

تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات مورفوتکتونیک شهرستان کامیاران



بختیار ولدی*

کارشناسی ارشد، مخاطرات محیطی، دانشگاه کردستان؛ سنندج، ایران

سعید خضری

دانشیار، ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان؛ سنندج، ایران

محمد صدیق قربانی

استادیار، ژئومورفولوژی، دانشگاه پیام نور

(تاریخ دریافت ۱۳۹۴/۵/۱۸ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۴/۶/۲۵)

چکیده

این پژوهش به ارزیابی کمی تأثیر تکتونیک فعال در توسعه و تحول لندفرم‌ها و پهنه‌بندی خطر آسیب‌های تکتونیکی شهرستان کامیاران در جنوب استان کردستان می‌پردازد. منطقه پژوهش شامل دو حوضه به نام رازآور و سیروان است. داده‌های حاصل از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های میدانی با نرم‌افزارهای ARC GIS و EXCEL تجزیه و تحلیل شدند. در ارزیابی کمی تأثیر تکتونیک فعال در تحول لندفرم‌ها از شاخص‌های مورفوتکتونیکی (شاخص شیب طولی رودخانه، سینوزیته جبهه کوهستان، شاخص پهنای کف دره نسبت به ارتفاع و شاخص عدم تقارن حوضه) استفاده شد و نتایج ارزیابی به صورت شاخص نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) ارائه شد. برای پهنه‌بندی خطر آسیب‌های تکتونیکی از متغیرهای طبیعی (شیب، سطح ایستایی آب، مقاومت لیتولوژی، فاصله از گسل و ترکیب نقشه‌های حاصل از آنها) استفاده شد. سپس تجزیه و تحلیل و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار ARC GIS با استفاده از مدل وزن‌دهی سلسله‌مراتبی (AHP) اجرا و منطقه پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد این شهرستان به دلیل قرار گرفتن در دو زون ساختاری سنندج - سیرجان و زاگرس مرتفع، تنوع سنگ‌شناسی و وجود گسل‌ها دارای وضعیت ژئومورفیک ویژه‌ای است. نتایج حاصل از شاخص‌های مورفومتری در هر دو حوضه آبخیز بیانگر فعال بودن منطقه تحقیق از نظر فعالیت‌های تکتونیکی است. براساس شاخص Iat، دو حوضه شمالی و جنوبی در کلاس فعالیت‌های تکتونیکی شدید قرار دارد. بنابر نقشه آسیب‌پذیری تکتونیکی تحلیل سلسله‌مراتبی، بیشترین خطر نسبی منطقه در محدوده شمال، جنوب غرب و قسمتهایی از شمال شرق واقع است. نواحی مرکزی حوضه‌های شمالی و جنوبی دارای حد متوسط آسیب‌پذیری است. بیشترین سطح منطقه تحقیق در محدوده‌ای با آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد و کمترین آسیب‌پذیری نسبی نیز به صورت پراکنده در حوضه‌های شمالی و جنوبی مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آسیب تکتونیکی، پهنه‌بندی، تحلیل سلسله‌مراتبی، کامیاران، مورفوتکتونیک.

مقدمه

مخاطرات همواره بخشی از تاریخ حیات انسان‌اند و ممکن است انسانی یا طبیعی باشند و نتیجه هرچه باشد هم به انسان و هم به محیط طبیعی او بر می‌گردد [۲]. در بحث مخاطرات طبیعی و انسانی، شناخت کامل سیستم در معرض خطر و عوامل تهدیدکننده آن ضروری است [۴]. ارزیابی آسیب‌پذیری محیط زیست انسان از خطرها، به‌خصوص با توجه به اهمیت اثر تغییرات زیست‌محیطی جهان و همچنین تغییرات اجتماعی و اقتصادی، موضوعی در حال رشد است. از این‌رو، راهبرد کاهش خطر آسیب‌پذیری برای توسعه کارآمد ضروری است [۱۷].

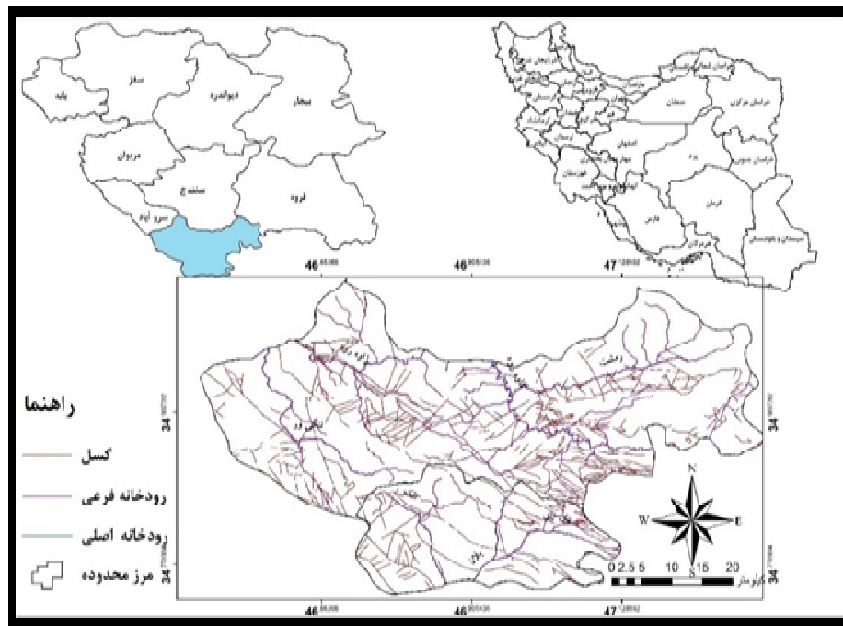
تحول ناهمواری‌های سطح زمین نتیجه عملکرد یک رشته از عوامل و فرایندهایی است که از این بین می‌توان به تکتونیک فعال اشاره کرد [۱۸]. برای شناخت عملکرد فعالیت‌های تکتونیک و میزان اثرگذاری آنها در عوارض مختلف می‌توان از برخی اندازه‌گیری‌های مورفومتریک استفاده کرد. با تعیین هر یک از اندیس‌های ریخت‌شناسی و مقایسه ترکیب آنها با هم می‌توان به شناسایی تکتونیک فعال و فعالیت‌های زمین‌ساختی نسبی پی برد [۲۲]. شاخص‌های تکتونیک فعال به‌طور معمول در مناطق محدود از نقشه‌های توپوگرافی استخراج می‌شوند. در این پژوهش سعی شده در محاسبات از مدل رقومی ارتفاع (DEM) استفاده شود [۲۰].

در مورد میزان آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی خطر آسیب‌های تکتونیک پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته است. اما از نظر روش‌شناسی و فرایند کار تقریباً متفاوت بوده‌اند که از آن جمله می‌توان به مطالعات نگارش [۱۳]، ارفع‌نیا [۱]، ملکی [۱۰]، میرزایی و حیدری [۱۲]، شهابی و همکاران [۸]، بنیاد مسکن [۵]، قنبری و همکاران [۹]، و امیراحمدی و آب‌باریکی [۳] اشاره کرد. در بررسی منابع خارجی می‌توان به مطالعات جکسون و همکاران [۲۵]، سیلوا [۲۱]، رامیرز [۲۲]، توندون و همکاران [۲۴]، لی و همکاران [۱۹]، لاوآپ [۲۰]، بال و مک‌فادن [۱۶]، و آندروس [۱۵] در زمینه آسیب‌پذیری مناطق در مقابل خطر فعالیت‌های تکتونیک برای مناطق مختلفی از جهان اشاره کرد. در برخی از مطالعات یادشده صرفاً عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیک و در برخی صرفاً عوامل اجتماعی و کالبدی و در کل عوامل انسانی مدنظر قرار گرفته‌اند.

موقعیت جغرافیایی شهرستان کامیاران

شهرستان کامیاران، با مساحت ۲۰۵۵/۱۰ کیلومتر مربع در غرب ایران و جنوب استان کردستان و بین طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳

ثانیه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳۵ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۹ دقیقه و ۵۳ ثانیه شمالی از خط استوا، قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه موقعیت تحقیق

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی و پهنه‌بندی خطر آسیب و فعالیت‌های تکتونیکی برای منطقه تحقیق از شاخص‌های مورفومتری پرکاربرد استفاده شد. شاخص‌ها با توجه به کوهستانی بودن منطقه انتخاب شد که با استفاده از نقشه DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متر محاسبه و از معیارهای طبیعی برای پهنه‌بندی منطقه استفاده شد. شاخص‌ها عبارتند از:

الف) شاخص شیب طولی رودخانه

این شاخص از رابطه زیر به دست آمد:

$$SL = \left(\frac{\Delta H}{\Delta L} \right) \times L \quad (1)$$

در رابطه ۱، SL شاخص گرادیان رودخانه، ΔH اختلاف ارتفاع در یک مقطع خاص از رودخانه به متر، ΔL فاصله افقی همان محل به متر، و L طول رودخانه از نقطه مرکزی مقطع اندازه گیری شده تا سرچشمه رودخانه به متر است. مقادیر عددی شاخص گرادیان رودخانه زمانی که سنگ های بستر رودخانه مقاوم باشند یا در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعال در تغییر شکل قائم پوسته زمین مؤثر باشند، زیاد است [۶، ۱۴، ۲۳]. به عبارت دیگر هنگامی که سطح اساس پایین برود، SL کاهش می یابد و برعکس زمانی که سطح اساس بالا بیاید، مقداری از مواد در بستر رودخانه انباشته شده و سبب پر شدن بستر می شود و در نتیجه مقدار SL را زیاد می کند. شاخص گرادیان رودخانه از شاخص های مهم برای تفکیک مناطق فعال و غیرفعال تکتونیکی به شمار می رود.

ب) شاخص سینوزیته جبهه کوهستان

بر روی نقشه توپوگرافی با در نظر گرفتن پیچ و خم خطوط منحنی میزان در محل اتصال کوهستان به کوهپایه، محدوده هایی به طول دلخواه و با توجه به تغییر در شکل خطوط میزان انتخاب شده و خطی بر منحنی میزان مماس شد و با محاسبه طول سرایشی تند کوهستان در مرز بین کوهستان و کوهپایه (Lmf) و طول خط مماس در امتداد سرایشی تند کوهستان (LS)، میزان سینوزیته جبهه کوهستان یا پیچ و خم (S) از رابطه ۲ به دست آمد و فعالیت یا عدم فعالیت تکتونیکی با مراجعه به جدول مبنا ارزیابی شد.

$$Smf = \left(\frac{Lmf}{LS} \right) \quad (2)$$

در رابطه ۲ Smf پیچ و خم جبهه کوهستان Lmf در مرز بین کوهستان و کوهپایه به کیلومتر، و LS طول خط مستقیم در جبهه کوهستان به کیلومتر است. این شاخص برای مناطق بسیار فعال تکتونیکی $Smf < 1/1$ ؛ برای مناطق با فعالیت متوسط بین $1/5 - 1/1 = Smf$ ؛ برای مناطق بسیار فعال تکتونیکی $Smf < 1/1$ ؛ برای مناطق با فعالیت متوسط بین $1/5 - Smf = 1/1$ ؛ و برای جبهه های کوهستانی غیرفعال تکتونیکی $Smf > 1/5$ است [۲۵].

ج) شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع

شاخص دیگری که برای بررسی میزان فعالیت نیروهای زمین ساختی استفاده شده شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع است. برای به دست آوردن این شاخص از رابطه زیر استفاده شد:

$$VF = \frac{vFW}{(Eld - Esc) + (Erd - Esc)} \quad (3)$$

در این رابطه، V_f نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، v_{fw} پهنای کف دره به متر، E_{ld} ارتفاع سمت چپ دره به متر، E_{rd} ارتفاع سمت راست دره به متر و E_{sc} ارتفاع کف دره به متر است. اگر مقدار V_f کوچک‌تر از یک باشد، تکتونیک بسیار فعال است، اگر بین ۱ و ۲ باشد، نیمه‌فعال است و اگر بزرگ‌تر از ۲ باشد غیرفعال یا در واقع آرام است [۱۶].

د) شاخص عدم تقارن حوضه آبریز

این شاخص از رابطه زیر به دست آمد:

$$AF = 100 \cdot (Ar / At) \quad (4)$$

در رابطه ۴، AF شاخص عدم تقارن، Ar مساحت قسمت راست حوضه (درجهت پایین رود) نسبت به آبراهه اصلی (به کیلومتر مربع) و At مساحت کل حوضه زهکشی (کیلومتر مربع) است. هرگاه مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه نبود کج‌شدگی بر اثر تکتونیک خواهد بود. مقادیر بیشتر از ۵۰ حاکی از کج‌شدگی حوضه زهکشی و به ترتیب بیانگر عملکرد فرسایش در ساحل راست و چپ آبراهه اصلی خواهد بود [۱۴].

ه) شاخص فعالیت نسبی تکتونیک

پس از برآورد شاخص‌های ژئومورفولوژیک منطقه تحقیق و تعیین کلاس آنها، ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی منطقه از شاخص I_{at} طبق فرمول زیر صورت گرفت:

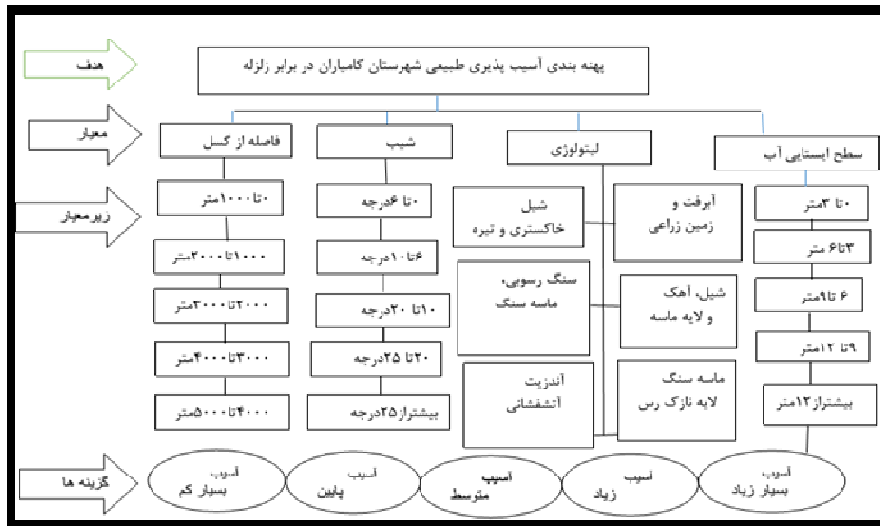
$$I_{at} = \frac{S}{n} \quad (5)$$

در این رابطه I_{at} شاخص فعالیت نسبی تکتونیک، S مجموعه کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفولوژیک محاسبه‌شده و n تعداد شاخص‌های محاسبه‌شده است. طبقه‌های مختلف شاخص I_{at} به صورت زیر است [۶، ۲۵]:

$I_{at} = 1 - 1/5$ فعالیت‌های تکتونیکی شدید، $1/5 > I_{at} < 2$ فعالیت‌های تکتونیکی زیاد، $2/5 > I_{at} < 2$ فعالیت‌های تکتونیکی متوسط و $2/5 > I_{at}$ فعالیت‌های کم و ناچیز.

پهنه‌بندی خطر و آسیب‌های تکتونیکی

پس از محاسبه شاخص‌ها پهنه‌بندی خطر و آسیب‌های تکتونیکی محدوده تحقیق صورت گرفت. روش کار بر مبنای تجزیه و تحلیل و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزارهای GIS با استفاده از مدل سلسله‌مراتبی (AHP) است (شکل ۲).



شکل ۲. درخت سلسله مراتبی [۲۳]

معیارهای مورد استفاده برای پهنه بندی تعیین شد که این کار با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مطالعات متون مرتبط با موضوع، بررسی تحقیقات پیشین و استفاده از نظر کارشناسی در این زمینه انجام گرفت و معیارهای مؤثر در آسیب پذیری (طبیعی) شهرستان در برابر فعالیت‌های تکتونیکی تعیین شد. چهار متغیر (معیار طبیعی) شامل فاصله از خطوط گسل، مقاومت لیتولوژی، شیب و سطح ایستایی آب به عنوان عوامل دخیل در شدت آسیب پذیری تکتونیکی انتخاب شدند.

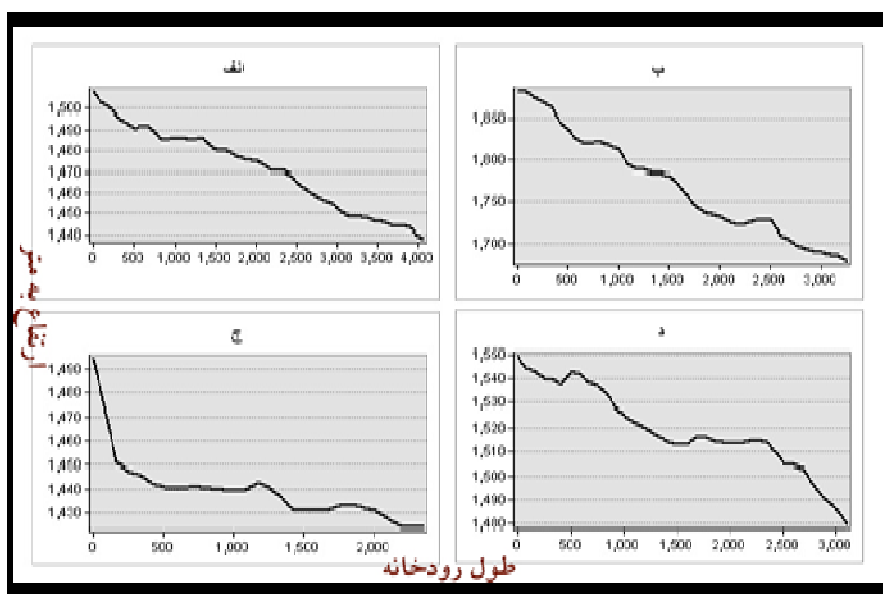
یافته‌های پژوهش

الف) شاخص شیب طولی رودخانه

جدول ۱. مقادیر شاخص گرادیان طولی رودخانه‌های منطقه پژوهش

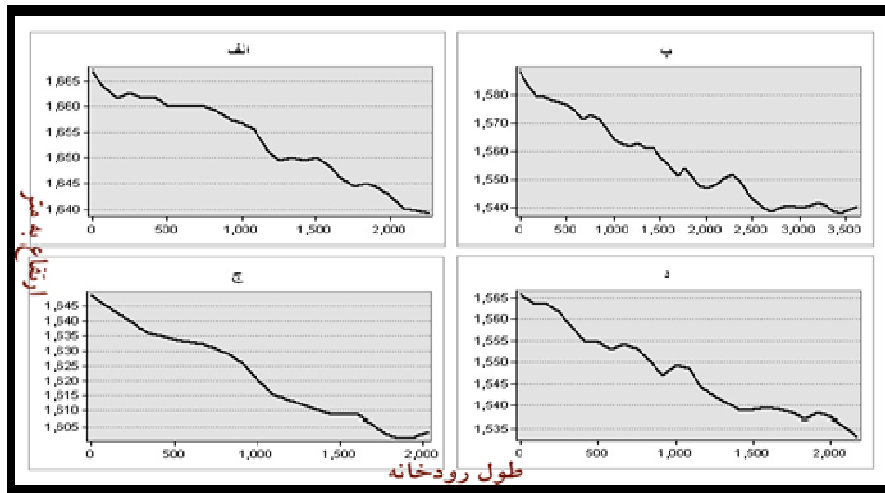
مقدار SL حوضه	ارتفاع به متر	مقدار SL حوضه	ارتفاع به متر
۵۳	۱۴۳۸ - ۱۵۳۸	۱۲۹	۱۶۳۸ - ۱۶۶۷
۱۳۸	۱۶۴۰ - ۱۸۷۴	۱۹۹	۱۵۳۷ - ۱۵۸۹
۱۰۲	۱۴۲۶ - ۱۵۰۹	۱۸۷	۱۶۰۲ - ۱۶۴۸
۱۲۴	۱۴۷۳ - ۱۵۴۹	۲۱۷	۱۵۳۲ - ۱۵۶۷

با توجه به جدول ۱، مقادیر زیاد به‌دست‌آمده گرادیان طولی رودخانه، بیانگر فعالیت‌های شدید تکتونیکی منطقه است. همان‌طور که در نیمرخ طولی حوضه جنوبی (شکل ۳) مشاهده می‌شود، بیشترین میزان گرادیان در ارتفاع ۱۶۴۰ تا ۱۸۷۴ متری است که در این مقطع میزان SL ۱۳۸ است. با مراجعه به نقشه زمین‌شناسی و مشاهدات میدانی ملاحظه می‌شود که این بخش از حوضه با گسل‌های منطقه مطابقت دارد. علاوه بر تأثیر گسل، مقاوم بودن سنگ بستر (آهک بیستون) در افزایش گرادیان طولی در این بخش تأثیر داشته است.



شکل ۳. پروفیل طولی رودخانه اصلی در حوضه جنوبی (راز‌آور)

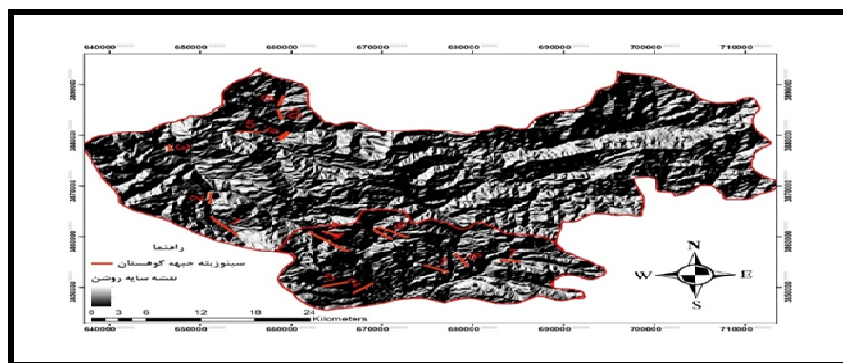
در حوضه شمالی با توجه به نیمرخ طولی (شکل ۴) و جدول ۱ میزان گرادیان طولی در پایین‌دست رودخانه بیشتر از قسمت‌های بالایی رودخانه است. با اینکه در این قسمت سنگ‌ها از جنس سست (مارن و شیل) هستند، میزان شاخص SL به ۲۱۷ در ارتفاع ۱۵۳۲ تا ۱۵۶۷ افزایش یافته است که نشان‌دهنده فعالیت بیشتر این قسمت از حوضه به‌دلیل انطباق بستر زهکش اصلی بر گسل طولی (مروارید) است.



شکل ۴. پروفیل طولی رودخانه اصلی حوضه شمالی (سیروان)

(ب) شاخص سینوزیته جبهه کوهستان

جدول ۲ مقادیر شاخص Smf و فعالیت تکتونیکی قطعات مختلف جبهه کوهستان را در دو حوضه مورد مطالعه در منطقه نشان می‌دهد. براساس دسته‌بندی [۲۵] میانگین به‌دست‌آمده مقدار Smf در دو حوضه (حوضه شمالی ۰/۷۱۹ و حوضه جنوبی ۰/۸۲۳) بیانگر فعالیت تکتونیکی فعال منطقه است. شکل ۵ موقعیت جبهه‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نقشه سه‌بعدی سایه‌روشن ناهمواری‌ها که موقعیت جبهه‌های اندازه‌گیری شده بر روی آن مشخص شده است.

جدول ۲. مقادیر شاخص Smf در منطقه تحقیق

ردیف	LS(Km)	Lmf(Km)	Smf
۱	۴.۲۵۰	۳.۱۴	۰.۷۳۲
۲	۳.۹۷	۳.۱۲	۰.۷۸۵
۳	۳.۲۹	۲.۲۸۵	۰.۶۴۹
۴	۲.۸۵۴	۲.۸۵۴	۰.۷۶۷
۵	۳.۷۹	۲.۹۲۴	۰.۷۷۱
۶	۴.۳۳۲	۲.۹۲۸	۰.۶۷۵
۷	۲.۸۱۷	۲.۴۳۷	۰.۸۶۵
۸	۶.۰۲۸	۳.۸۸	۰.۶۴۳
۹	۵.۱۲۰	۳.۰۱۰	۰.۵۸۷
میانگین کل حوضه			
			۰.۷۱۹
۱	۵.۳۶۵	۴.۹۷۶	۰.۹۲۷
۲	۲.۷۳۴	۲.۳۰۳	۰.۸۴۲
۳	۲.۷۲۲	۲.۵۳۷	۰.۹۳۲
۴	۱.۵۱۰	۱.۳۰۷	۰.۸۶۵
۵	۴.۳۱۴	۲.۹۵۱	۰.۶۸۴
۶	۲.۲۳۰	۱.۶۹۰	۰.۷۵۷
۷	۲.۱۶۴	۱.۶۳۴	۰.۷۵۵
۸	۲.۲۷۷	۱.۷۱۷	۰.۷۵۴
۹	۲.۳۷۳	۲.۱۲۴	۰.۸۹۵
میانگین کل حوضه			
			۰.۸۲۳

حوضه
شمالیحوضه
جنوبی

ج) شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن

مقادیر شاخص در همه مقاطع اندازه‌گیری شده در منطقه تحقیق براساس طبقه‌بندی همدونی بیانگر تأثیر نقش زمین‌ساخت در مورفولوژی و V شکل بودن دره‌هاست که این امر نشان‌دهنده این واقعیت است که آبراهه‌ها در پاسخ به زمین‌ساخت فعال در حال برش رو به پایین هستند. نتایج محاسبه این شاخص در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. مقادیر شاخص Vf-در منطقه تحقیق

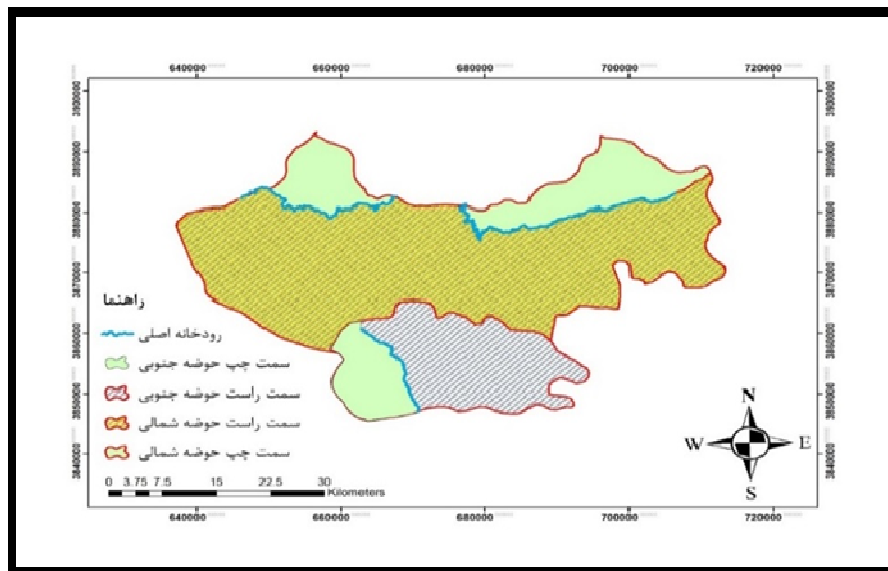
Vf	Erd	Eld	Esc	Vfw	ردیف	
۰/۶۵	۲۱۱۴	۲۲۰۳	۱۶۷۳	۲۹۹	۱	حوضه شمالی
۰/۴۶	۱۷۹۹	۲۰۱۰	۱۳۷۵	۲۴۷	۲	
۰/۴۳	۲۰۴۵	۲۱۶۷	۱۵۴۱	۲۴۸	۳	
۰/۳۶	۱۸۲۲	۲۲۰۳	۱۵۶۳	۱۶۵	۴	
۰/۴۲	۲۱۹۳	۱۹۷۷	۱۸۱۴	۱۱۴	۵	
۰/۵۸	۲۲۶۳	۱۷۵۴	۱۶۶۶	۲۰۲	۶	
۰/۵۸	۲۰۱۵	۲۰۱۹	۱۷۵۷	۱۸۱	۷	
۰/۵۶	۲۱۲۳	۱۹۷۷	۱۷۵۶	۱۵۹	۸	
۰/۶۷	۲۲۸۹	۲۲۹۵	۱۹۸۴	۲۰۷	۹	
۰/۷۰	۲۰۵۲	۲۱۶۴	۱۷۸۵	۲۲۷	۱۰	
۰/۵۴						میانگین
۰/۷۳	۱۹۹۴	۲۱۲۳	۱۸۳۱	۱۶۸	۱	حوضه جنوبی
۰/۸۶	۲۱۱۴	۲۱۸۸	۱۹۲۵	۱۹۵	۲	
۰/۶۱	۲۱۴۸	۲۲۱۸	۱۹۸۸	۱۱۹	۳	
۰/۵۶	۱۹۲۵	۱۸۹۳	۱۶۹۲	۱۲۳	۴	
۰/۸۶	۱۷۰۱	۱۶۹۶	۱۵۴۷	۱۳۱	۵	
۰/۶۶	۱۸۳۰	۲۰۰۱	۱۷۸۴	۸۷	۶	
۰/۸۲	۲۰۲۳	۲۱۲۰	۱۹۱۸	۱۲۷	۷	
۰/۶۷	۱۷۵۲	۱۷۸۲	۱۶۵۲	۸۸	۸	
۰/۷۲						میانگین

د) شاخص عدم تقارن حوضه آبریز

براساس طبقه‌بندی [۲۶] برای این شاخص حوضه شمالی با مقدار ۷۹/۴۳ و حوضه جنوبی با مقدار ۷۳/۷۷ در کلاس یک با فعالیت زمین‌ساختی خیلی فعال قرار می‌گیرند (جدول ۴). این مورد حاکی از بالآمدگی در سمت راست رودخانه اصلی حوضه جنوبی و بالآمدگی در سمت چپ رودخانه اصلی حوضه شمالی به علت فعالیت راندگی گسل‌های منطقه است. شکل ۶ مقادیر زیاد این شاخص را در دو حوضه شمالی و جنوبی به خوبی نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقادیر شاخص Af در منطقه تحقیق

کلاس	(AF-50)	شاخص Af	نام حوضه
۱	۲۹.۴۳	۷۹.۴۳	حوضه شمالی
۱	۲۳.۷۷	۷۳.۷۷	حوضه جنوبی



شکل ۶. محاسبه شاخص عدم تقارن در دو حوضه شمالی و جنوبی تحقیق

ه) شاخص ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیک (Iat)

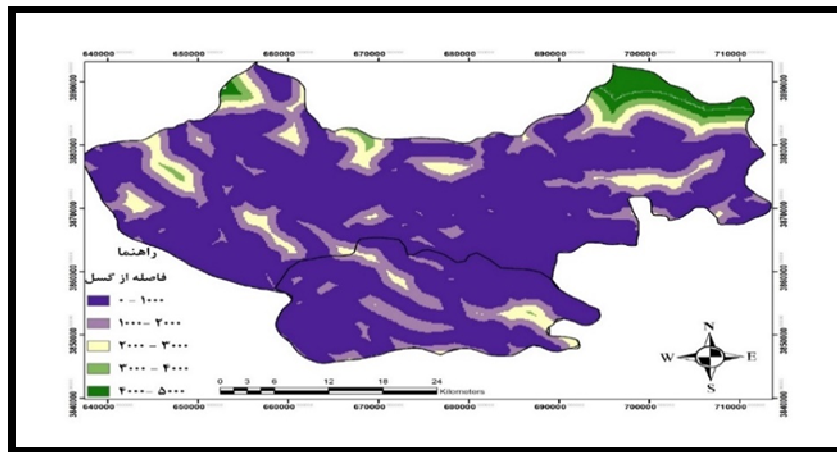
جدول ۵. مقادیر شاخص Iat در منطقه تحقیق

کلاس	Iat	Af	Smf	SL	Vf	شاخص
متوسط	۲	۱	۱	۱	۱	حوضه شمالی
زیاد	۱	۱	۱	۱	۱	حوضه جنوبی

این ارزیابی نشان می‌دهد که حوضه شمالی از نظر فعالیت زمین‌ساختی دارای فعالیت‌های بسیار زیاد و حوضه جنوبی دارای فعالیت زمین‌ساختی زیاد است. بر اساس شاخص Iat دو حوضه شمالی و جنوبی در کلاس زیاد (۱) قرار می‌گیرند که نشان‌دهنده فعالیت‌های تکتونیکی شدید در منطقه تحقیق است.

لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای طبیعی در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه

الف) لایه فاصله از گسل



شکل ۷. نقشه فاصله از گسل بر حسب متر

جدول ۶. نتایج حاصل از بافربندی

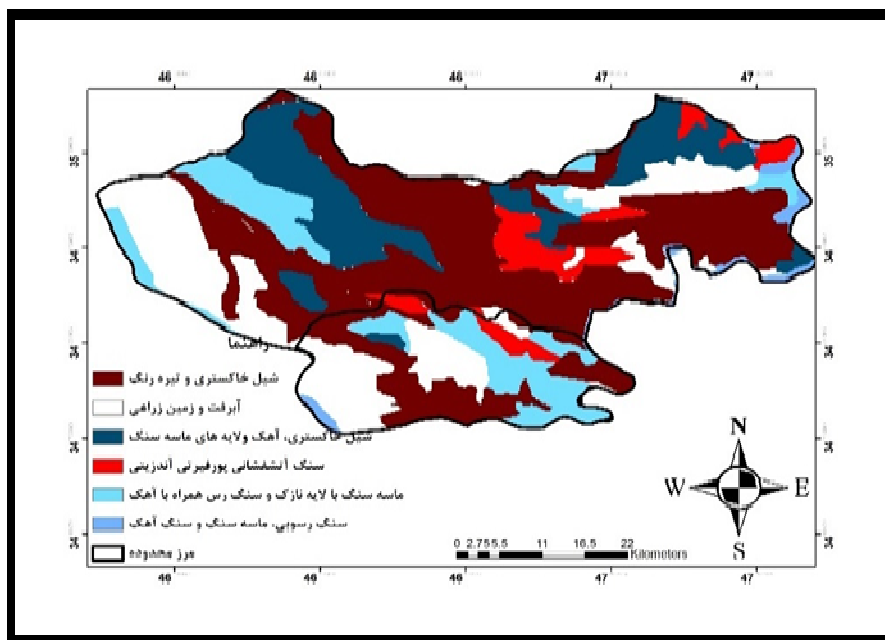
مساحت به کیلومتر مربع	فاصله از گسل
۱۴۴۹/۵۲	۰-۱۰۰۰
۳۸۱/۲۶	۱۰۰۰-۲۰۰۰
۸۷/۱۲۶	۲۰۰۰-۳۰۰۰
۴۳/۳۵	۳۰۰۰-۴۰۰۰
۶۹/۲۴	۴۰۰۰-۵۰۰۰

ب) لایه لیتولوژی

بیشترین مساحت لیتولوژی منطقه تحقیق براساس نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه به ترتیب انواع سنگ‌های رسوبی: آهک (۳۰/۴۳ درصد)، انواع شیل (۲۹/۸ درصد)، آبرفت و نهشته‌های رودخانه‌ای (۲۵/۹۱ درصد) و سنگ‌های آتشفشانی (۱۳/۸۶ درصد) را در بر گرفته است (شکل ۸). امتیازدهی به نوع لیتولوژی براساس جدول ۷ صورت گرفته است.

جدول ۷. ضریب اهمیت زیرمعیار لیتولوژی [۸]

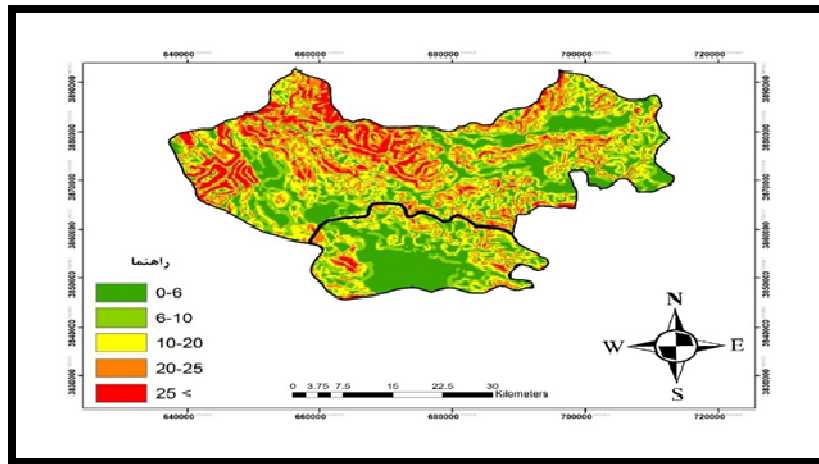
ضریب	درصد	اسم کامل سنگ	علامت اختصاری
۶	۲۲/۱۸	شیل خاکستری و تیره رنگ	Kussh
۷	۲۵/۹۱	آبرفت و زمین زراعی	Qft2
۴	۷/۶۲	شیل خاکستری، آهک و لایه‌های ماسه سنگ	Kupl
۲	۱۳/۸۶	سنگ آتشفشانی پورفیری آندزیتی	K2va
۱	۱/۸۰	ماسه سنگ با لایه نازک و سنگ رس همراه	Kpef
۱	۲۸/۶۳	سنگ رسوبی، ماسه سنگ و سنگ آهک	peEf



شکل ۸. نقشه لیتولوژی شهرستان کامیاران (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کامیاران، سازمان زمین‌شناسی)

(ج) لایه شیب

معیار شیب در پنج طبقه و با ضرایب اهمیتی که در شل ۹ آمده طبقه‌بندی شده است [۱۱].



شکل ۹. نقشه شیب منطقه براساس درجه

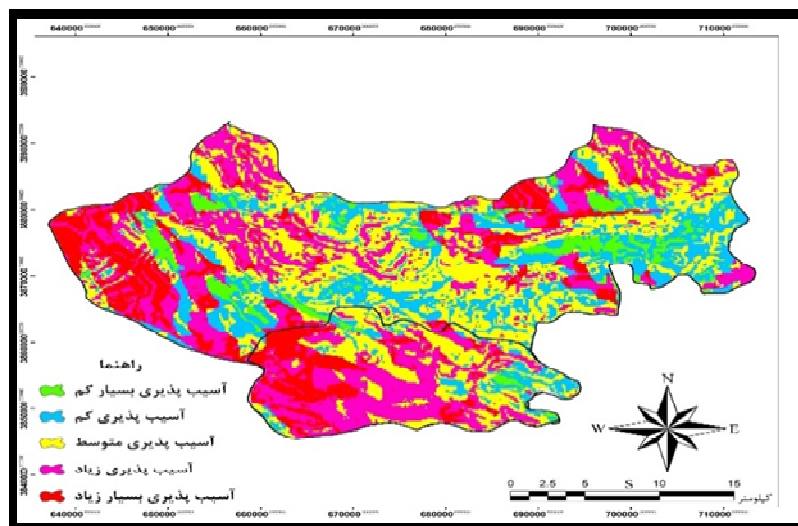
جدول ۸. ماتریس ۴×۴

	A	B	C	D
A	1	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$
B	9	1	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{5}$
C	7	$\frac{7}{9}$	1	$\frac{7}{5}$
D	5	$\frac{5}{9}$	$\frac{5}{7}$	1

جدول ۹. ضریب اهمیت چهار معیار طبیعی براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی

وزن نهایی	وزن کارشناسی	لایه
۰/۴۰۹	۹	فاصله از گسل
۰/۳۱۸	۷	مقاومت لیتولوژی
۰/۲۲۷	۵	شیب
۰/۰۴۵	۱	سطح ایستایی آب
۰/۰۰۱۷	Cr	

نتایج حاصل از همپوشانی لایه‌ها در شکل ۱۰ منعکس شده است.



شکل ۱۰. نقشه آسیب‌پذیری شهرستان کامیاران در مقابل فعالیت‌های تکتونیکی براساس مدل تحلیل سلسله‌مراتبی [۷]

نتیجه‌گیری

بررسی شاخص‌های مورفومتری در منطقه تحقیق نشان می‌دهد که منطقه از زمین‌ساخت فعالی برخوردار است. مقادیر کم شاخص V_f در منطقه نشان‌دهنده تأثیر زمین‌ساخت در مورفولوژی و شکل بودن دره‌ها و همچنین تأثیر گسل در تشکیل این دره‌هاست که مشاهدات میدانی این واقعیت را تأیید می‌کند. شاخص عدم تقارن حوضه زهکش در حوضه شمالی با مقدار $79/43$ و در حوضه جنوبی با مقدار $73/77$ بیانگر زمین‌ساخت خیلی فعال است. مقادیر زیاد گرادبان طولی رودخانه‌ها بیانگر فعالیت‌های شدید تکتونیکی منطقه است که این امر به علت تأثیر گسل، مقاوم بودن سنگ بستر (آهک بیستون) در حوضه جنوبی و عبور گسل مروارید و گسل‌های عمود بر آن و انطباق بستر زهکش اصلی بر گسل طولی در حوضه شمالی است. نتایج حاصل از بررسی سینوزیته کوهستان با توجه به میانگین به‌دست‌آمده در دو حوضه (شمالی $0/719$ و جنوبی $0/823$) بیانگر تکتونیکی فعال است. ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی این واقعیت را آشکار می‌کند که دو حوضه با درجات مختلف از حرکات تکتونیکی متأثر شده‌اند، به‌طوری که فعالیت

تکتونیک در حوضه شمالی بیشتر از حوضه جنوبی است. نقشه آسیب‌پذیری در مقابل فعالیت‌های تکتونیکی منطقه (شکل ۱۰) بر اساس چهار معیار فاصله از گسل، مقاومت لیتولوژی، شیب و سطح ایستایی آب، بر پایه مدل سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد که بیشترین خطر نسبی منطقه شمال و جنوب غرب و همچنین قسمتهایی از شمال شرق پراکنده است. بیشترین سطح منطقه تحقیق در محدوده با آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد و کمترین میزان آسیب‌پذیری نسبی نیز به‌صورت پراکنده در حوضه‌های شمالی و جنوبی مشاهده می‌شود. نواحی مرکزی حوضه‌های شمالی و جنوبی نیز دارای حد متوسط آسیب‌پذیری است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که شهرستان کامیاران حساس‌ترین شهرستان استان کردستان از لحاظ فعالیت تکتونیکی محسوب می‌شود و بخش بزرگی از مساحت آن در پهنه پرخطر قرار دارد.

منابع

- [۱]. ارفع‌نیا، رامین (۱۳۸۹)، تکتونیک فعال در منطقه اقلید، کاربرد مدل رقومی سرزمینی (DTM) در مورفوتکتونیک. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی. شماره ۴: ۲۵۶ - ۲۴۵.
- [۲]. امیدوار، کمال (۱۳۹۰)، مخاطرات طبیعی. انتشارات دانشگاه یزد، ۳۱۱ صفحه.
- [۳]. امیراحمدی، ابوالقاسم؛ آب‌باریکی، زکيه (۱۳۹۳)، ریز پهنه‌بندی خطر زلزله شهر سبزوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵: ۱۵۲-۱۳۳.
- [۴]. اسمیت، کیت (۱۳۹۱)، مخاطرات محیطی، ترجمه ابراهیم مقیمی؛ شاپور گودرزی‌نژاد، چاپ پنجم. سمت، ۲۸۸ صفحه.
- [۵]. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (۱۳۹۰)، ریزپهنه‌بندی ژنتیک لرزه شهر سنندج. پژوهش‌کنده سوانح طبیعی.
- [۶]. سیف، عبدالله؛ خسروی، قاسم (۱۳۸۹)، بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراس تزاگرس منطقه فارسان. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۴: ۱۴۶ - ۱۲۵.
- [۷]. سازمان آب منطقه‌ای غرب استان کردستان، مرداد (۱۳۹۳)، داده‌های سطح ایستایی آب شهرستان کامیاران.
- [۸]. شهابی، هیمین؛ قلی‌زاده، محمدحسین؛ نیری، هادی (۱۳۸۸)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با روش تحلیل چندمعیاره فضایی جغرافیا و توسعه. شماره ۲۱: ۸۰ - ۶۵.
- [۹]. قنبری، ابوالفضل؛ سالکی ملکی، محمدعلی؛ قاسمی، معصومه (۱۳۹۲)، پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهر تبریز)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵: ۳۵-۲۱.

- [۱۰]. ملکی، امجد (۱۳۸۶)، پهنه‌بندی خطر زمین لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مساکن در استان کردستان، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۹: ۱۲۴ - ۱۱۵.
- [۱۱]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۸۸)، اکوژئومورفولوژی و حقوق رودخانه‌ها، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۲]. میرزایی، نوربخش؛ حیدری، رضا (۱۳۸۸)، الگوی لرزه زمین‌ساختی گسل اصلی عهد حاضر زاگرس بین ۳۳ تا ۳۵ درجه عرض شمالی. مجله فیزیک زمین و فضا: ۹۶-۸۳.
- [۱۳]. نگارش، حسین (۱۳۸۳)، زلزله، شهرها و گسل‌ها، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، شماره ۵۲: ۳۴-۵۱.
- [۱۴]. کامرانی دلیر، حمید؛ باقری، سجاد (۱۳۹۰)، مورفومتری و ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیک برای تعیین میزان فعالیت نوزمین ساخت در حوضه آبریز چله (زاگرس شمال غربی) فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۸۵: ۱۶۲۷۰ - ۱۶۲۴۵.
- [15]. Andrew s. Goodie. (2014), Geomorphological Hazards and Disaster Prevention Edited by raceme Alcan Tara – Ayala. Book DOI: <http://dx.doi.org/1001.10171cb.978.511807527>.
- [16]. Bull,W.B.and Mcfadden,L,(1977).Tectonic geomorphology north and south of the Garloc fault. California. In:Do,(ed),Geomorphologyin arid regions publ.In geomorphology, state university of new york.pp. 115-138.
- [17]. Keller,M.,Totschnig, R.,Glade,T.(2012),Improvement of vulner ability cures using data from extreme events: debris flow eventin south tyrol 2083-2105
- [18]. Keller, E.A, Pinter, n.(1996),Active tectonic, Earthquakes, uplift .and landscape. Prentice Hall, pup.
- [19]. Li,y.yang.j.&Tan,L,Duan,f.(1999),Impact of tectonic alluvial landforms in the latex. corridor, northwest china,Geomorphology,28 pp:299-308.
- [20]. Laurap.perucca a,b martin Roth is b,c, Horacion.2014.Morph tectonic and nontectonic control on river pattern in the sierra de la canter a piedmont, central Precordillera ,province of san Juan,Argentina673-682.
- [21]. Silva. P.G.J.L, Zazo.C.Bardij,T.(2003), fault generated mountain frounts in southeast Spain: geomorphology assessment of tectonic and seismic activity, Geomorphology, 203-205
- [22]. Ramirez. Herrera.m.T.(1998),Geomorphic assessment of active tectonic in the Acamby Graben ,Mexican volcanic belt. Earth surface process and landform,vo123.
- [23]. Thomos.L.satty.(1988),Decision-making for leaders,Rws publication.
- [24]. Vimal sing.s.k.Tandon .(2008),The pinjaur dun (inter Montane longitudinal valley) and associated active mountain fronts, NW Himalaya: Tectonic geomorphology and morph tectonic evolution, department of geology.
- [25]. Jackson,J.,Van Dissen,R., Berryman,K(1998),Tilting of Active Folds and Faults in the Manawatu region , New Zealand , Evidence from surface Drainage patterns, New Zealand Journal of Geology and Geophysics 41,pp.377- 385.

-
- [26]. Hamdouni, R. E, Irigaray, C., Fernandez, T., Chcon, J., Keller, E. A. (2008), Assessment of relative active tectonic, south west border of the Sierra Nevada (southern Spain). *geomorphology*. 96:150-173.