

بررسی ریختزمین‌ساختی گستره خوی بر پایه شاخصه‌های مورفومتری

حسن حاجی حسینلو^{۱*} سعیده میرحسینیان^۲

^۱ استادیار گروه زمین‌شناسی (تکتونیک)، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران

^۲ گروه زمین‌شناسی (تکتونیک)، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران

چکیده

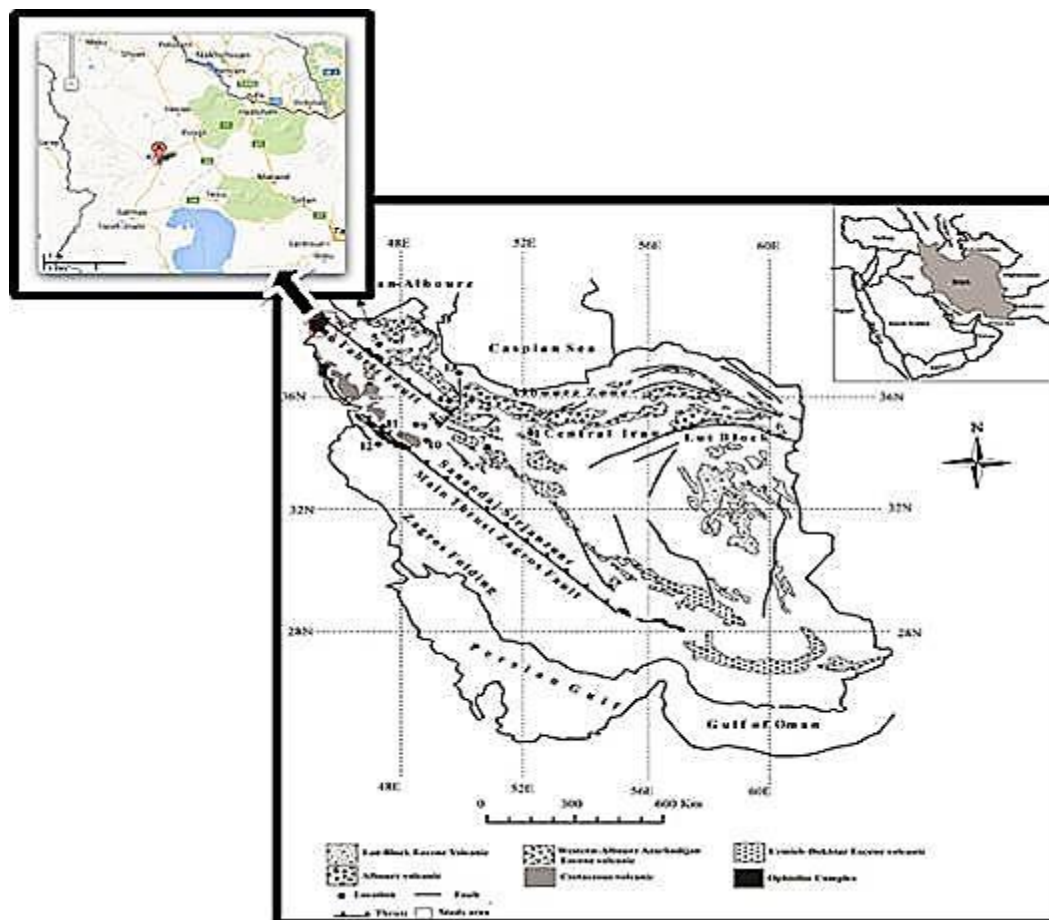
منطقه‌ی مورد مطالعه طبق تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران بخشی از کمپلکس افیولیتی البرز - آذربایجان را شامل می‌شود. این ناحیه از لحاظ مختصات جغرافیایی در محدوده‌ی طول جغرافیایی 45° تا $44^{\circ}30'$ شرقی و عرض جغرافیایی 39° تا $38^{\circ}30'$ شمالی در شمال غرب خوی جای دارد. در این پژوهش سعی شده است با بررسی الگوی حوضه آبریز منطقه و با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک به تأثیر فعالیت گسل خوی و کوه‌های اطراف بر الگوی رودهای منطقه و بررسی گسل‌های مرز پیشانی کوهستان پرداخته شود. همچنین با بررسی نتایج به دست آمده از محاسبه چندین شاخص مورفوتکتونیک و تلفیق آن‌ها با سایر اطلاعات، فعالیت‌های نئوتکتونیک در چند حوضه انتخابی در راستای پهنه گسلی خوی تعیین شده است.

کلید واژه‌ها: شاخصه‌های مورفوتکتونیک، فعالیت‌های نئوتکتونیک، گسل راندگی خوی، گسل راستالغز

مقدمه

اصطلاح نئوتکتونیک، اولین بار توسط (Obruchev, 1948) بیان گردید و به معنی مطالعه‌ی جنبش‌های جوان و اخیر است که از پایان ترشیاری و نیمه‌ی اول کواترنری رخ داده است. بسیاری از محققین، این اصطلاح را در بردارنده‌ی حرکات معاصر و جنبش‌های ناگهانی مقدم بر آن‌ها نیز می‌دانند.

شهرستان خوی از لحاظ مختصات جغرافیایی در محدوده‌ی طول جغرافیایی 45° تا $44^{\circ}30'$ شرقی و عرض جغرافیایی 39° تا $38^{\circ}30'$ شمالی در استان آذربایجان غربی جای دارد. این ناحیه طبق تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران (Azizi and Jahangiri, 2008) بخشی از کمپلکس افیولیتی البرز - آذربایجان را شامل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: تقسیم‌بندی واحدهای ساختاری - رسوبی ایران (Azizi and Jahangiri, 2008) و راه‌های ارتباطی ناحیه‌ی مورد مطالعه که با شکل قرمز رنگ نشان داده شده است.

این شهرستان با وسعتی بالغ بر ۵۵۴۸ کیلومتر مربع در شمال غربی‌ترین نقطه‌ی ایران و آذربایجان و در مرز کشور ترکیه واقع شده است. خوی اولین شهر استان آذربایجان غربی از نظر وسعت و دومین شهر این استان از نظر جمعیت است که دارای بیش از نیم میلیون نفر جمعیت می‌باشد. منطقه‌ی مذکور از شمال به ماکو و از شرق به مرند و از جنوب به سلماس و از مغرب به کشور ترکیه منتهی می‌شود و جاده‌ی ترانزیتی ایران - اروپا از ۳۰ کیلومتری آن عبور می‌کند. مهم‌ترین راه‌های ارتباطی این منطقه شامل قسمتی از راه آسفالت‌هی مرند - خوی - سلماس، خوی - زراباد و خوی - حمزیان - قره‌ضیال‌الدین است که توسط راه‌های فرعی خاکی تقریباً منطقه را پوشش می‌دهند. در ترکیب سنگ‌ها و نهشته‌های موجود در ناحیه‌ی خوی معلوم می‌شود که نوع فرسایش و گسترش سنگ‌ها یکسان نبوده، به طوری که بخش‌های کم ارتفاع را بیش‌تر سنگ‌های دگرسان شده‌ی فوق‌بازیک، کنگلومرای جوان تشکیل داده است. بلندی‌های منطقه را که بیش‌تر در سمت غربی خوی قرار دارند، سنگ‌های دیابازی یا آتشفشانی می‌سازند. دره‌های پدیدار شده در این نواحی معمولاً ژرف بوده و شیب توپوگرافی آن‌ها از ۷۰ درجه نیز تجاوز می‌کند. کوه اورین ارتفاعی بیش از ۳۶۵۰ متر، در جنوب‌غربی ناحیه با ارتفاع ۳۶۲۲ متر از سطح دریا بلندترین نقطه و پیرامون شهرستان خوی با ارتفاع ۱۰۸۰ متر پست‌ترین نقطه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه را می‌سازند. این ناحیه از نظر

آب و هوایی معمولاً دارای زمستان‌های سرد و نیمه خشک و تابستان‌های معتدل بوده و میانگین دما در ماه‌های زمستان به زیر صفر درجه می‌رسد. متوسط میزان بارندگی سالانه ۳۳۴ میلی‌متر و رطوبت نسبی ۶۲ درصد می‌باشد. آب مورد لزوم کشاورزی منطقه از آب رودخانه‌ها، چشمه‌ها و یا آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد. رودخانه‌های آق‌چای، الند و قطورچای مهم‌ترین سیستم آبی ناحیه محسوب می‌شوند. رودخانه‌ی آق‌چای از ارتفاعات شمال غربی ناحیه سرچشمه گرفته و پس از طی مسیری از حوالی زرآباد، آجای و بسطام با روند شرق به سوی رودخانه‌ی ارس جریان می‌یابد. حوضه‌ی آبی رودخانه‌ی الند در بخش جنوبی ناحیه قرار دارد و از کوه‌های اورین و دیگر مناطق کوهستانی مرکزی سرچشمه گرفته و از حوالی شهر خوی به رودخانه‌ی قطورچای متصل گردیده و سپس به سوی رودخانه‌ی ارس جریان می‌یابد. هدف از این تحقیق این است که با انجام محاسبه‌ی شاخصه‌های موفوتکتونیک، مطالعه‌ی عکس‌های هوایی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به عوامل حاکم بر وضعیت تکتونیک موجود در سه حوضه‌ی الند، قطورچای و آق‌چای پاسخ داده شود.

مطالعات پیشینه‌ی تحقیق

تاکنون مطالعات جامع نئوتکتونیک بر روی مناطق مورد پژوهش صورت نگرفته است و مطالعات قبلی انجام شده در این مناطق بیش‌تر بر روی چینه‌نگاری، ژئوشیمی، ژئوکرونولوژی، پترولوژی بوده که عبارتند از:

- پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد نادرعلی، ۱۳۹۳ در مورد تحلیل ساختاری سد آق‌چای بوده است. ایشان به مکانیسم عمقی زمین‌لرزه‌های روی داده در منطقه اشاره کرده که در امتداد سیستم گسلی راستالغز با مکانیسم راست‌گرد هستند.
- پایان‌نامه‌ی دوره‌ی دکتری حاجی‌حیسنلو، ۱۳۹۱ در مورد تحلیل ساختاری زون برشی شمال غرب خوی بوده که ایشان مدل ترفشارشی راست‌بر را در منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه داده‌اند.
- (Hassanipak and Ghazi, 2000) اولین گزارش پترولوژی و ژئوشیمی افیولیت‌های خوی را ارائه نمودند. این محققین با توجه به تجزیه‌های شیمیایی، سنگ‌های بازالتی منطقه را از نوع تول‌هایت مگاکلی و دگرگونی منطقه را ناشی از دگرگونی قاعده‌ی افیولیت‌ها دانسته‌اند.
- (Khalatbari jafari et al., ۲۰۰۴) نقشه‌ی زمین‌شناسی جدیدی از این منطقه ارائه داده‌اند و مهم‌ترین نتیجه‌گیری حاصله این است که در منطقه‌ی خوی یک کمپلکس افیولیتی وجود نداشته بلکه دو کمپلکس افیولیتی موجود می‌باشد.

روش کار

برای به‌دست آوردن شاخصه‌های مورفومتری از قبیل شکل حوضه‌ی زهکشی، تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی و عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی نقشه‌ی منحنی میزان و یک مدل رقومی ارتفاع^۱ از داده‌های توپوگرافی SRTM با دقت ۹۰ متر تهیه شد که کل منطقه‌ی مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. هم‌چنین برای مقایسه و تأثیر دقت

^۱ DEM: Digital Elevation Model

DEM ها با دقت تصویر مختلف در چنین مطالعاتی، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۲۵۰۰۰۰: ۱ برای چهارگوش خوی DEM با دقت ۱۰ متر تهیه شد (شکل ۴ و ۳ و ۲). نواحی انتخاب شده با ۳ کلاس تعیین می‌شود که کلاس ۱ نشان‌گر منطقه‌ی فعال، کلاس ۲ نشان‌گر منطقه‌ی نیمه فعال و کلاس ۳ نشان‌گر منطقه‌ی غیرفعال می‌باشد (Hamdouni et al., 2008).

شاخصه‌ی تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی

$$T = Da/Dd$$

T: تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی^۱

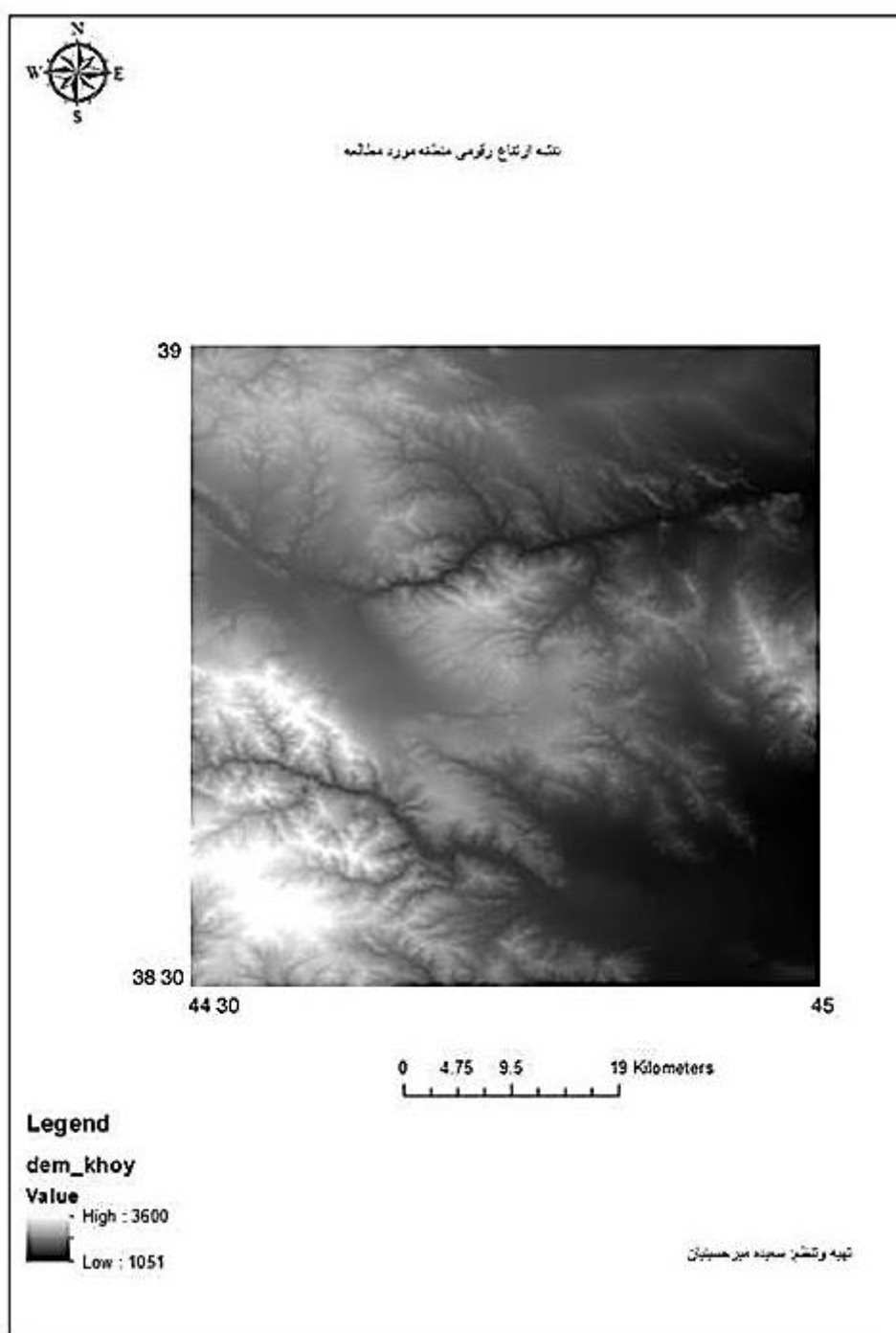
Da: فاصله‌ی خط میانی حوضه‌ی زهکشی تا رودخانه‌ی اصلی حوضه

Dd: فاصله‌ی خط میانی حوضه تا خط تقسیم آب

اولین معرفان شاخصه‌ی توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی (Burbank and Anderson, 2001) هستند. برای یک حوضه‌ی با تقارن کامل $T = 0$ هم‌چنان که عدم تقارن با فاصله از خط وسط حوضه افزایش پیدا می‌کند T هم افزایش می‌یابد و به مقدار یک نزدیک می‌شود.

فرض بر آن است که شیب سنگ بستر تأثیر ناچیزی روی مهاجرت کانال جریان داشته باشد، بنابراین T یک بردار با جهت و اندازه‌ی صفر تا یک است. مقادیر T با قطعات مختلف دره‌ها قابل محاسبه می‌باشد و نشان‌گر یک مهاجرت ترجیحی جریان‌های عمود بر محور حوضه‌ی زهکشی هستند. این روش شاهد مستقیمی از کج‌شدگی زمین را ارائه نمی‌کند ولی روشی برای تشخیص سریع کج‌شدگی احتمالی می‌باشد که برای این منظور ۳ ناحیه، الوند، قطورچای، آق‌چای در نظر گرفته شده است که با انجام محاسبات فوق حوضه‌ی رود آق‌چای نسبت به دو حوضه‌ی دیگر فعال‌تر می‌باشد. (جدول و نمودار ۵ و شکل ۸)

¹ Triangular Symmetry Factor



شکل ۲: نقشه‌ی ارتفاع رقومی منطقه‌ی مورد مطالعه

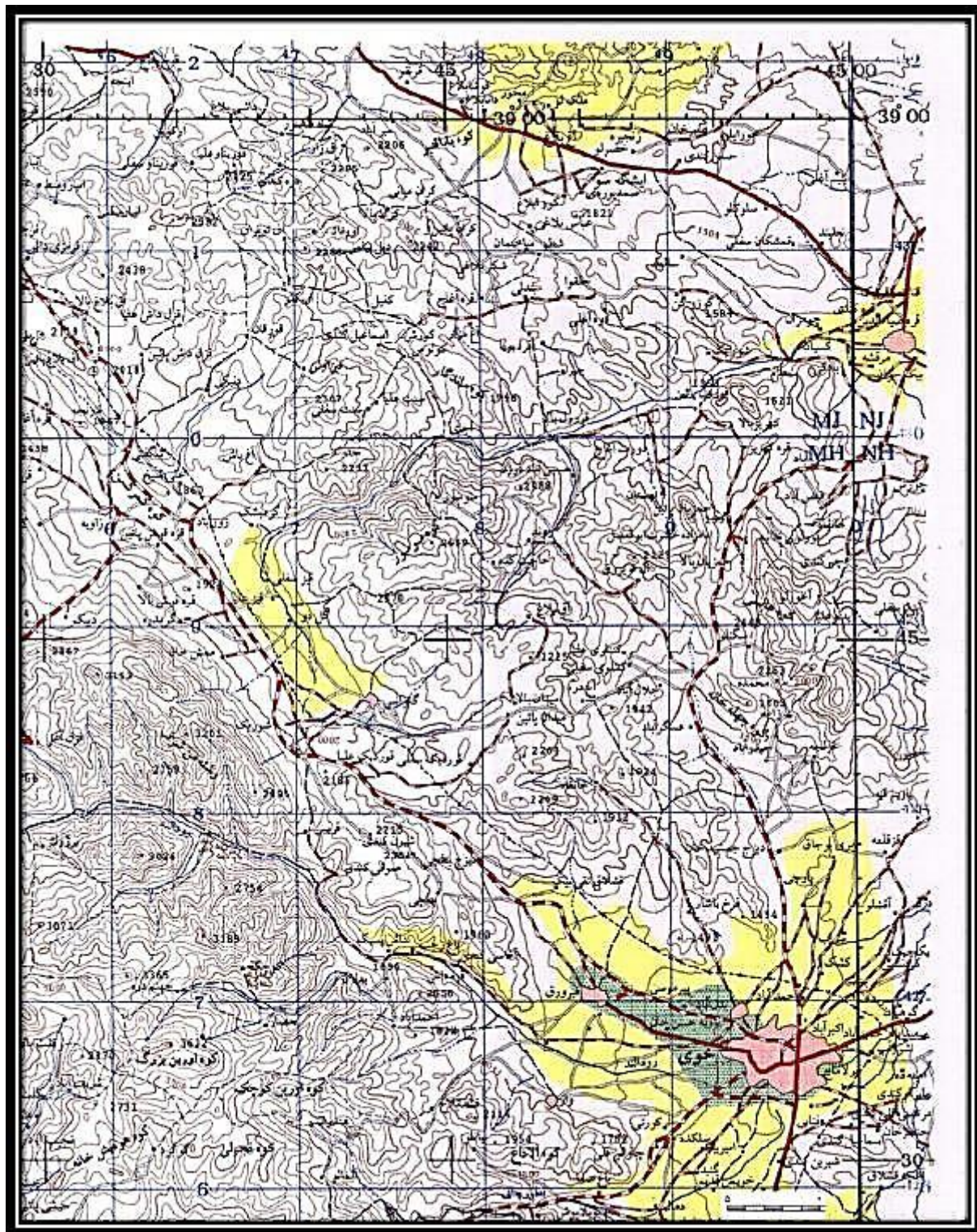
شاخصه‌ی نسبت شکل حوضه‌ی زهکشی

$$BS = BL/BW$$

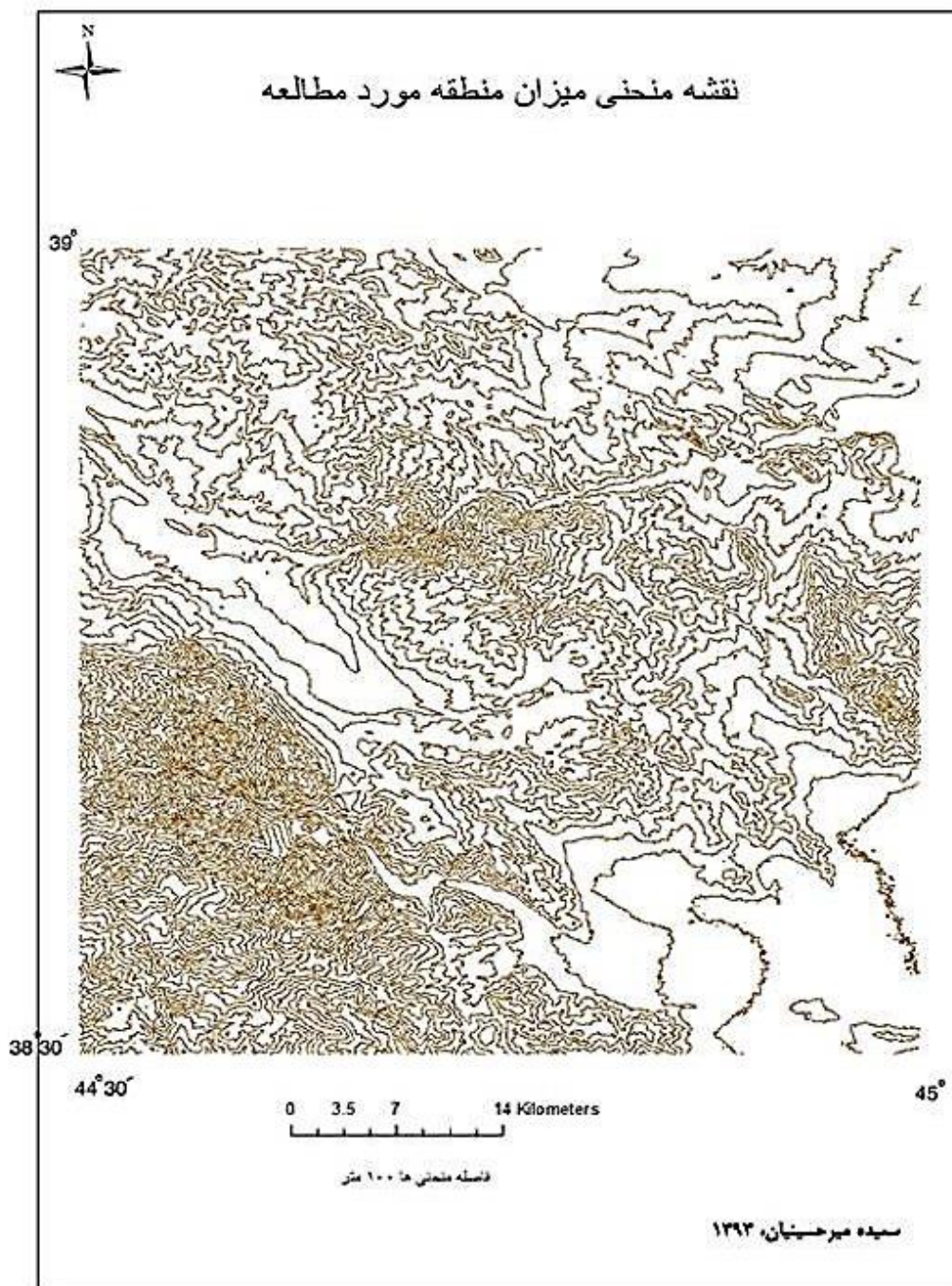
BS: نسبت شکل حوضه‌ی زهکشی

BL: طول حوضه‌ی زهکشی

Bw: عرض حوضه‌ی زهکشی



شکل ۳. نقشه ی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ خوی



شکل ۴: نقشه‌ی منحنی میزان ناحیه‌ی خوی

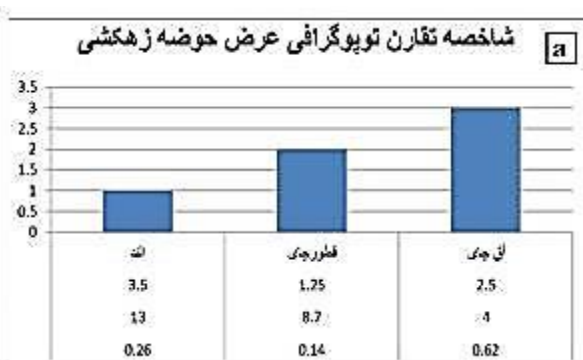
اولین معرفان این شاخص (Bull and Mc Fadden, 1977) بودند. این نسبت بیان‌گر این است که هرچه طول حوضه‌ی زهکشی بیش‌تر و هرچه عرض حوضه کم‌تر باشد فعال‌تر است. برای این شاخصه نیز ۳ ناحیه آجای، الند، قطورچای، آق‌چای در نظر گرفته شده است. بر اساس این مطالعات تکتونیک نیمه فعال در این ناحیه حاکم می‌باشد که حداقل فعالیت تکتونیک این شاخصه در حوضه‌ی قطور دیده و حداکثر فعالیت در حوضه‌ی آق‌چای دیده می‌شود. (جدول و نمودار ۶)

b) شاخصه نسبت شکل حوضه زهکشی				
ردیف	ناحیه	BL(km)	BW(km)	BS(km)
1	الند	61	20.7	2.9
2	قطورچای	31.7	17.7	1.7
3	آق‌چای	18.5	7.5	2.4



شکل ۵: a- نمودار شاخصه‌ی شکل حوضه‌ی زهکشی، b- جدول شاخصه‌ی شکل حوضه‌ی زهکشی

b) شاخصه‌ی تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی					
ردیف	ناحیه	Da(km)	Dd(km)	T(km)	کلاس
۱	الند	3.5	13	0.3	2
۲	قطورچای	1.25	8.75	0.1	2
۳	آق‌چای	2.5	4	0.6	1



شکل ۶: a- نمودار تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی، b- جدول تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی

شاخصه‌ی عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی

$$AF = Ar * 100 / At$$

AF: فاکتور عدم تقارن

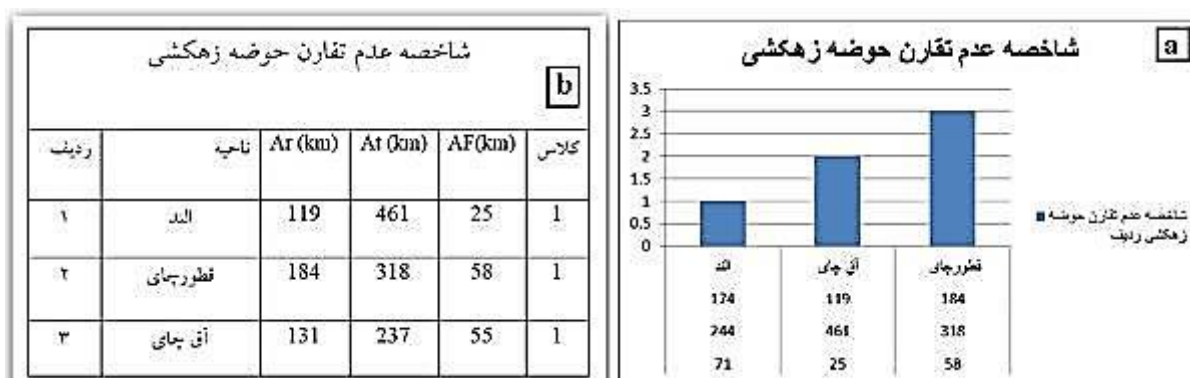
Ar: مساحت حوضه‌ی سمت راست

At: مساحت کل حوضه‌ی زهکشی

اولین معرفان این شاخصه (Keller and Pinter, 2002) می‌باشد، این عامل عدم تقارن می‌تواند میزان کج‌شدگی تکتونیکی حوضه‌ی زهکشی را در مقیاس‌های بزرگ نشان دهد.

برای اکثر شبکه‌های آبراهه‌هایی که تازه تشکیل شده و در آن‌ها جریان ادامه دارد و در حال تقارن هستند، فاکتور عدم تقارن در حدود ۵۰ درصد است، مقدار AF بیش‌تر یا کم‌تر از ۵۰ درصد به کج‌شدگی اشاره دارد. یعنی در یک رودخانه‌ای که به سمت شمال جریان دارد و چرخش تکتونیکی قسمت غرب را به سمت پایین حرکت داده است، شاخصه‌های رودخانه در قسمت شرق طویل‌تر شده و در قسمت غرب کوتاه‌تر می‌گردد و AF بیش‌تر از ۵۰- می‌شود. اگر کج‌شدگی در جهت عکس رخ داده باشد، آن‌گاه بیش‌ترین آبراهه‌ها در سمت چپ آبراهه‌ی اصلی خواهند بود و AF کم‌تر از ۵۰ است.

مقدار AF مشابه اکثر اندیس‌های ژئومورفیک است و بهتر است AF را جایی به کار ببریم که در زیر حوضه‌ی زهکشی جنس سنگ‌ها از یک نوع باشد. در نهایت می‌توان چنین تشخیص داد که شاخصه‌ی AF تمام طول حوضه‌ی تقارن را در نظر می‌گیرد، اما شاخصه‌های فرعی آبراهه‌ها که در مناطق پایین دامنه‌ها جریان دارند، ممکن است در حالت طبیعی از تقارن برخوردار نباشند، اما کج شدگی‌های فعال خارجی این آبراهه‌ها را متقارن نموده باشد. (جدول و نمودار ۷)



شکل ۷: a- نمودار عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی، b- جدول عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی

سنگ‌شناسی حوضه‌های مورد مطالعه

در ابتدای رودخانه‌ی الد رسوبات دانه درشت بوده و به سمت شرق و جنوب شرق ریز دانه می‌گردد. سنگ کف آن از نوع مارن و کنگلومرا می‌باشد که در ناحیه‌ی شمالی میزان مارن و در ناحیه‌ی جنوبی میزان کنگلومرایش تر است. حداکثر رسوبات در دهانه‌ی رودخانه‌ی الد ۲۰۰ متر است. رسوبات در عمق، یکنواخت بوده و لایه‌های ریز دانه وجود ندارد (شکل ۹).

سنگ کف رودخانه‌ی قطورچای نیز مارن و کنگلومرا است. حداکثر رسوبات در دهانه‌ی رود ۱۳۰ متر می‌باشد. رسوبات در طول جریان و عمق یکنواخت نبوده و لایه‌های رسی و سیلتی دانه ریز وجود دارد (شکل ۱۰).

رودخانه‌ی آق چای دارای پی سنگ‌های متبلور قدیمی، رودخانه‌ی پریچ و خم بوده و مائندری‌های نابالغ زیادی در آن تشکیل گردیده است. عرض بستر رودخانه بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر در تغییر می‌باشد. در این رودخانه از یک سو سنگ‌های نرم چون شیل، ماسه‌سنگ، سیلتستون، کنگلومرا با سیمان رسی، گل‌سنگ و سرپانتین و از سوی دیگر سنگ‌های سخت چون آهک‌های توده‌ای، توده‌های آذرین، آمفیبولیت و گنیس رخنمون دارند. در قسمت ابتدایی رود، کنگلومرای سازند قرمز تحتانی وضعیت زمین ریخت‌شناسی متفاوتی از قسمت میانی و انتهایی رودخانه دارد (شکل ۱۱).

بررسی جنبشی سامانه‌ی گسلی ناحیه‌ی خوی

در خصوص بررسی جنبشی سامانه‌ی گسلی خوی برخی از پژوهش‌گران مطالعاتی را انجام داده‌اند. به این منظور با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی منطقه (DEM)، سازوکار این سامانه‌ی گسلی مورد کنکاش قرار گرفته است

دیگرام گل سرخی (شکل ۱۲a) از گسل‌های نئوتکتونیک در شکل ۱۳ و رابطه بین میدان تنش جاری از منطقه (شکل ۱۲b) رسم شده است.

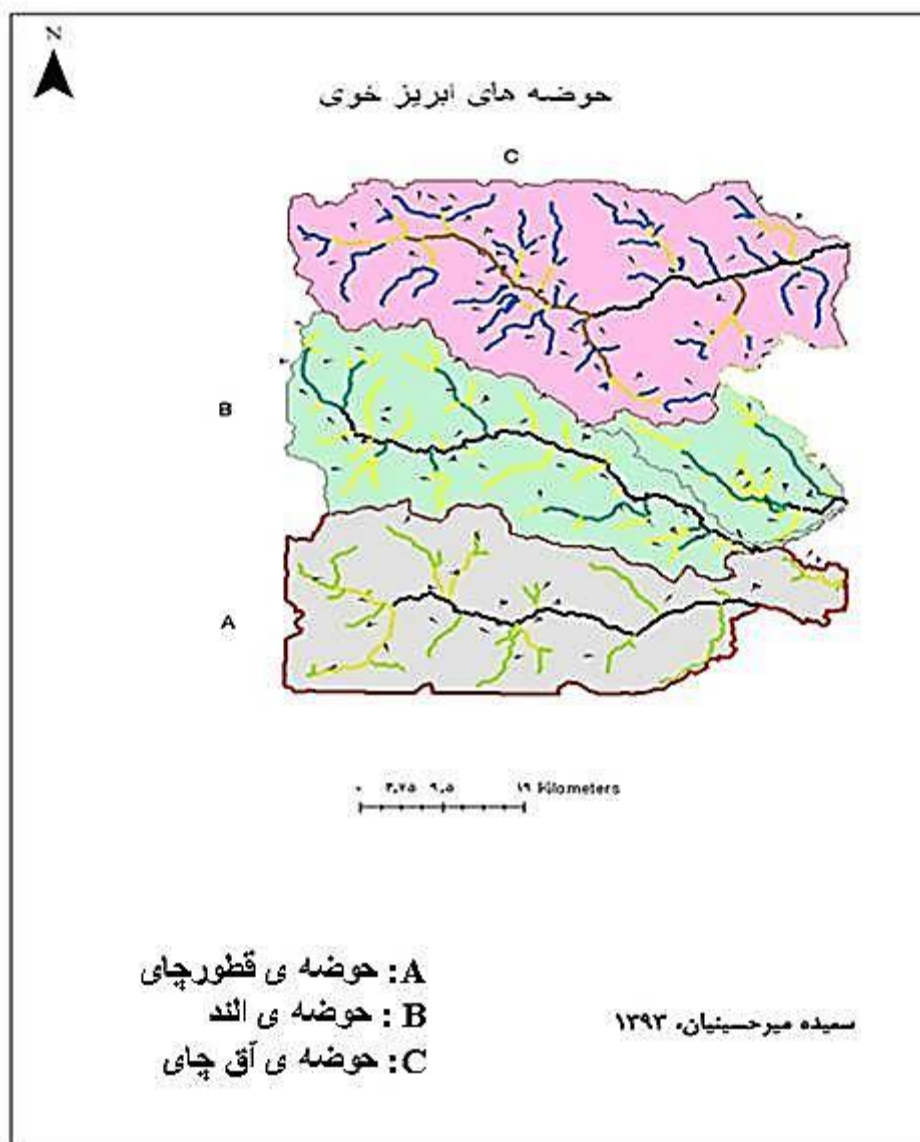
شواهد ریخت زمین‌ساختی، مانند قطع و جا به جا شدن مسیر رودخانه‌ها و بریده شدن مخروط‌افکنه‌ها از دلایلی هستند که می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص‌هایی برای تشخیص و شناسایی حرکات و جنبش‌های نئوتکتونیک گسل‌ها استفاده کرد. با توجه به موارد یاد شده و بررسی تصاویر ماهواره‌ای منطقه می‌توان ادعان داشت که سامانه‌ی گسلی خوی نیز از این نظر مستثنی نمی‌باشد. در شهر خوی دو رودخانه به نام‌های الند، آق‌چای از سیستم‌های اصلی رودخانه‌ای منطقه محسوب بوده که به صورت منحرف شده می‌باشند. میزان انحراف این رودخانه‌ها تقریباً با طول حوضه‌های کششی (دشت‌های) مجاور آن‌ها برابر است. بیش‌ترین میزان انحراف به رودخانه‌ی الند مربوط می‌شود که به میزان تقریباً ۲۱ کیلومتر از مسیر خود منحرف شده است و بزرگ‌ترین محور حوضه‌های کششی ایجاد شده متأثر از این سامانه‌ی گسلی حدود ۲۱ کیلومتر می‌باشد که به دشت زرآباد تعلق دارد. این موارد به‌عنوان شواهدی است که می‌تواند سازوکار امتدادلغز راست‌گرد این سامانه‌ی گسلی را آشکار سازد (شکل ۱۲b) (حاجی‌حسینلو، ۱۳۹۱).

بحث و نتیجه‌گیری

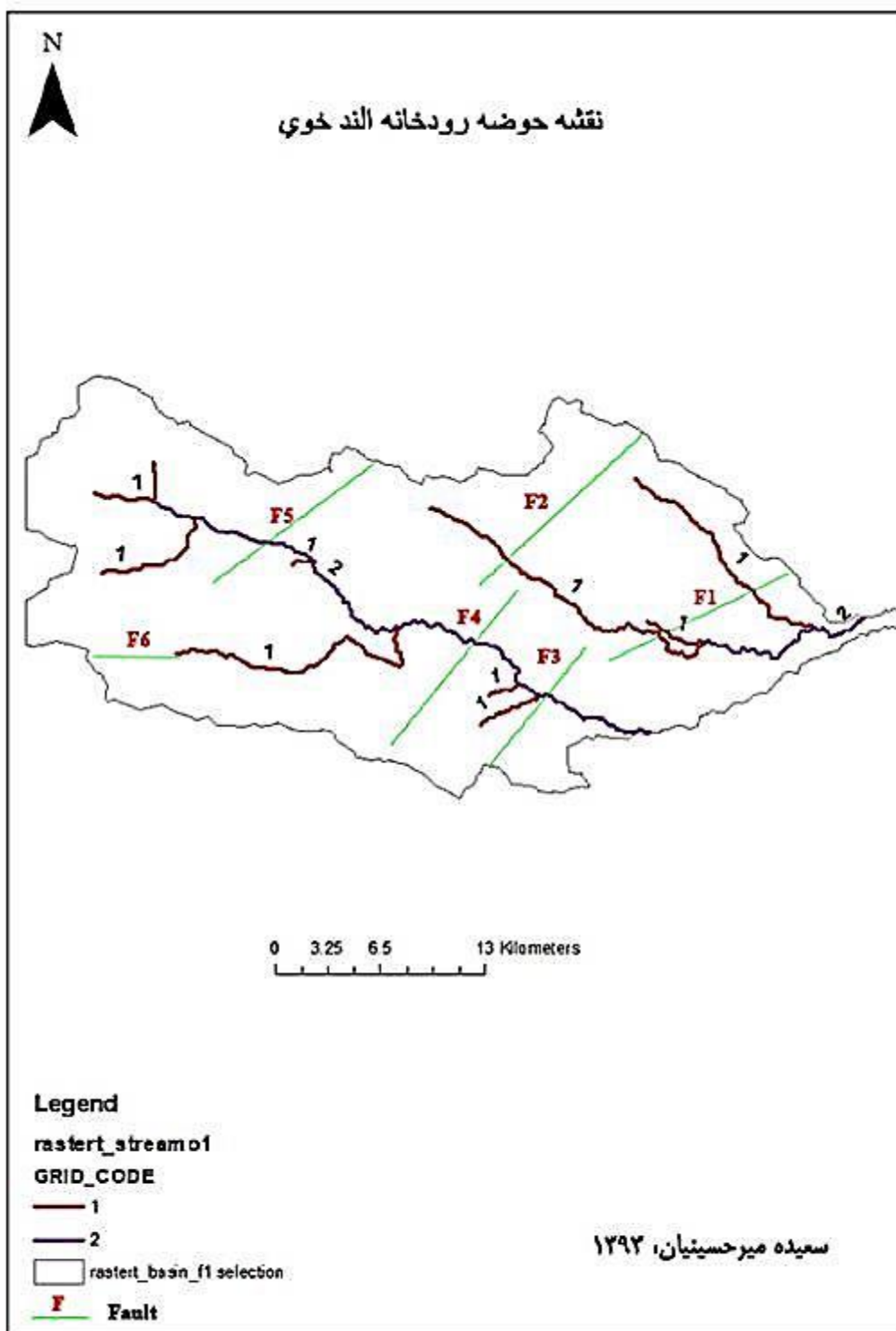
با تلفیق نتایج حاصل از مطالعه و تفسیر عکس‌ها، نمودارها و هم‌چنین با جمع‌آوری اطلاعات به این نکته پی می‌بریم که شاخص‌های مورفوتکتونیک، تکتونیک فعال شهرستان خوی را تحت تأثیر قرار داده و در شکل‌گیری توپوگرافی در این منطقه نقش مهمی را ایفا کرده‌است. بر اساس این مطالعات، نسبت‌های مورفوتکتونیک منطقه به منظور تحلیل فعالیت‌های تکتونیک مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصله از محاسبه‌ی شاخصه‌ی شکل حوضه‌ی زهکشی در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان دهنده‌ی تکتونیک نیمه فعال در این ناحیه می‌باشد. حداقل فعالیت تکتونیک این شاخصه در منطقه‌ی قطورچای دیده می‌شود. و آق‌چای نشان‌گر حداکثر فعالیت تکتونیک می‌باشد. شاخصه‌ی دیگر مورفوتکتونیک، اندازه‌گیری شاخصه‌ی تقارن توپوگرافی عرض حوضه‌ی زهکشی است که در غالب موارد نشان‌دهنده‌ی تکتونیک نیمه فعال در این منطقه می‌باشد. بر این اساس حداقل فعالیت تکتونیک در رود قطورچای قابل مشاهده است و رود آق‌چای دارای حداکثر فعالیت تکتونیک می‌باشد. در بررسی شاخصه‌ی عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی قطورچای تقریباً نیمه فعال و آق‌چای و الند فعال می‌باشند. در نتیجه با توجه نتایج به‌دست آمده، پیشنهاد می‌گردد برای احداث سازه‌های جدید و هم‌چنین برای احداث پروژه‌های عمرانی در این منطقه توان لرزه‌ای ناحیه بیش‌تر مورد بررسی قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

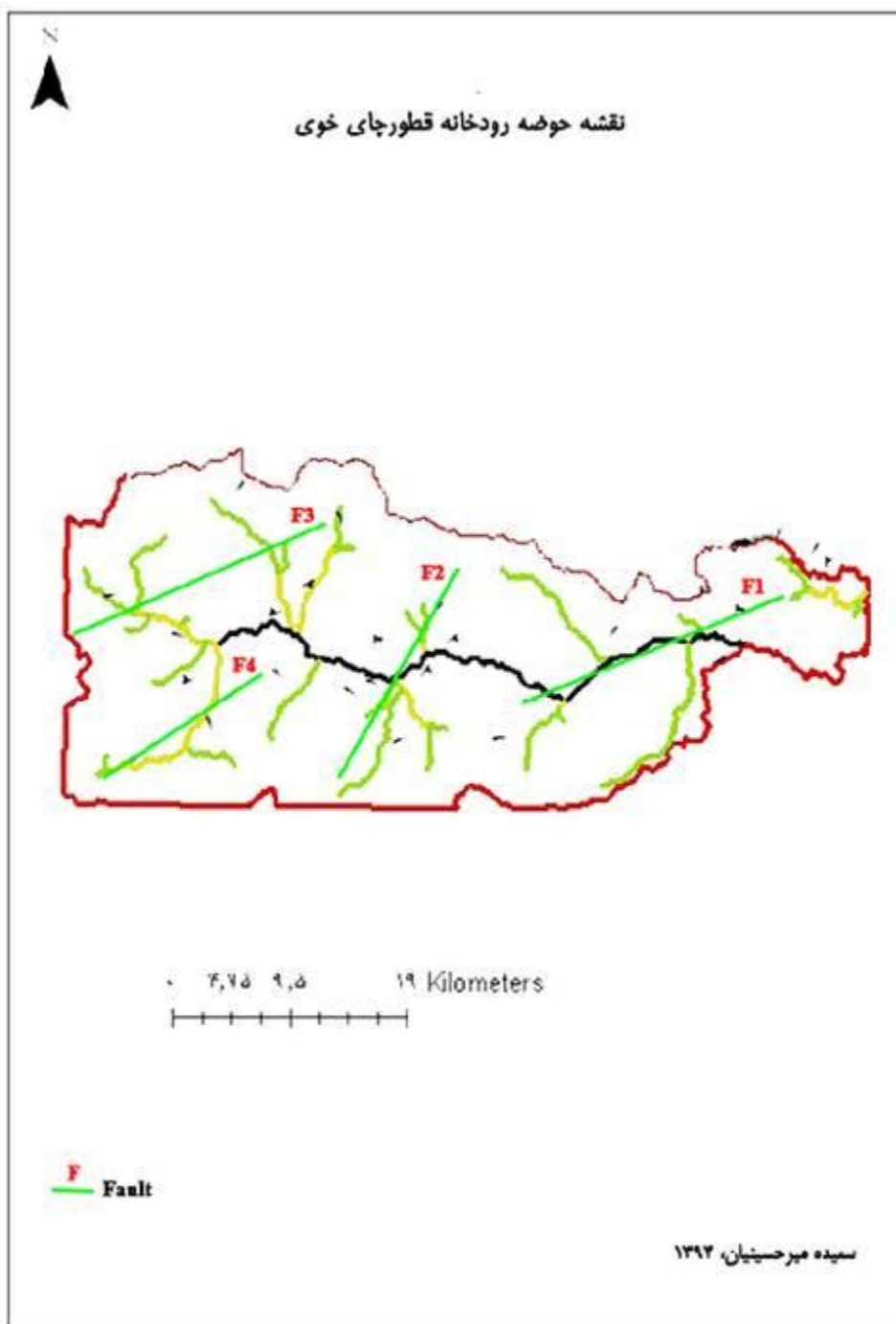
نویسندگان از هم‌کاری‌های صمیمانه‌ی گروه تکتونیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی در امر مطالعات نئوتکتونیک قدردانی می‌نمایند.



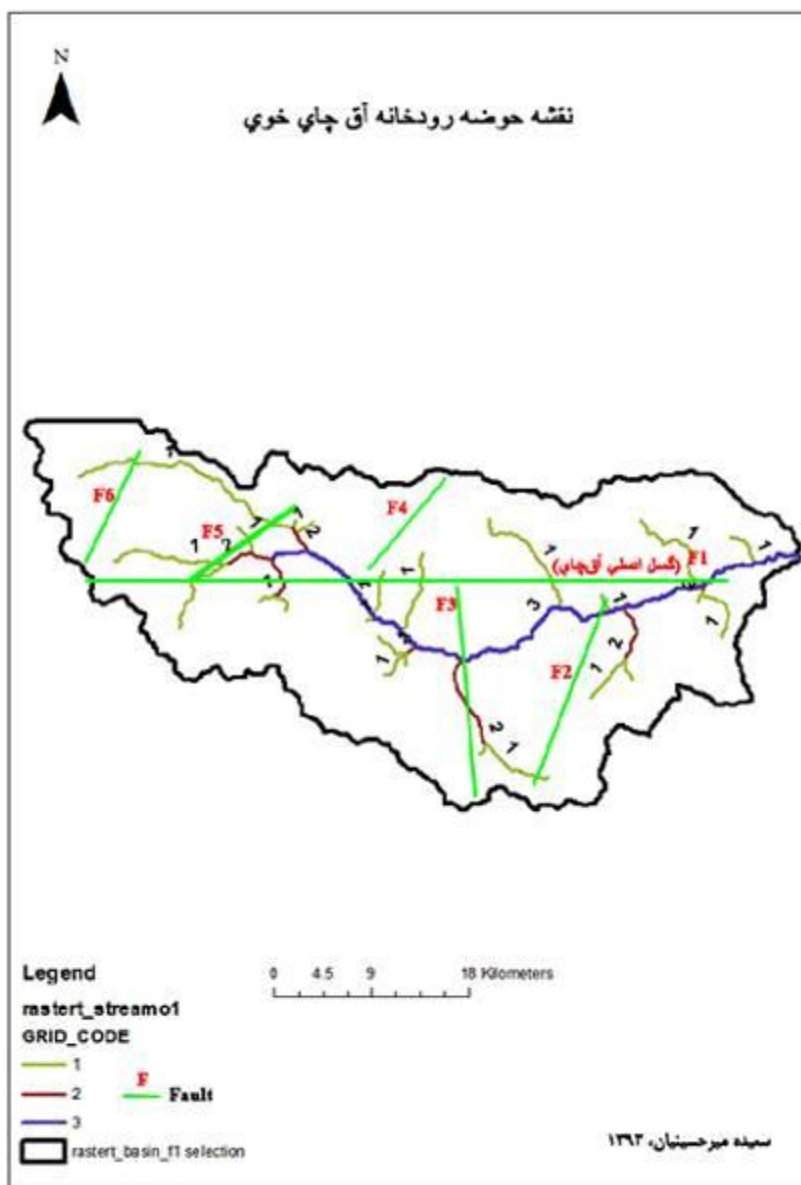
شکل ۸: نقشه ی حوضه های ابریز ناحیه ی خوی



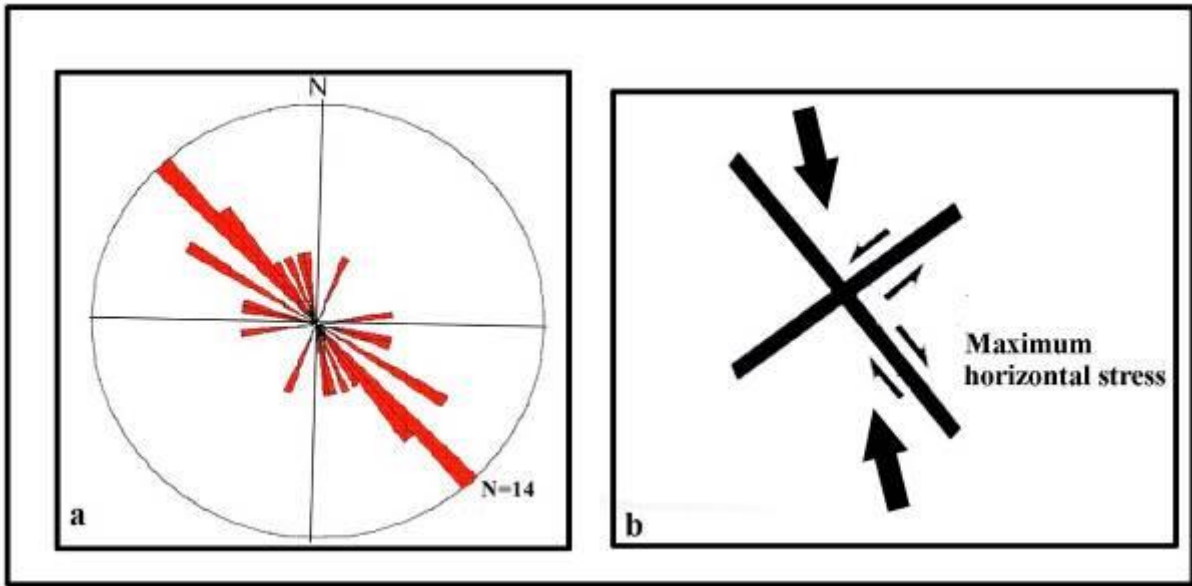
شکل ۹: نقشه‌ی حوضه‌ی آبریز آند



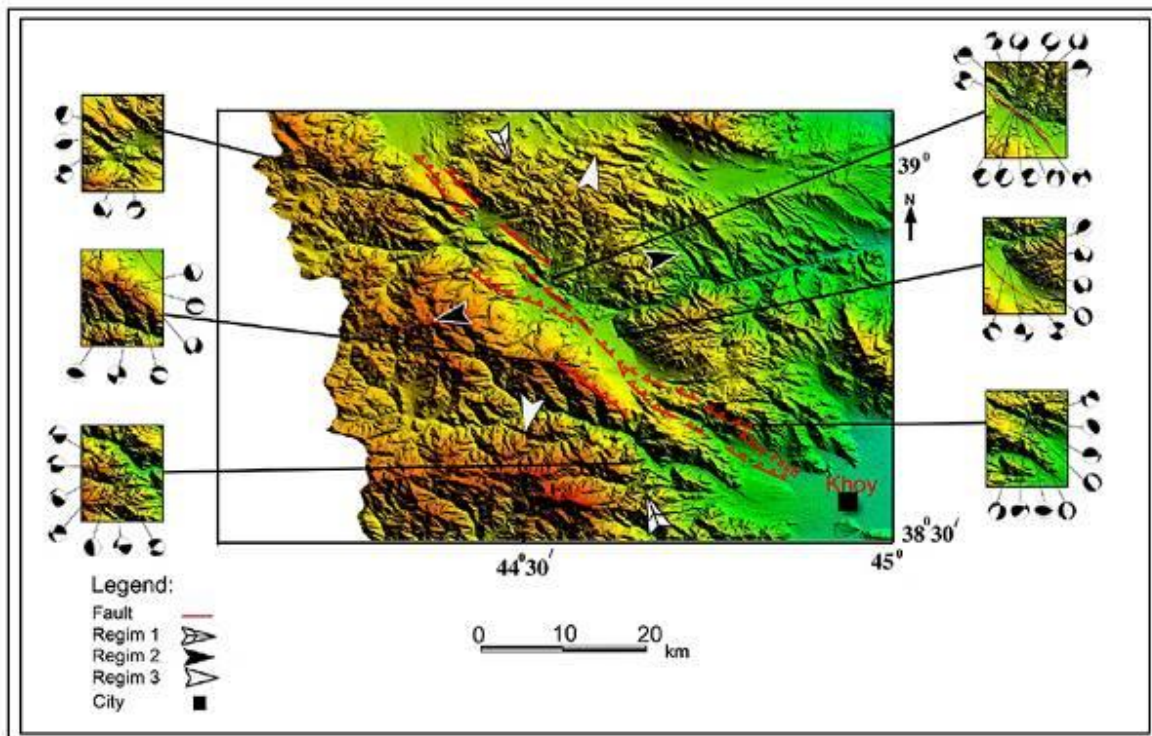
شکل ۱۰: نقشه‌ی حوضه‌ی آبریز قطور



شکل ۱۱: نقشه‌ی حوضه‌ی رودخانه‌ی آق چای



شکل ۱۲- a- دیاگرام گل سرخی از گسل‌های نوکتونیک نشان داده شده در شکل ۱۳، b- رابطه بین میدان تنش اخیر و روند گسل‌ها



شکل ۱۳ - سازوکار صفحات گسلی خوی، (حاجی حسینیلو، ۱۳۹۱)

منابع

۱- حاجی حسینیلو، ح.، ۱۳۹۱، تحلیل ساختاری زون برشی شمال خوی. پایان‌نامه‌ی دکتری، دانشگاه واحد علوم تحقیقات تهران، ۱۳۲ ص.

- ۲- میرحسینیان، س.، ۱۳۹۳، تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک‌ی محدوده خوی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی.
- ۳- نادرعلی، س.، ۱۳۸۹، تحلیل ساختاری سد آق‌چای منطقه‌ی بسطام، شمال غرب خوی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تران شمال.
- ۴- نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ خوی، ۱۳۷۷، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- 5- Azizi, H., Jahangiri, A., 2008. Cretaceous subduction-related volcanism in the northern Sanandaj-Sirjan Zone. *Iran. J. Geodyn.* 45, 178–190.
- 6- Bull, W.B., MCFadden, L., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault California, In: Doehring, D.O. (ed.), *Geomorphology in arid regions*, Proc. 8th. Ann. Geomorph. Symp. State University of New York, Binghamton: 115-138.
- 7- Hamdouni, R. El., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., Keller, E.A, 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Journal of Structural Geology*, Vol. 96, pp. 150 – 173.
- 8- Burbank, W., Anderson, R. S., 2001. *Tectonic geomorphology*. Blackwell, Oxford.
- 9- Hassanipak, A. A., Ghazi, M., 2000. Petrology, geochemistry and tectonic setting of the Khoy ophiolite, northwest Iran: implications for Tethyan tectonics. *J. Asian Earth Sci* 18, 109–121.
- 10- Khalatbari- Jafari, M., Juteau, T., Bellon, H., Whitechurch, H., Cotton, J., Emami, H., 2004. New geological, geochronological and geochemical investigations on the Khoy ophiolites and related formations, NW Iran, *J. Asian Earth Sci* 23, 507-535.
- 11- Obruchev V.A. 1948. Osnovnyje certy kinetikii plastiki neotectoniki. *Izv. Akad. Nauk. SSSR Ser. Geol.* 5.

