پژوهش‌های کاربردی در علوم زمین، شماره ۹، پاییز ۱۳۹۷، ص ۴۲- ۳۴

http://www.jocs.ir

مجله علمی پژوهش‌های کاربردی در علوم زمین (سال سوم)
شماره ۹ / پاییز ۱۳۹۷ / ص ۴۲ - ۳۴

ارزیابی مورفومتریکی ارتفاعات جنوبغرب گلپایگان

داود بیرجندی[۱]، رضا درخشانی[۲]، شهرام شفیعی بافتی[۲]، حامد چتروز[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۲]دانشیار، بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۳]دانش آموخته کارشناسی ارشد، بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

نام نویسنده مسئول:

رضا درخشانی

چکیده

اندازه‌گیری شاخصهای مهم مورفوتکتونیکی و تلفیق این شاخصها با روش AHP در محیط GIS حوضه آبریز گلپایگان را از منظر تکتونیکی فعال نشان می دهد. اندازه‌گیری کمی این شاخصها اجازه می دهند تا به طور واقعی و معقول سیماهای زمین شناسی مختلف را با یکدیگر مقایسه کرده و در تشخیص و توصیف میزان فعالیت تکتونیکی به کار برد. در این پژوهش سعی شده است با محاسبه شاخصهای مورفومتریک از قبیل سینوسیتی پیشانی کوهستان (Smf)، درصد مسطح شدگی پیشانی کوهستان (Facet%)، نسبت عرض کف دره به عمق دره (Vf) و مقطع دره (نسبت V)، مطالعه عکسهای هوایی و پردازش تصاویر ماهواره ای و استخراج و بارزسازی خطواره ها، میزان فعالیت تکتونیکی در حوضه آبریز شهرستان گلپایگان اندازه‌گیری شود. عدم وقوع زمین لرزه‌های بزرگ در این منطقه باعث گردیده که گلپایگان به عنوان یکی از مناطق بی حرکت و پایدار در حاشیه شمالی زاگرس در نظر گرفته شود؛ در حالی که شواهد موفوتکتونیکی وجود گسل هایی نسبتاً فعال با روندهای موازی و یا عمود بر روند راندگی اصلی زاگرس را نشان می دهد. هریک از شاخص های مورفوتکتونیکی اندازه گیری‌شده به صورت لایه های رقومی درآورده شد و با روش فازی AHP در محیط GIS با هم ادغام و نقشه نهایی آماده شد. با توجه به نقشه نهایی بیشترین فعالیت در غرب شهرستان گلپایگان تشخیص داده شد.

کلمات کلیدی: زمین شناسی، تکتونیک، ژئومورفولوژی، زاگرس.

مقدمه

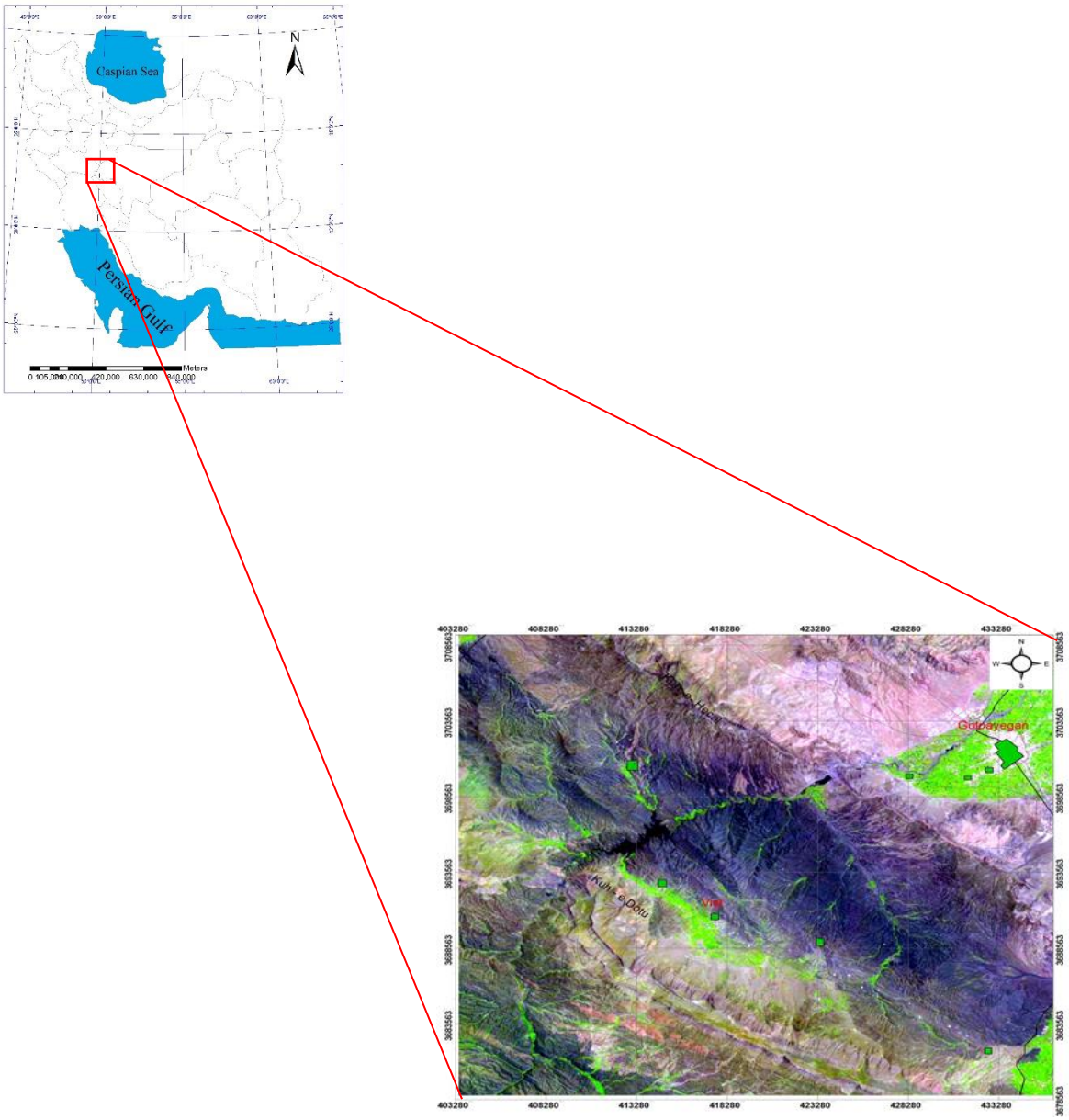
حوضه آبریز گلپایگان در تقسیم بندی ساختاری ایران در محدوده دگرگونی سنندج - سیرجان و در حاشیه شمالی رشته کوههای زاگرس قرار گرفته است (شکل ۱). این ناحیه سرگذشت و تغییرشکل نسبتاً پیچیده‌ای در طی دوران های مختلف زمین شناسی داشته است. ناحیه سنندج - سیرجان جزء ناآرامترین و به عبارتی، فعال ترین ناحیه ساختاری ایران به شمار می رود و تا مزوزوئیک، فازهای دگرگونی و آذرین مهمی را پشت سر گذاشته است [۱]. حرکات بعد از لارامید در شکل گیری این ناحیه به ویژه منطقه مورد مطالعه نقش مهمی داشته است [۲]. این حرکات تمام ساختارهای چین خورده و رانده شده را در میوسن بالایی تا پلیوسن شدیدا فشرده است. پس از میوسن با ایجاد کشش های جانبی در بعضی نقاط ناحیه، گسل های عادی گسترش یافتند و حوضه ها و فرورفتگی هایی در طول حاشیه شمالی زاگرس تشکیل شدند [۳]. در اواخر حرکات فشارشی و طی برخورد بین صفحات عربی و ایران مرکزی، در کنار حرکات معکوس گسل های حاشیه شمالی زاگرس، حرکات راستالغز راستگرد نیز بوجود آمد. عدم وقوع زمین لرزه های ویرانگر در این منطقه باعث گردیده که گلپایگان به عنوان یکی از مناطق بی حرکت و پایدار حاشیه شمالی زاگرس در نظر گرفته شود. در حالی که شواهد نوزمین ساختی وجود گسل هایی فعال و بزرگ با روندهای $NW-SE$ و $NE-SW$ به طور موازی و یا عمود بر روند راندگی اصلی زاگرس را نشان می دهد. اصطلاح مورفوتکتونیک بیان‌کننده‌ی ارتباط بین ژئومورفولوژی و تکتونیک است و در بسیاری از موارد مورفوتکتونیک، برابر تکتونیک ژئومورفولوژی در نظر گرفته می‌شود [۴]. مورفومتری، اندازه‌گیری کمی شکل چشم اندازهای روی زمین می باشد که می تواند در غالب متغیرهای ساده‌ای چون اندازه، ارتفاع (بیشترین، کمترین و متوسط) و شیب انداز ه گیری شود [۵]. این اندازه گیری ها شرایطی را فراهم می آورند تا زمین شناسان به مقایسه چشم اندازهای مناطق مختلف پرداخته و شاخصه های ژئومورفیک را در اختیار داشته باشند، تا با آنها برای توصیف و شناسایی وضعیت مناطق با تکتونیک فعال اقدام نمایند [۶]. در این مقاله با بررسی شواهد زمین شناسی مختلف و تاثیر آن در تکتونیک فعال منطقه گلپایگان پرداخته شده است.

منطقه گلپایگان

بررسی تصاویر هوایی و ماهواره ای و شواهد صحرایی نشان می دهد که دو سیستم گسلش اصلی در منطقه گلپایگان وجود دارد که به ترتیب اهمیت و فراوانی عبارتند از گسل های با روند NW-SE، و گسل های با روند NE-SW.

الف: سیستم گسلهای با روند NW-SE: گسلهای این سیستم با روند شمال غرب - جنوب شرق به موازات راندگی اصلی زاگرس امتداد یافته اند و علاوه بر مولفه معکوس، حرکت راستالغز راستگرد نیز دارند. این گسل ها، سیستم غالب گسلش در منطقه را تشکیل می دهند. این گسلها باعث جابجایی و تکه تکه شدن گسلهای قدیمی تر و واحدهای سنگی و در نهایت ایجاد دره‌های خطی با روند شمال غرب - جنوب شرق به موازات ناحیه گسلی گردیده‌اند که به خوبی در بخشهای شمال غرب و جنوب شرق منطقه مورد مطالعه قابل تشخیص است [۷]. آثار حرکتی این گسلها را می توان از روی جابجایی واحدهای سنگی، مخروطهای افکنه عهد حاضر و خش گسلی آنها تشخیص داد. در بخشهای شمال غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه، گسلهای این سیستم بسیار فعال هستند و شواهد لرزه ای تاریخی و قرن بیستم متعددی از آنها به ثبت رسیده است.

ب: سیستم گسلهای با روند NE-SW: گسلهای این سیستم با روند شمال شرق- جنوب غرب تقریبا عمود بر ناحیه راندگی زاگرس امتداد یافته اند. در امتداد این گسلها تشکیلات سنگی قدیمی و در بعضی نقاط پی سنگ پرکامبرین بیرون زدگی دارد. مطالعات صحرایی و شواهد لرزه ای نشان می دهد که این گسلها دارای ساز و کار عادی بوده و در بعضی نقاط مولفه های راستالغز چپگرد نیز نشان می دهند. عملکرد این گسلها باعث گردیده که در بخشهای مرکزی منطقه گلپایگان ساختارهای فرازمین و فروزمین به وجود آید. این ساختارها با روند شمال شرق - جنوب غرب عامل بالا قرارگرفتن قطعه موته به صورت فرازمین و پایین قرار گرفتن دشتهای گلپایگان و خمین در دو طرف آن به صورت فروزمین شده اند [۷]. این مجموعه گسل، از گسل های موازی با زاگرس که قبلا اشاره شد، قدیمی تر می باشند. آثار پادگانه‌های آبرفتی در امتداد گسلهای این سیستم نشان دهنده جابجایی قائم این گسلها است.



شکل ۱- موقعیت منطقه گلپایگان در گستره نقشه جغرافیایی ایران

روش مطالعه

با توجه به اینکه اندیسهای کمی مورفومتریک می توانند منعکس کننده میزان فعالیت نسبی تکتونیکی منطقه باشند، لذا با محاسبه تعدادی از این اندیسها مانند سینوسیتی پیشانی کوهستان (Smf)، درصد مسطح شدگی پیشانی کوهستان (Facet%)، نسبت عرض کف دره به عمق دره (Vf) و مقطع دره (نسبت V)، وضعیت تکتونیک فعال منطقه را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده و منطقه را از لحاظ بیشترین وکمترین فعالیت تکتونیکی بطور نسبی پهنه بندی نمود.

سینوسیتی پیشانی کوهستان (Smf) نسبت طول جبهه کوهستان (Lmf) به طول مستقیم در جبهه کوهستان (Ls) تعریف شده است [۸, ۹]. شاخصه‌ی سینوسیتی پیشانی کوهستان از توازن بالایی برای شناسایی مناطق تکتونیکی برخوردار می باشد [۱۰]. این شاخص یک توازن بین شدت و تمایل آبراهه ها را برای ایجاد یک جبهه نامنظم و پیچ و خم دار و فعالیت تکتونیک قائم جهت ایجاد یک جبهه مستقیم نشان می دهد. از این رو می توان مقادیر بالاآمدگی برای یک جبهه کوهستان را با مقادیر پیچ و خم یا سینوسیتی معین ارتباط داد و با محاسبه این شاخص مقادیر بالاآمدگی نسبی و فعالیت یک جبهه کوهستان پیش بینی گردد. جبهه‌ی کوههایی که با بالاآمدگی فعال و جوان همراه بوده Smf تقریبا ۱ است، اما اگر میزان بالاآمدگی کاهش یافته و یا صفر گردد، فرایند فرسایش باعث تشکیل یک جبهه پرپیچ

و خم می گردد. لازم به تذکر است که جنس سنگ های جبهه کوهستان و مقاومت آنها در برابر عوامل فرسایش می تواند در مقدار شاخص Smf موثر باشد.

شاخص درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان را اولین بار ولز [۱۱] مطرح کرده است، این شاخص عبارت از نسبت درصد طول سطح در جبهه کوهستان (Lf) به طول خط مستقیم جبهه کوهستان (LS) می باشد. درصدهای بالای این شاخص نشانگر فعال بودن جبهه کوهستان است [۱۱].

شاخص دیگری که در این منطقه مورد بررسی قرار گرفته، شاخص نسبت عرض کف دره به عمق دره (Vf) است که از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌گردد [۹].

$$VF = \frac{2V_{fw}}{[(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]} \quad (۱)$$

در این رابطه Vf معرف نسبت عرض کف دره به عمق دره، Vfw پهنای کف دره، Eld و Erd به ترتیب ارتفاع دیواره سمت چپ و راست دره و Esc ارتفاع کف دره است. مقادیر کم این نسبت منعکس کننده‌ی دره‌های عمیق با جریانهایی است که معمولاً قدرت برش آنها بسیار زیاد بوده و نشانگر بالاآمدگی در طول مدت کم می‌باشد. حالت این دره ها بیشتر V شکل است. بالا آمدگی کند باعث می‌شود که جریان، فرصت پهن نمودن بستر دره را در طول زمان در اختیار داشته باشد. Vf یکی از نسبت‌های بسیار مفید در شناسایی مناطق فعال می‌باشد و به ویژه به فعالیت های تکتونیکی اواخر کواترنر بسیار حساس است [۱۲]. مقدار عددی Vf = 0.99 را به عنوان مرز بین جبهه‌های کوهستانی فعال تکتونیکی و جبهه‌های کوهستانی غیرفعال عنوان شده است در حالیکه برای مناطق کوهستانی بسیار فعال Vf بین 0.50 تا 0.05 متغیر است [۱۲].

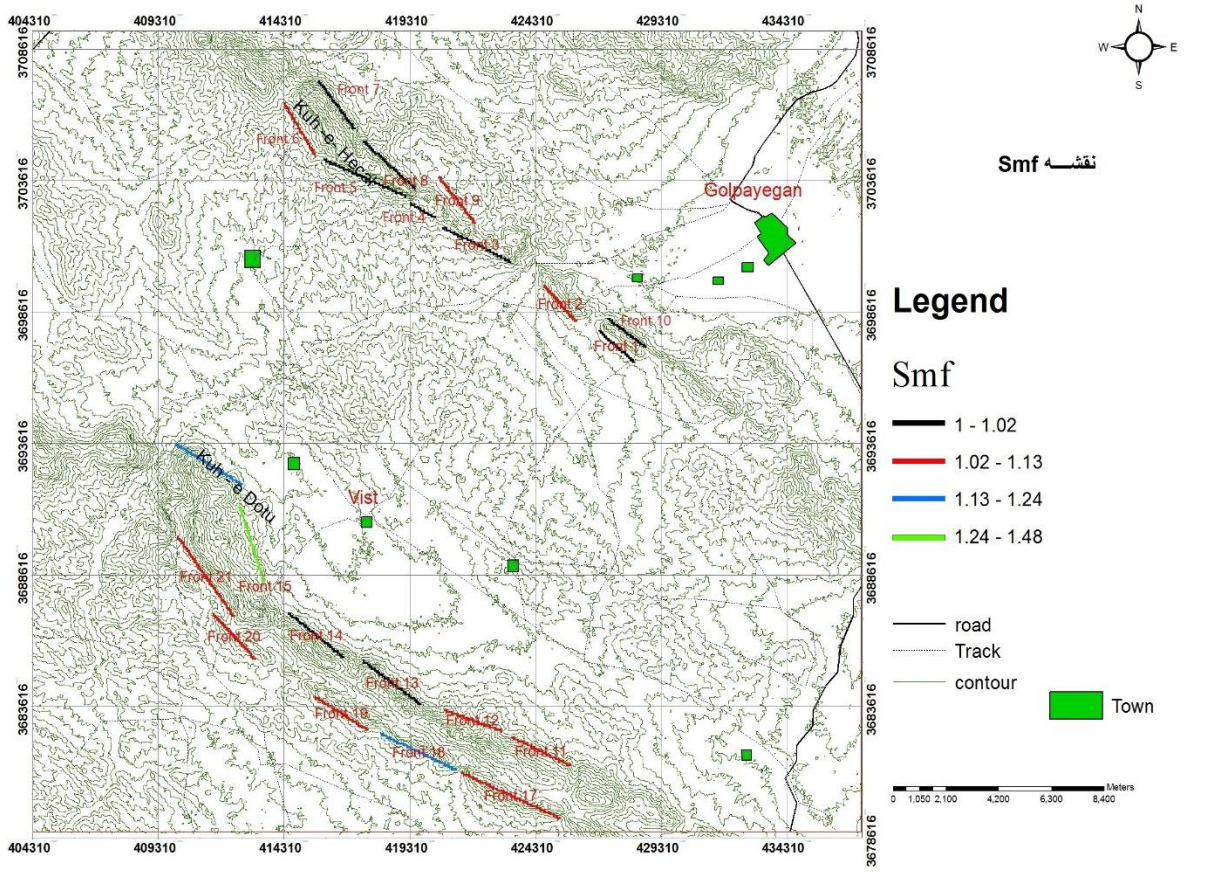
شاخص نسبت V شاخص دیگری است که در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص دارای حساسیت متوسطی به بالاآمدگی تکتونیکی نسبت به شاخص Vf دارا می‌باشد و برای بررسی ریخت شناسی دره رودخانه‌هایی که در منطقه گسلی باعث زهکشی منطقه گسل می شوند به کار می‌آید و از طریق رابطه (۲) قابل محاسبه است [۱۳].

$$V=AV/AC \quad (۲)$$

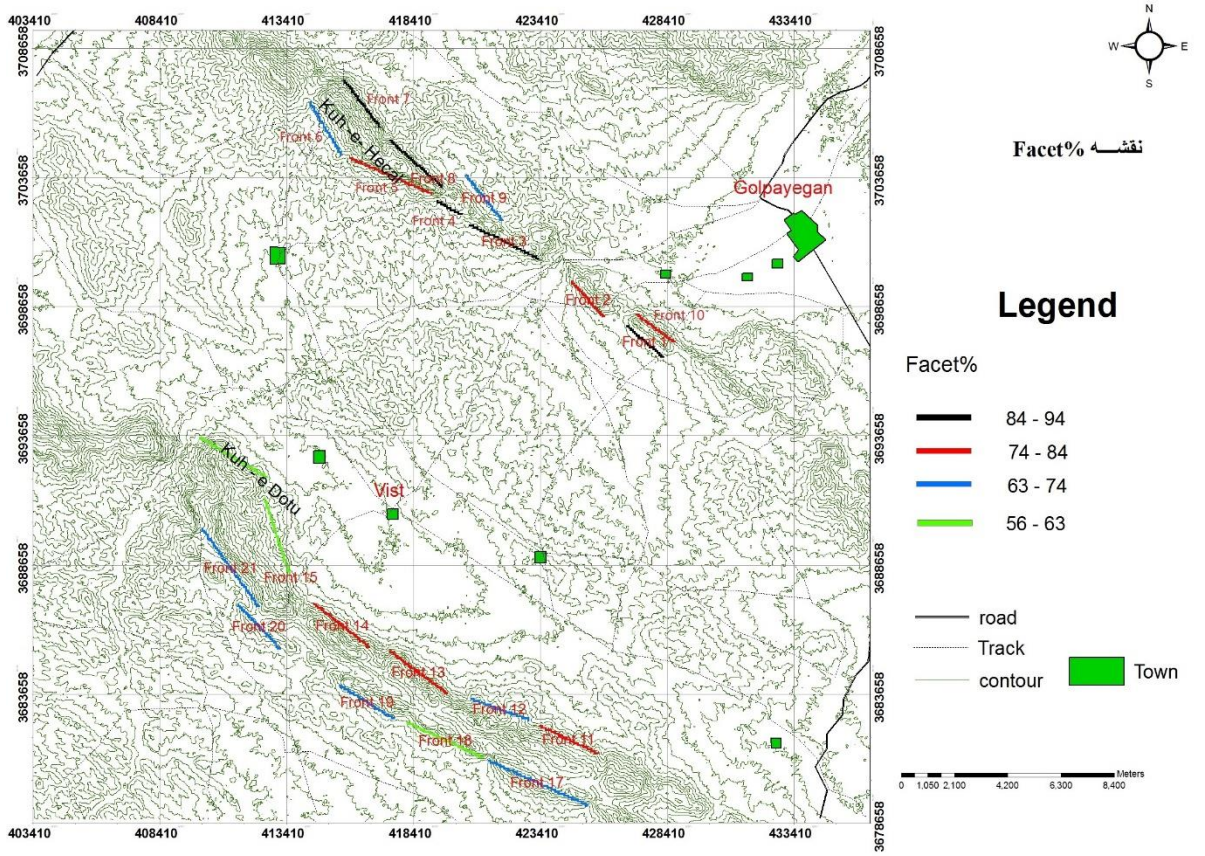
در رابطه (۲)، Av مساحت مقطع عرضی دره و Ac سطح نیم دایره‌ای به شعاع h و h نیز ارتفاع خط تقسیم حوضه زهکشی همجوار در محل همان مقطع است. با محاسبه این نسبت نیز می توان اطلاعاتی درباره‌ی میزان بالاآمدگی منطقه در اثر تکتونیک فعال بدست آورد، به طوریکه نسبت V در حد ۱، نشانگر دره U شکل، منطقه غیر فعال و فرسایش ممتد جانبی دیواره‌های دره می باشد. اگر مقدار نسبت V خیلی کوچک (کمتر از ۱)، نشانگر دره‌های V شکل معرف عملکرد قائم تکتونیک فعال بوده است. مقادیر بزرگتر از ۱ نیز منعکس کننده این بوده که عرض دره از عمق آن خیلی زیادتر بوده و منطقه از نظر تکتونیک غیرفعال است.

بحث

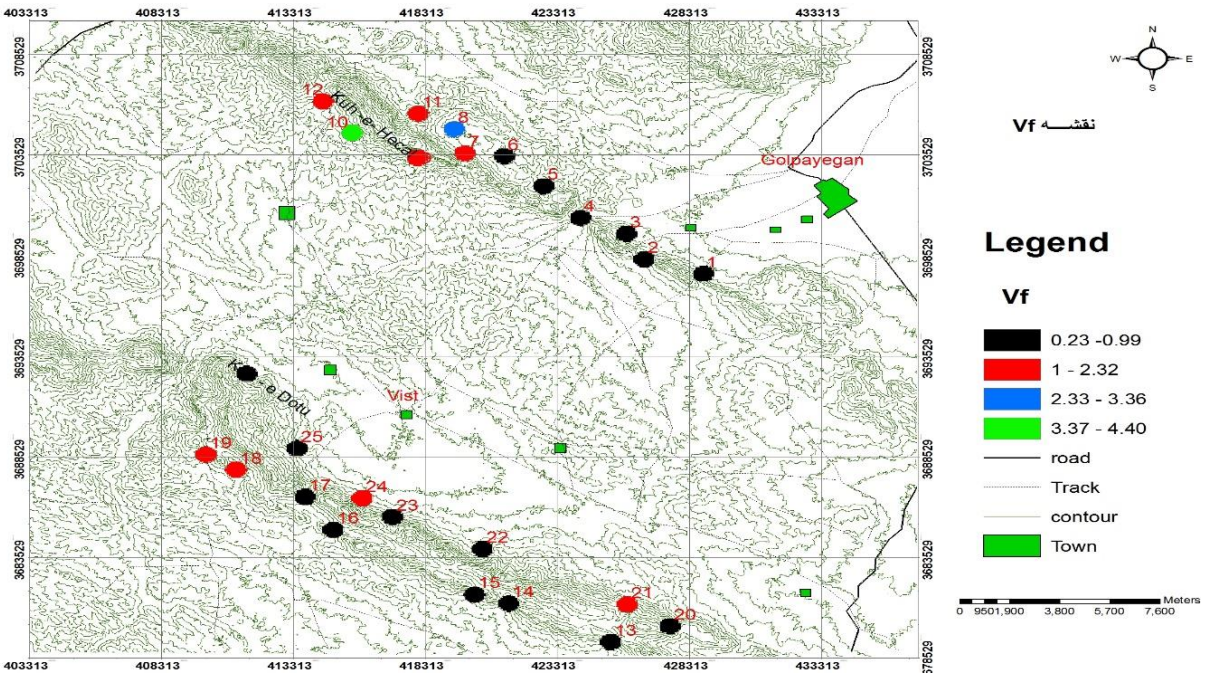
برای اندازه‌گیری شاخصهای نامبرده از نقشه‌ی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، عکسهای ماهواره‌ای، نرم افزار Google Earth و مدل ارتفاعی رقومی (Digital Elevation Models) منطقه استفاده شد. برای محاسبه سینوسیتی جبهه کوهستان، آن براساس ویژگی های بیان شده توسط ولز و همکاران [۱۱] پیشانی (Front) تقسیم شد. مقادیر اندازه گیری شده از کمترین مقدار که به صورت خط مستقیم است تا بیشترین مقدار متغیر بوده است. در شکل ۲ موقعیت پیشانی‌های برداشت شده و نقشه رستر بر اساس فعالیت تکتونیکی نشان داده شده است. درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان نیز مطابق سینوسیتی پیشانی کوهستان در پیشانی توپوگرافی های منطقه اندازه گیری شد، این پیشانی ها همان مواردی بودند که سینوسیتی پیشانی کوهستان در آنها اندازه گیری شده است. موقعیت پیشانی‌های برداشت شده و نقشه رستری بر اساس فعالیت تکتونیکی مبتنی بر مقادیر اندازه گیری درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان در شکل ۳ نشان داده شده است که نتایج مربوط به سینوسیتی پیشانی کوهستان را تا حد زیادی تائید می‌کند. برای محاسبه شاخصهای Vf و V با استفاده از نرم افزار Google Earth و ابزار Show Elevation Profile مبادرت به رسم پروفیل های عرضی دره شد. موقعیت دره های برداشت شده و نقشه‌های رستری میزان فعالیت تکتونیکی مبتنی بر نتایج مربوط به اندازه گیری های Vf و V در شکل های ۴ و ۵ نشان داده شده است.



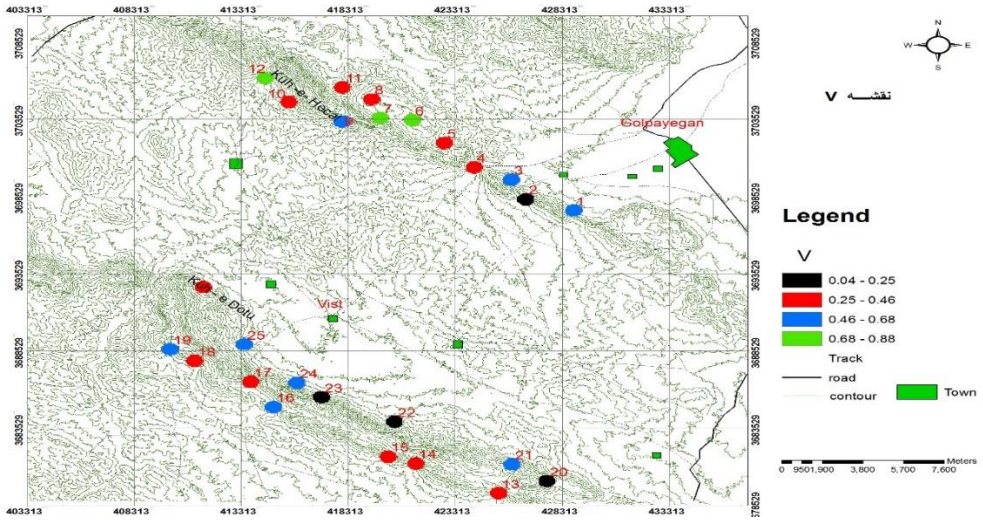
شکل ۲- موقعیت پیشانی های اندازه گیری شده برای سینوسیتی پیشانی کوهستان. در این نقشه موقعیت پیشانیهای اندازه‌گیری شده و مقدار اندازه‌گیری با چهار رنگ مشخص شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در کمربند بالا مقادیر S_{mf} بین ۱تا ۱.۰۲ است. که فعال بودن بیشتر آن نسبت به کمربند پایین را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان، همانطور که مشاهده می‌شود مقادیر بالای این شاخص مربوط به کمربند بالا است.



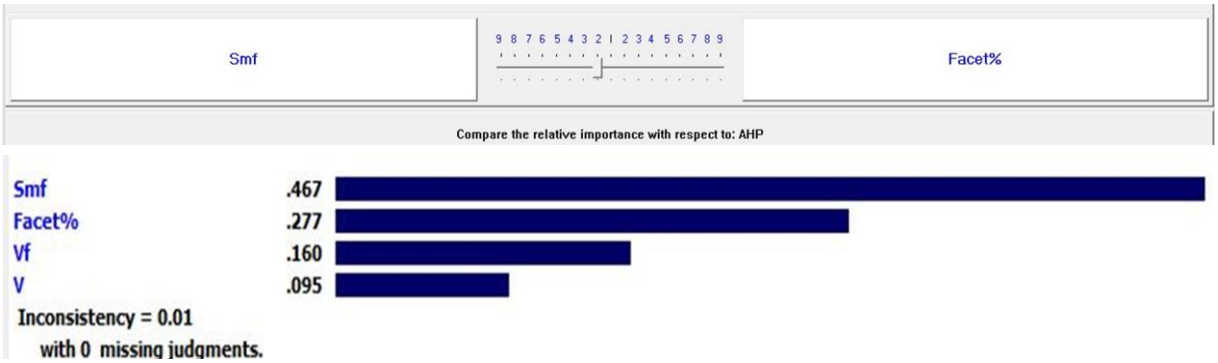
شکل ۴- نقشه نسبت عرض کف دره به عمق دره، موقعیت ایستگاههای برداشت شده و مقدار عددی هر کدام با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است. مقادیر کم این شاخص که فعال بودن تکتونیکی را نشان می‌دهند بیشتر در کمربند بالا و در قسمت جنوبی است.



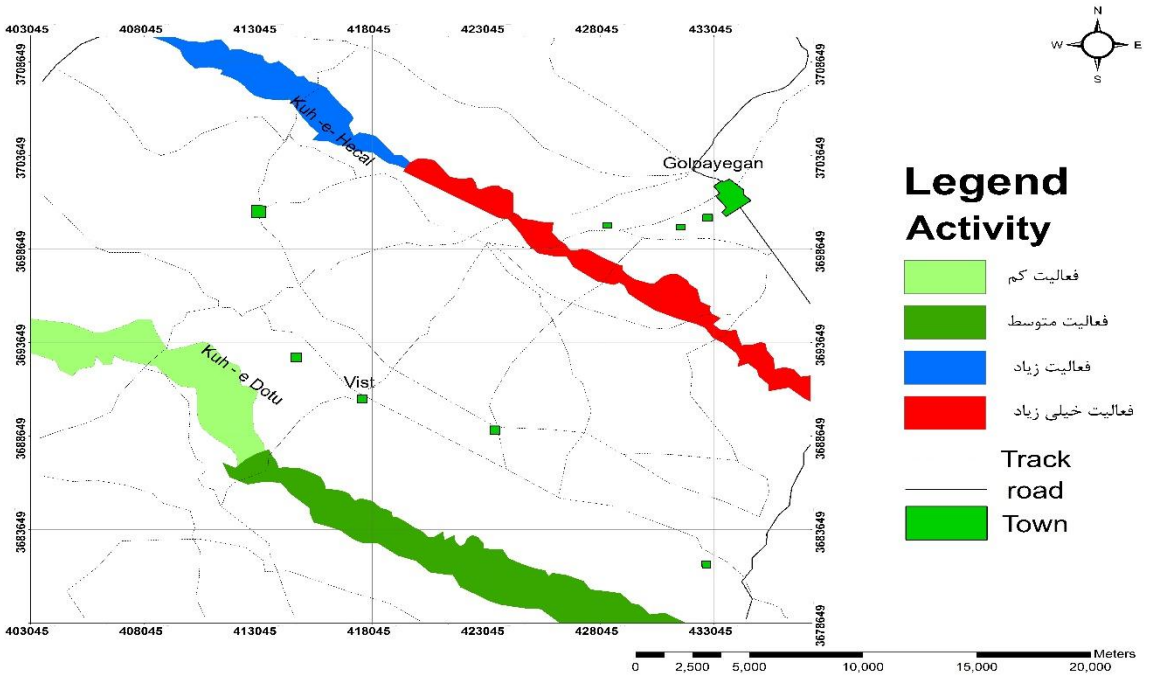
شکل ۵- نقشه ایستگاههای برداشت شاخص V در منطقه مورد مطالعه.

روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم ها (AHP)

این روش بر پایه مقایسه زوجی عوامل مختلف استوار است. به طور کلی روند این روش به این صورت است، که ابتدا به منظور رتبه بندی عوامل مختلف و پارامترها و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوتهای شفاهی استفاده می شود. سپس با استفاده از نظرات کارشناسان و پرسش نامه و بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه وزن هر یک از لایه ها و طبقات تعیین می‌گردد [۱۴]. از بین عوامل مورد بحث نقش عوامل سینوسیتی پیشانی کوهستان (Smf) و درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان (Facet%) نسبت به VF و V تاثیر بیشتری را در فعالیت تکتونیکی دارا هستند. با استفاده از نرم افزار Expert choice ابتدا به هر یک از عوامل موثر وزن دهی شد. بر این اساس ضریب تاثیر هر یک از عوامل مشخص می گردد (شکل ۶). در نهایت با استفاده از ابزار Weighted Overlay در نرم افزار Arc Map هر یک از لایه های اطلاعاتی به کلاسهای متفاوتی تقسیم و بر اساس درصد تاثیر با یکدیگر ادغام گردید و نقشه شدت تکتونیکی در حوضه آبریز گلپایگان بدست آمد که در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶- نمایش گرافیکی وزن‌دهی به هریک از شاخصهای موثر با استفاده از نرم افزار Expert choice



شکل ۷- نقشه پهنه بندی تکتونیکی منطقه، در این نقشه مناطق فعال در چهار رده تقسیم بندی شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین فعالیت تکتونیکی که با رنگ قرمز مشخص شده است مربوط به کمربند شرقی و در محدوده شهرستان گلپایگان است.

نتیجه گیری

محاسبه شاخص‌های مورفومتریک و تلفیق نتایج در مجموع، حوضه آبریز گلپایگان را از نظر تکتونیکی فعال نشان می دهد. فعالیت تکتونیکی در همه منطقه یکسان نبوده است، به همین دلیل منطقه به صورت پهنه‌های تکتونیکی مجزا از نظر تکتونیکی تقسیم شده است. بر اساس نقشه نهایی بیشترین فعالیت تکتونیکی در محدوده غرب شهرستان گلپایگان و موازی با راندگی اصلی زاگرس قرار گرفته است. هرچند در منطقه گلپایگان زلزله‌های نسبتا بزرگ گزارش نشده است، ولی شواهد مورفومتریکی نشان دهنده فعال بودن گسلها در این منطقه است، بنابراین ایمن سازی باید به عنوان یک اصل مهم در این منطقه در نظر گرفته شود.

سپاسگزاری

نگارندگان این پژوهش از همکاری صمیمانه آقای دکتر حجتا... رنجبر به ویژه در امر کار با GIS، دکتر شهباز رادفر در امر مطالعات مورفوتکتونیکی و همچنین از گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع و مراجع

[۱] ع. درویش زاده, زمین شناسی ایران. تهران: انتشارات ندا, ۱۳۷۰.

[۲] P. Agard, J. Omrani, L. Jolivet, and F. Mouthereau, "Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation," International journal of earth sciences, vol. 94, no. 3, pp. 401-419, 2005.

[۳] A. Nadimi and H. Nadimi, "Exhumation of old rocks during the Zagros collision in the northwestern part of the Zagros Mountains, Iran," Investigations into the Tectonics of the Tibetan Plateau: Geological Society of America Special Paper, vol. 444, pp. 105-122, 2008.

[۴] A. Goudie, Encyclopedia of geomorphology. Routledge, 2013.

[۵] W. B. Bull, Geomorphic responses to climatic change. New York: Oxford University Press, 1991, p. 326.

[۶] E. A. Keller and N. Pinter ,*Active tectonics*. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 1996.

[۷] ع. ندیمی, ح. ثمری, ع. رجبی, and ج. طباطبایی, "ردیابی و شناسایی گسل شازند در حوالی شهر گلپایگان," طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات, 1385 ,vol. 5760 p. 131.

[۸] W. B. Bull, "Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California," in Geomorphology in Arid Regions, Proceeding 8th Annual Geomorphology Symposium, State University New York at Binghamton, 1997, 1977, pp. 115-137.

[۹] W. B. Bull, Geomorphic tectonic activity classes of the south front of the San Gabriel Mountains, California. Geosciences Department, University of Arizona, 1978.

[۱۰] E. Keller, C. Sanz de Galdeano, and J. Chacón, "Tectonic geomorphology and earthquake hazard of Sierra Nevada, Southern Spain ",in 1a Conferencia Internacional Sierra Nevada. Granada, 1996, pp. 201-218.

[۱۱] S. Wells et al., "Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary pacific coast of Costa Rica," Geomorphology, vol. 1, no. 3, pp . 1988, 239-265.

[۱۲] W. B. Bull, Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology. John Wiley & Sons, 2008.

[۱۳] L. Mayer, "Tectonic geomorphology of escarpments and mountain fronts," Active tectonics, pp. 125-135, 1986.

[۱۴] م. یمانی, س. حسنپور, ا. مصطفایی, and م. شادمان, "نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از مدل AHP درمحیط GIS," جغرافیا و برنامه ریزی محیطی, 1391 ,vol. 23, no. 4, pp. 39-56.