان داد که بیش از ۶۰٪ مساحت این حوضه بدون پوشش گیاهی و یا دارای برونزد های سنگی است و جزو مناطق با قابلیت ناپایداری بالا می باشند. همچنین بیشتر پهنه های ناپایدار در دره های یخچالی کوهستان قندیل، مخروطه افکنه ها و تراس های یخچالی - رودخانه ی قرار دارند و این در حالی است که مخروطه افکنه ها و تراس های رودخان های توسط فعالیت های انسانی دچار تغییرات شدید شده است. ماهیت نهشته های یخچالی از یک طرف و تحریک پذیری آن ها به وسیله فعالیت های اقتصادی انسان از طرف دیگر، شرایط مخاطره آمیزی را ایجاد نموده و سبب شده که زمین های کشاورزی روی تراس ها در معرض رانش و جاده های ارتباطی در معرض ریزش، فرسایش خندقی و تخریب ناشی از سیل قرار گیرند. مشاهدات میدانی تأکید نمود که مراکز پرورش ماهی و سکونتگاه های روستایی ساخته شده در کنار رودخانه و روی نهشته های سست یخچالی در معرض تهدید جدی قرار دارند که ضرورت مطالعات ژئومورفولوژیکی در این محیط را نشان می دهد.



شکل ۹- لغزش زمین غرب پیرانشهر

منابع

- خضری، س، روستایی، ش، رجایی، ع (۱۳۸۵)، «پهنه‌بندی و تحلیل سلولی ناپایداری دامنه‌ای در بخش مرکزی حوضه‌ی آبریز رودخانه رودخانه‌ی زاب کوچک»، *نشریه‌ی دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی*، شماره ۲۲، صص ۱۶۷ - ۱۴۳.
- رامشت، م ح (۱۳۸۲)، «نظریه کیاس در ژئومورفولوژی»، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۱، صص ۳۶-۱۳.
- رایت، هـ (۱۹۸۶)، «العصر الجلیدی البلاستوسینی فی کردستان»، ترجمه: فؤاد حمه خورشید، بغداد، بدون ناشر.
- شهیدی، ع (۱۳۸۲) «نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه سردشت با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰»، تهران، سازمان زمین‌شناسی.
- Burger, K.c, Degenhardt, J.J, Giardino, J.R.(1999), "Engineering geomorphology of rock glaciers", *Geomorphology*, 31: 93-132.
- Chiarle, M, Iannotti, S, Mortara, G, Deline, P, (2007), "Recent debris flow occurrences associated with glaciers in the Alps", *Climate Change Impacts on Mountain Glaciers and Permafrost*, 56(1-2):123-136.
- Ghahroudi, T.M, Alijani, B, (2009), "Estimating Snow Budget of Karaj Dam Reservoir", *American Journal of Applied Sciences*, 6 (5): 995-1003.
- Getis, A. Aldstadt. J. (2004), "Constructing the spatial weights matrix using a local statistic". *Geographical Analysis*, 36(2): 90-104.
- Goudie, A.S, (2010), "Geomorphological hazards and global climate change", In: Alcántara- Ayala, I. Goudie, A.S. (Eds.), *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention*, Cambridge University Press, 245-256.
- Gutiérrez, F, et al. (2008), "Late Quaternary episodic displacement on Sackung scarp in the central Spanish Pyrenees", Secondary Paleoseismic Evidence, *Geodinámica Acta* 21 4:187-202.
- Horvath, E, (1975), "Glaciers of Turkey, Armenian S.S.R. and Iran, in Field", W.O, ed, Mountain glaciers of the Northern Hemisphere, pt. I I I Glaciers of Southern Asia: Hanover, N.H, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, 343359.
- Hugenholtz, C, (2009), "Terrain instability and tourism at the Athabasca glacier". CANQUA-CGRG Biennial Meeting. Simon Fraser University, Burnaby Campus, Burnaby, British Columbia. 97.
- Kurter, A, (1986), "Glaciers of the Middle East and Africa, Glaciers of Turkey", U.S. Geological Survey Professional Paper 1386-G-1.
- LeConte, J. N, (1875), "A *Journal of Ramblings through the High Sierras of California, San Francisco*", Francis and Valentine.

- Lomnitz, C, (1971), "The Peru earthquake of May 31, 1970: Some preliminary seismological results", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 61:535-542.
- McCalpin, J.P, Hart, E.W, (2003), "Ridge-top spreading features and relationship to earthquakes, San Gabriel Mountain region", Southern California. Contributions 3 and 4. In: Hart, E.W. (Ed.), *Ridge-Top Spreading in California, Contributions Toward Understanding a Significant Seismic Hazard*. California Geological Survey, CD 2003- 05, disk 1 of 2.
- Mitchell, A, (2005), "*The ESRI Guide to GIS Analysis*", Volume 2. ESRI Press.
- Moreiras, S.M, (2004), "Landslide susceptibility zoning in the Rio Mendoza Valley, Argentina", *Geomorphological Hazard and Human Impact in Mountain Environments*, 66(1-4): 345-357.
- Pedrami, M, (1982), "*Pleistocene glaciations and paleoclimate in Iran*", Geological Survey of Iran.
- Plafker, G, Ericksen, G.E, Concha, J.F, (1971), "Geological aspects of the May 31, 1970, Perú earthquake", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 61:543-578.
- Wiczorek, G. F, et al. (2008), "Investigation and hazard assessment of the 2003 and 2007 Staircase falls rock falls", Yosemite National Park, California, USA: *Natural Hazards and Earth Systems Science*, V. 8, 421-432.
- Wright, H.E. Jr, (1962), "*Pleistocene glaciation in Kurdistan: Eiszeit-alter und Gegenwart*", 12:131-164.
- Zaitchik, B.F, Jason, P. E, Ronald, B.S, (2007), "Regional Impact of an Elevated Heat Source: The Zagros Plateau of Iran", *Journal of Climate, American Meteorological Society*, 20: 4133-4146.