

ریخت زمین ساخت، هندسه و سازوکار جوان پهنه گسلی صوفیان - شبستر، آذربایجان (ایران)

اصغر قهرمانی زکریا^{۱*}، حمید نظری^۲ و محسن پور کرمانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ایران

^۳ استاد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۹

چکیده

پژوهش پیش رو با هدف بررسی‌های ریخت‌زمین‌ساختی در پهنه گسلی صوفیان - شبستر در پهنه البرز باختری - آذربایجان (شمال باختری ایران) به انجام رسیده است. این پهنه گسلی، در دامنه جنوبی بلندی‌های میشو، واحدهای زمین‌شناختی نئوژن و کواترنری را بریده است. بر پایه مطالعه داده‌های حاصل از تلفیق داده رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰، عکس‌های هوایی در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای لندست با دقت مکانی ۳۰ متر و اندازه‌گیری‌های میدانی، بیشینه جابه‌جایی افقی و شاقولی جمعی در طول پهنه گسلی صوفیان - شبستر به ترتیب 2500 ± 200 متر (در رودخانه مشق) و 66 ± 4 متر (در مخروط افکنه خاور روستای بنیس) برآورد شد. کمینه جابه‌جایی افقی و شاقولی جمعی (در بخش باختری پهنه گسلی) به ترتیب 9 ± 0.5 متر (در آبراهه جابه‌جا شده در شمال شرفخانه) و 6 ± 4 متر (در آبراهه شمال کوزه کنان) دیده شد. میزان جابه‌جایی افقی و شاقولی به ترتیب 135 ± 20 مترو 19 ± 4 متر (در رودخانه شمال باختری کوزه کنان)، امکان محاسبه زاویه ریک صفحه گسل را با استفاده از محاسبات هندسی در بخش باختری این پهنه گسلی فراهم می‌آورد. بر پایه این محاسبه، زاویه افت لغزش روی صفحه بخش گسلی شبستر برابر با 11 ± 4 درجه به سوی باختر است. بر پایه زاویه ریک محاسبه شده برای صفحه گسل و شواهد ریخت‌زمین‌ساختی پهنه گسل، پهنه گسلی صوفیان - شبستر دارای راستای N81E با زاویه ریک ۴ تا ۱۱ درجه به سوی باختر و سازوکار امتدادلغز راست گرد به همراه مؤلفه‌های فشاری با شیب به سوی شمال معرفی شده است. از این رو، پهنه گسلی صوفیان - شبستر (شامل پاره‌گسل‌های صوفیان، شبستر، F1، شرفخانه F2 و F3) از دیدگاه نوزمین‌ساخت، پهنه‌ای جنب‌به‌شمار می‌آید.

کلیدواژه‌ها: ریخت‌زمین‌ساخت، پهنه گسلی جنب، پهنه گسلی صوفیان - شبستر، آذربایجان، البرز باختری، ایران

*نویسنده مسئول: اصغر قهرمانی زکریا

E-mail: asghar.zakaria@gmail.com

۱- پیش‌گفتار

در سال در جهت شمالی و $V=4.8$ میلی‌متر در سال در جهت خاوری حرکت می‌کند (Masson et al., 2006). به باور (Solaymani Azad (2009) گسل‌های پهنه باختری گسل شمال تبریز (گسل‌های شمال میشو، جنوب میشو، شبستر، صوفیان و تسوج)، گسل‌هایی با سازوکار رانده یا مورب لغز (وارون به همراه مؤلفه امتدادلغز راست‌گرد) هستند. اگرچه مطالعات تاریخی و ثبت زمین‌لرزه‌های دستگاهی گواهی بر رخداد زمین‌لرزه در پیوند با پهنه گسلی صوفیان - شبستر به دست نداده است، با این وجود پهنه گسلی شمال تبریز که در ادامه خاوری پهنه گسلی صوفیان - شبستر گسترش یافته، زمین‌لرزه‌های بزرگی (۱۷۸۰، ۱۰۴۲ و ۱۷۸۶ میلادی به ترتیب با بزرگی‌های $M_s=7.3$ ، $M_s=7.4$ و $M_s=6.3$) را تجربه کرده است. از زمین‌لرزه‌های دستگاهی روی داده در این گستره نیز می‌توان به زمین‌لرزه‌های ۱۳۶۳، ۱۳۴۴ (با بزرگی بیش از ۴/۵ ریشتر در حوالی شهرستان شبستر) و ۱۳۶۷ (۲ زمین‌لرزه به بزرگی ۴ و ۴/۳ ریشتر در بندر شرفخانه) اشاره کرد. آهنگ لغزش افقی در بخش باختری گسل شمال تبریز (از شهر تبریز تا جنوب شهر مرند که بخش خاوری گستره مورد مطالعه است) بر پایه جابه‌جایی چاه قنات و جابه‌جایی سامانه زهکشی به ترتیب معادل ۳/۷ تا ۴ میلی‌متر در سال و ۳/۱ تا ۶/۴ میلی‌متر در سال و آهنگ لغزش عمودی نیز بر همین اساس ۰/۵ تا ۰/۸ میلی‌متر در سال برآورد شد و دوره بازگشت متوسط زمین‌لرزه‌های بزرگ کمینه ۳۵۰ سال و بیشینه ۱۴۳۰ سال محاسبه شد ولی در عین حال احتمال وقوع یک زمین‌لرزه متوسط در تبریز در آینده نزدیک بسیار امکان‌پذیر به نظر می‌رسد (Hessami et al., 2003).

گستره مورد مطالعه در شمال باختر ایران و در فاصله ۴۰ کیلومتری شمال باختری شهرستان تبریز در شمال خاوری دریاچه ارومیه قرار دارد. پهنه گسلی صوفیان - شبستر در دامنه جنوبی کوه میشو و در ۲ تا ۳ کیلومتری شمال شهرستان شبستر قرار گرفته است. پهنه گسلی صوفیان - شبستر از سمت خاوری خود (جنوب روستای باغ وزیر) از گسل شمال تبریز منشعب و به سمت باختر (شمال شهر شرفخانه) ادامه می‌یابد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). گستره مورد مطالعه دامنه جنوبی کوه میشو از نهشته‌های کواترنری و نئوژن تشکیل شده است. رودخانه‌های گستره یادشده (که روند تقریباً شمالی - جنوبی دارند) نهشته‌های کهن‌تر (پرکامبرین، مزوزویک و نئوژن) را در بالادست فرسایش داده و با رسوب آنها در پایین دست، مخروط افکنه‌ها را تشکیل می‌دهند. فعالیت پهنه گسلی یاد شده سبب درگیریتی در نهشته‌های کواترنری گشته و سیمایی همچون پادگانه‌های زمین‌ساختی، پرتگاه‌های گسلی، آبراهه‌های جابه‌جا شده، پشته‌های مسدود کننده و ... را به وجود آورده است. بر پایه مطالعات انجام شده در گستره مورد مطالعه، در مورد هندسه و سازوکار و روند پهنه گسلی صوفیان - شبستر نظرات مختلفی ارائه شده است. (Eftekhari Nezhad et al., 1991)، زارع (۱۳۷۹) و (Berberian (1997) سازوکار این پهنه گسلی را وارون با شیب به سمت شمال معرفی کرده‌اند. بر پایه نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مرند (Asadian et al., 1994) پهنه گسلی مورد مطالعه از روند گسل اصلی (گسل شمال تبریز) پیروی کرده و رسوبات جوان کواترنری را در این گستره گسسته است. بر پایه مطالعات بعدی توسط Karakhanian et al. (2004) گسل صوفیان، گسلی امتدادلغز چپ‌گرد معرفی شده است. با توجه به داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های GPS در شمال باختر کشور، گستره مورد مطالعه نسبت به اوراسیا با سرعت $V=10.9$ میلی‌متر در سال در جهت شمالی و با سرعت $V=0.7$ میلی‌متر در سال در جهت خاوری حرکت می‌کند. این گستره نسبت به ایران مرکزی با سرعت‌های $V=-0.4$ میلی‌متر

۲- پهنه گسلی صوفیان - شبستر

پهنه گسلی صوفیان - شبستر با درازای بیش از ۵۸ کیلومتر و پهنای به طور متوسط ۱/۵-۱ کیلومتر از نظر ساختاری به ۴ بخش قابل تفکیک است: بخش اول این پهنه گسلی (خاوری) بخش گسلی صوفیان (خاور شهر صوفیان تا شمال

در راستای پهنه گسلی یاد شده در گستره روی داده است که بیشتر در رسوبات کواترنری رخ داده‌اند. گسل‌های کوچک در شمال شهر کوزه کنان در آبراهه جریان یافته در مخروط افکنه کواترنری دیده می‌شود. آثار خش‌لغز با زاویه ریک ۹۰ درجه بر روی این گسل‌ها دیده می‌شود، ولی دلیلی برای وارون یا عادی بودن آنها یافت نشد. این گسل‌ها با شیب به سمت شمال در جنوب پهنه گسلی صوفیان - شبستر و در فاصله کمی از آن قرار گرفته‌اند. شواهد ریخت‌زمین‌ساختی ارائه شده در این پژوهش، سازوکار امتدادلغز راستگرد با مؤلفه معکوس را برای بخش گسلی شبستر معرفی می‌کنند.

۳-۲. بخش‌های گسلی F1 و F3

بخش گسلی F1 کم‌ویش از بخش مرکزی گستره (شمال شهرستان شبستر) با بردن لایه‌های میوسن (واحد M^m) به سمت باختر گستره ادامه می‌یابد (شکل ۱۰). جابه‌جایی راست‌گرد آبراهه‌ای در شمال شهر خامنه بیانگر وجود مؤلفه افقی امتدادلغز راست‌گرد برای این بخش گسلی است (شکل ۱۱). در این نقطه این گسل یک پله کوچک در حد ۱ تا ۱/۵ متر در بخش بلوک جنوبی خود ایجاد کرده است. افزون بر آن، عملکرد این گسل سبب لغزش لایه‌های مارنی میوسن در میان همدیگر شده و همچنین سبب عمودشدگی در لایه‌های مارنی میوسن در رودخانه کبوتران چای شده است. بر پایه مطالعات پیشین (Masson et al., 2006) این گستره حرکت کم‌ویش شمالی - جنوبی نسبت به اوراسیا دارد و همچنین با در نظر گرفتن روند خاوری - باختری بخش گسلی F1 و شواهد ریخت‌زمین‌ساختی یاد شده هندسه و سازوکار این گسل امتدادلغز راست‌گرد با مؤلفه شیب‌لغزی وارون و شیب به سمت جنوب تعیین شد.

بخش گسلی F3 نیز با ویژگی‌های هندسی $R=03^{\circ}E$ و $FP=N26E/90$ در شمال روستای کندرود مرز میان رسوبات کواترنری و لایه‌های کنگلومرای میوسن را تشکیل می‌دهد و در سمت شمال خاوری خود رسوبات تپ فلیش کرتاسه را برش داده است. آثار خش‌لغز و درزه‌های کششی و پله کلسیتی در آینه گسلی، این گسل را امتدادلغز راست‌گرد نشان می‌دهند. چشمه‌های گسلی در امتداد بخش گسلی F3 به وجود آمده‌اند که سبب رونق کشاورزی منطقه شده است.

۴-۲. بخش گسلی شرفخانه (F2)

بخش گسلی شرفخانه با امتداد شمال باختری - جنوب خاوری در شمال شهر شرفخانه قرار دارد (شکل ۲). این گسل واحدهای کواترنری شمال شهر شرفخانه را بریده و سبب بالآآمدگی بخش‌های شمالی خود نسبت به بخش‌های جنوبی خود شده است و نسبت به بخش گسلی شبستر به حالت پلکانی چپ‌گرد (Left-Stepped) قرار گرفته است (شکل ۱۲). آبراهه جابه‌جا شده در طول این گسل نشان از وجود مؤلفه افقی امتدادلغز راست‌گرد این گسل دارد (شکل ۱۳). کمینه میزان جابه‌جایی افقی دیده شده در طول بخش گسلی شرفخانه بر پایه آبراهه جابه‌جا شده در رسوبات کواترنری 9 ± 0.5 متر است. شواهد ریخت‌زمین‌ساختی سازوکار امتدادلغز راست‌گرد و وارون با شیب صفحه به سمت شمال را برای بخش گسلی شرفخانه معرفی می‌کند.

۳- کسل‌های عادی

گسل‌های عادی در گستره مورد مطالعه را می‌توان به دو نوع تقسیم کرد: الف) گسل‌های عادی در رابطه با تنش وارده به گستره: نمونه‌ای از این گسل‌ها را می‌توان در باختر شهرستان شبستر و در نهشته‌های مخروط افکنه کواترنری دید (شکل ۱۴). با توجه به جهت تنش فشارشی وارده به گستره که شمالی - جنوبی است و روند این گسل (تقریباً شمالی - جنوبی)، ایجاد این گسل را می‌توان در رابطه با تنش اصلی وارده به گستره در نظر گرفت. این گسل با ویژگی‌های $FP=020/82SE$ و $R=65N$ ، گسلی عادی با مؤلفه امتدادلغز چپ‌گرد است. ب) گسل‌های عادی در رابطه با عملکرد گسل‌های وارون: این گسل‌ها

روستای سرکندیزج) با روند خاوری - باختری است. بخش دوم شامل بخش گسلی F3 و قسمتی از بخش گسلی شبستر (شمال روستای سرکندیزج تا شمال شهرستان شبستر) با روند شمال خاوری - جنوب باختری است. بخش سوم شامل قسمت دیگر بخش گسلی شبستر و بخش گسلی F1 (شمال شهرستان شبستر تا شمال باختری شهر کوزه کنان) با روند شمال باختری - جنوب خاوری است. بخش چهارم (باختری) شامل بخش گسلی شرفخانه (شمال شهر شرفخانه) با روند شمال باختری - جنوب خاوری است. بخش‌های گسلی در این پهنه گسلی نسبت به یکدیگر به صورت پلکانی چپ پله (Left-Stepping) قرار گرفته‌اند (شکل ۱) که در ادامه به شرح آنها خواهیم پرداخت. گسل‌های عرضی (Tear Faults) نیز در گستره مورد مطالعه روند شمالی - جنوبی داشته و با حرکت راستالغزی خود سبب جابه‌جایی پهنه گسلی یاد شده شده‌اند و برخی از آبراهه‌ها و رودخانه‌ها در امتداد آنها بستر خود را گسترش داده‌اند. در این پژوهش بخش‌های گسلی به طور جداگانه بررسی شده‌اند.

۲-۱. بخش گسلی صوفیان

بخش گسلی صوفیان با روند تقریباً خاوری - باختری از خاور شهر صوفیان تا شمال روستای سرکندیزج ادامه دارد و سبب تغییر شکل در لایه‌های سیلتی میوسن در باختر روستای هارونیه شده، به طوری که در این لایه‌ها سبب تشکیل چین - کشیده (Drag Fold) شده است (شکل ۴). در این محل، اثر گسل در سطح زمین به وسیله رویش بوته‌ها دیده می‌شود که شیب زیاد به سمت شمال را برای گسل به دست می‌دهد. در ادامه به سمت باختر گستره در شمال روستای سرکندیزج، بخش گسلی صوفیان مرز میان سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی کرتاسه و سنگ‌های آهکی گلوپوترونکانادار کرتاسه را تشکیل می‌دهد. در این محل، فعالیت بخش گسلی یاد شده سبب بلورین شدن و چین‌خوردگی در لایه‌های آهکی شده است. ویژگی‌های هندسی گسل یاد شده در این محل از رخنمون صفحه گسلی اندازه‌گیری شد: $R=15E$ و $FP=N88E/90$ (Strike/Dip).

۲-۲. بخش گسلی شبستر

بخش گسلی شبستر در شمال روستای کندرود با ویژگی‌های هندسی $FP=054/89NW$ و زاویه ریک $R=04W$ سبب عمودشدگی لایه‌های کنگلومرای میوسن شده است. در این بخش از گستره، پادگانه‌های زمین‌ساختی در مخروط افکنه‌های خاور روستای بنیس دیده می‌شود به طوری که پادگانه ۱ کهن‌تر از پادگانه ۲ و پادگانه ۳ جوان‌تر از آنها است (شکل ۵). وجود فرایش فعال به همراه گسلش امتدادلغز راست‌گرد افزون بر تشکیل این پادگانه‌ها، سبب حفر بستر کانال رودخانه‌ها در گستره شده است که در هر سه بخش گستره دیده می‌شود. از آشکارترین زمین‌ریخت‌های ایجاد شده در این بخش، پرتگاه‌های گسلی بارز در مخروط افکنه خاور روستای بنیس (شکل‌های ۶ و ۷) و مخروط افکنه شمال شهر خامنه (شکل ۱۰) است، که نشان از مؤلفه شیب‌لغز گسل دارد. فعالیت پهنه گسلی مورد مطالعه سبب جابه‌جایی راست‌گرد مخروط افکنه خاور بنیس نیز شده است (شکل ۸). از عوارض ایجاد شده در طول گسل‌های امتدادلغز دره‌های خطی هستند که همراه با چشمه‌های گسلی ایجاد شده در مخروط افکنه شمال روستای کندرود، نشان از فعالیت گسل دارند. در این بخش از گستره مورد پژوهش حرکت امتدادلغز پهنه گسلی صوفیان - شبستر سبب جابه‌جایی آبراهه‌ها و به وجود آمدن پشته مسدود کننده (Shutter ridge) (شکل ۱۰) شده است. بیشترین جابه‌جایی افقی ایجاد شده توسط بخش گسلی شبستر احتمالاً در رودخانه مشفق است که در حدود 2500 ± 200 متر محاسبه شد (شکل ۹). کانال دیرینه رودخانه در این شکل با خط چین زرد رنگ مشخص شده که روی بلوک شمالی مهاجرتی به سمت راست را نشان می‌دهد. زمین‌لغزش‌ها از پدیده‌های خطرآفرینی هستند که در بیشتر موارد فعالیت و لرزه‌خیزی گسل‌ها می‌تواند سبب شکل‌گیری آنها شود و مخاطرات بسیاری را برای جوامع انسانی در پی آورد. زمین‌لغزش‌های آشکاری

الف) بخش اول (خاوری): با روند خاوری- باختری از خاور شهر صوفیان تا شمال روستای سرکندیزج قابل ردیابی است؛ ب) بخش دوم: شامل بخش گسلی F3 و بخشی از بخش گسلی شبستر با روند شمال خاوری- جنوب باختری از شمال روستای سرکندیزج تا شمال شهرستان شبستر است؛ ج) بخش سوم: شامل قسمت دیگر بخش گسلی شبستر و بخش گسلی F1 (شمال شهرستان شبستر تا شمال باختری شهر کوزه کنان) با روند شمال باختری- جنوب خاوری که است؛ د) بخش چهارم (باختری): شامل بخش گسلی شرفخانه با روند شمال باختری- جنوب خاوری که در شمال شهر شرفخانه قرار دارد.

بر پایه زاویه ریک محاسبه شده برای صفحه گسل و شواهد ریخت‌زمین‌ساختی حاصل از فعالیت پهنه گسل، پهنه گسل صوفیان- شبستر دارای راستای N81E با زاویه ریک ۴ تا ۱۱ درجه به سوی باختر و سازوکار امتدادلغز راست‌گرد به همراه مؤلفه‌های وارون با شیب به سوی شمال معرفی شده است.

بخش گسلی F1 با توجه به شواهد ریخت‌زمین‌ساختی، گسلی با مؤلفه افقی امتدادلغز راست‌گرد و مؤلفه شیب‌لغزی وارون با شیب به سمت جنوب مشخص شد. میزان زاویه افت بر روی سطح این گسل 15 ± 2 درجه به سوی خاور محاسبه شد. بخش گسلی F3 با ویژگی‌های $R=03^\circ E$ و $FP=N26E/90$ در شمال روستای کندرود، گسلی امتدادلغز راست‌گرد است. بخش گسلی شرفخانه (F2) نیز با توجه به شواهد یاد شده در متن گسلی با مؤلفه افقی امتدادلغز راست‌گرد و مؤلفه شیب‌لغز وارون با شیب به سمت شمال تعیین شد.

بیشترین میزان جابه‌جایی افقی رخ داده در طول پهنه گسلی صوفیان- شبستر حدود 2500 ± 200 متر در رودخانه مشفق است. با توجه به ویژگی‌های گسل جنب‌ها و شواهد ریخت‌زمین‌ساختی، پهنه گسلی صوفیان - شبستر به عنوان پهنه گسلی جنب‌ها به شمار می‌آید.

سپاسگزاری

به این وسیله از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در مرکز و مدیریت شمال باختری به سبب همکاری‌ها و مساعدت بی دریغ در انجام این پژوهش قدردانی می‌شود. از آقای دکتر خالد حسامی آذر در پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان و همچنین از آقای مهندس فریدی رئیس گروه زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مدیریت شمال باختری به سبب همراهی و کمک‌های بی‌دریغشان در طی این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

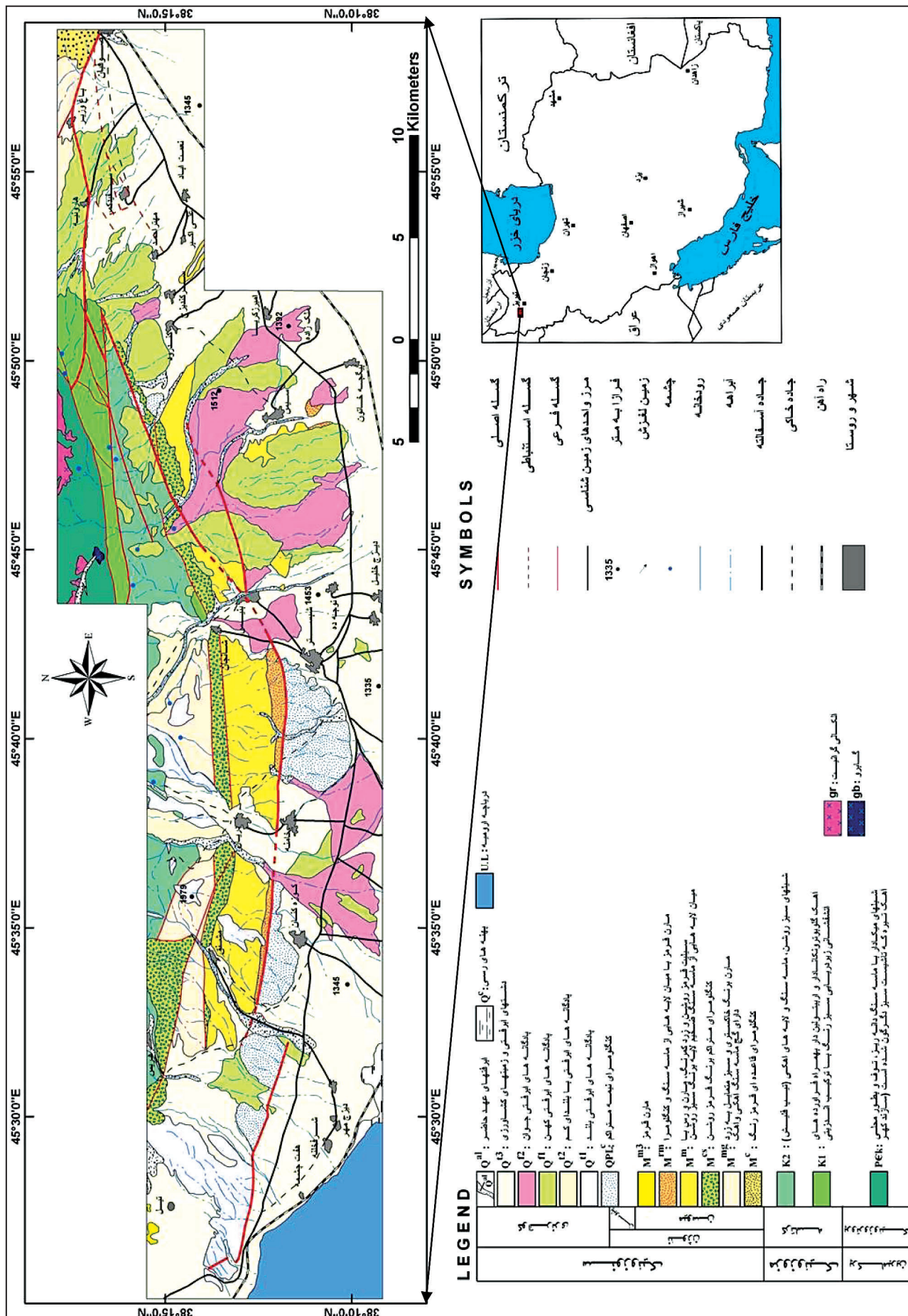
در رابطه با گسل‌های وارون گستره مورد مطالعه و در گستره‌های کششی بر روی بلوک فرادپواره گسل‌های وارون شکل گرفته‌اند که این خود می‌تواند دلیلی بر وجود گسل‌های رانده و کور باشد (شکل ۱۰). در این شکل گسل‌های NF1 و NF2 به ترتیب با ویژگی‌های هندسی $FP=126/65NE$ ، $FP=130/65NE$ ، $R=35W$ و $R=15W$ در رابطه با بخش گسلی شبستر و گسل NF3 با ویژگی‌های $FP=090/80S$ در $R=90$ در رابطه با بخش گسلی F1 و شبستر شکل گرفته‌اند.

۴- برآورد میزان دگرشکلی

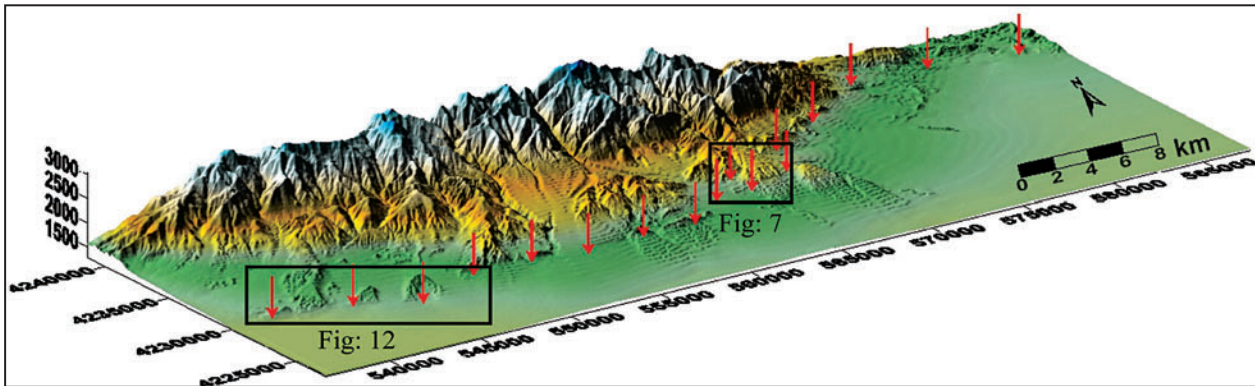
برای محاسبه میزان دگرشکلی، برش‌های توپوگرافی از روی نقشه‌های رقومی توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و داده‌های حاصل از برداشت‌های GPS با خطای ۴ متر بر روی آبراه‌ها و پشته‌های جابه‌جا شده توسط گسل، رسم شد. برش‌های توپوگرافی بر ردگسل (Fault trace) عمود بوده و از روی آنها مقدار جابه‌جایی‌های شاقولی (V) و افقی (H) اندازه‌گیری شد. بر پایه بررسی برش‌های یاد شده (شکل‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷) در میانه گسل بیشترین میزان دگرشکلی بر پایه پشته جابه‌جا شده در مخروط افکنه خاور روستای بنیس و نیز میزان جابه‌جایی افقی 627 ± 50 متر و میزان جابه‌جایی شاقولی 66 ± 4 متر در این موقعیت محاسبه شد. در بخش باختری گستره نیز مقدار جابه‌جایی افقی و شاقولی برای پهنه گسلی صوفیان - شبستر بر پایه آبراهه جابه‌جا شده در شمال باختری کوزه‌کنان، به ترتیب برابر 135 ± 20 متر و 19 ± 4 متر محاسبه شد. کمینه جابه‌جایی شاقولی محاسبه شده برای پهنه گسلی صوفیان- شبستر در بخش باختری برابر 6 ± 4 متر (در آبراهه شمال کوزه‌کنان) است. برای بخش گسلی F1 نیز مقادیر جابه‌جایی افقی و شاقولی بر پایه آبراهه جابه‌جا شده در شمال خامنه به ترتیب عبارتند از: 64 ± 15 متر و 12 ± 4 متر. بر پایه مقادیر محاسبه شده برای شیب و راستا و مقادیر جابه‌جایی‌های افقی و شاقولی و به کارگیری روش و روابط هندسی (Nazari, 2006)، میزان زاویه افت بر روی سطح گسل (Pitch) در حدود 11 ± 4 درجه به سوی باختر (بر پایه آبراهه جابه‌جا شده در شمال کوزه‌کنان) برای بخش گسلی شبستر در بخش باختری گستره و در حدود 15 ± 4 درجه به سوی خاور برای بخش گسلی F1 (بر پایه آبراهه جابه‌جا شده در شمال خامنه) محاسبه شد.

۵- نتیجه‌گیری

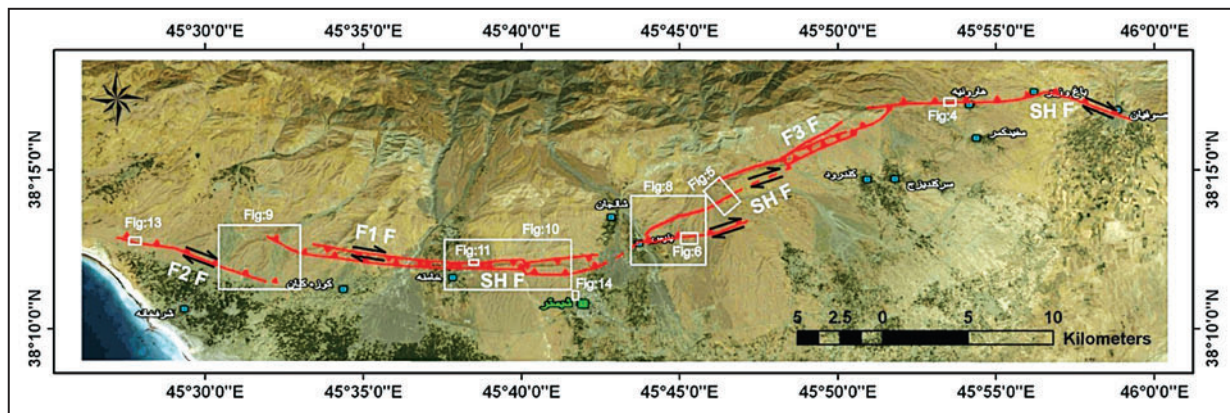
روند ساختاری پهنه گسلی صوفیان - شبستر را می‌توان به ۴ بخش تقسیم کرد که نسبت به هم به حالت پلکانی چپگرد قرار گرفته‌اند:



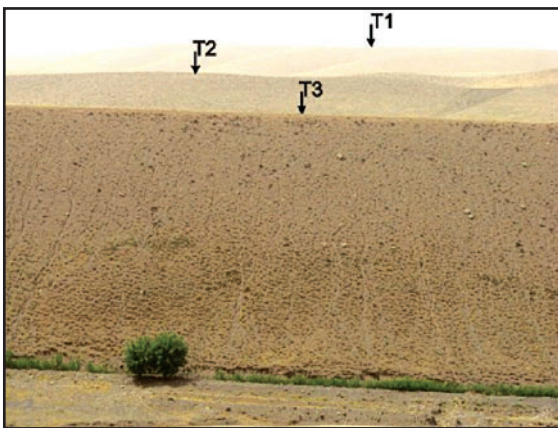
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه و موقعیت گستره در کشور به همراه راهنمای نقشه، خطوط سرخ پرننگ نشانگر پهنه گسلی صوفیان - شبستر است. (Asadian et al., 1994; Khodabandeh & Amimi-Fazl, 1993)



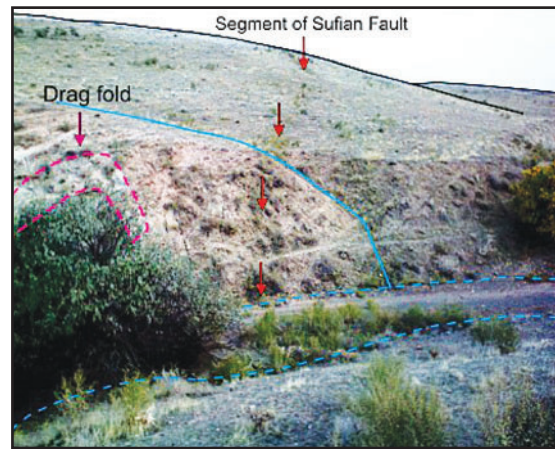
شکل ۲- مدل سه‌بعدی (DEM) از گستره مورد مطالعه در دامنه جنوبی بلندی‌های میشو بر پایه داده‌های توپوگرافی رقومی ۱/۲۵۰۰۰/افراهم‌آمده در نرم‌افزار Surfer8 (http://goldensoftware.com). پیکان‌های سرخ عمودی موقعیت پهنه گسلی صوفیان- شبستر را نشان می‌دهند.



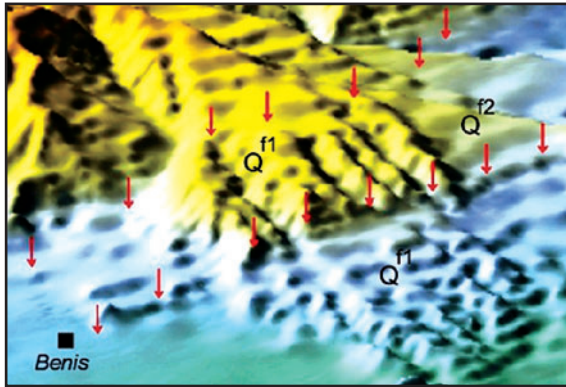
شکل ۳- موقعیت پهنه گسل صوفیان- شبستر بر زمینه‌ای از تصویر برگرفته از <http://www.earthgoogle.com>. چهار گوش‌های سفید نشانگر موقعیت شکل‌ها هستند. SH F: پاره گسل شبستر؛ F1 F؛ پاره گسل F2 F؛ F1 F؛ پاره گسل شرفخانه (F2)؛ F3 F؛ پاره گسل F3



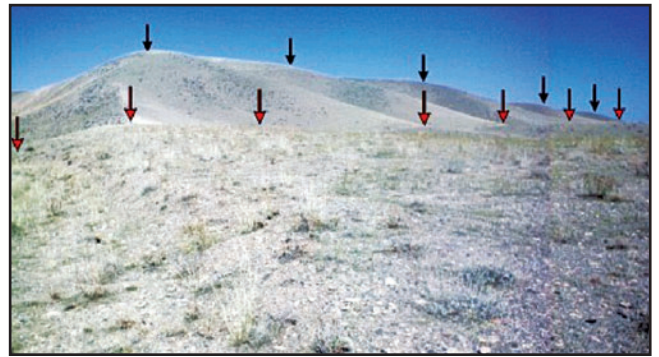
شکل ۵- پادگانه‌های زمین‌ساختی در شمال خاوری روستای بنیس در موقعیت جغرافیایی $X=45.7704^\circ$ و $Y=38.2356^\circ$ (دید به سوی باختر).



شکل ۴- چین کشیده و رویش گیاهان در طول بخش گسلی صوفیان در موقعیت جغرافیایی $X=45.8945^\circ$ و $Y=38.2855^\circ$ ، پیکان‌های سرخ محل گسل در نهشته‌های کواترنری، خط چین آبی نشانگر محل کانال آبراهه و خط چین و پیکان صورتی چین کشیده را نشان می‌دهند (دید به سوی خاور).

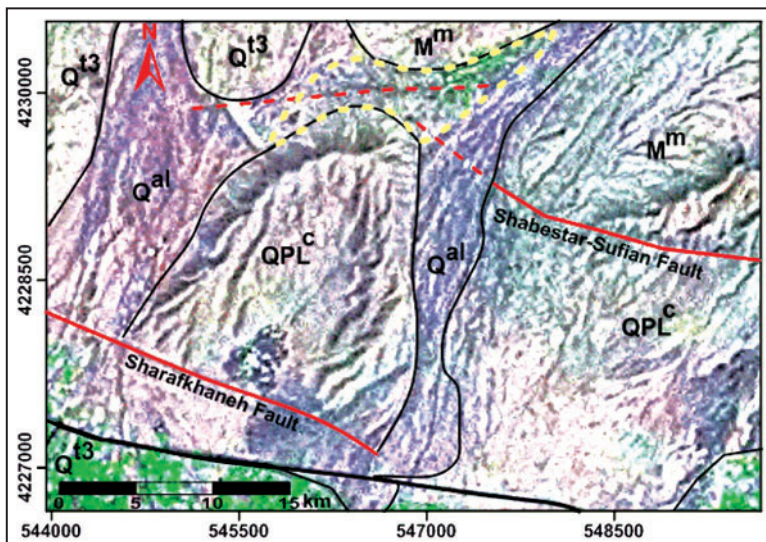
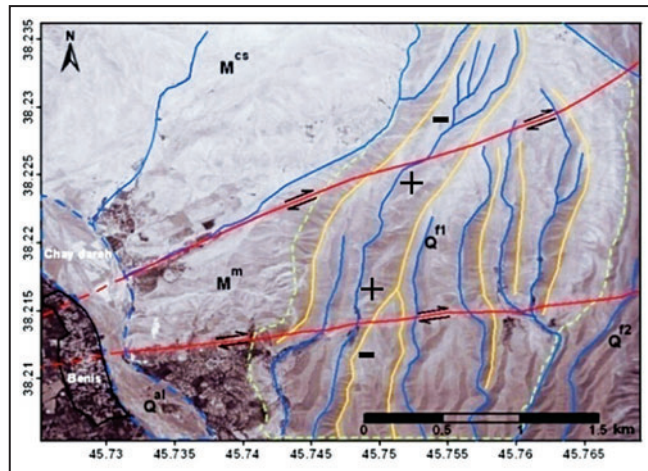


شکل ۷- تصویر سه‌بعدی (DEM) فراهم‌آمده در نرم‌افزار 8 Surfer از پرتگاه گسلی در مخروط‌افکنه خاوری بنیس. پرتگاه گسلی در واحد Q^2 ارتفاع کمتری دارد. پیکان‌ها موقعیت پهنه گسلی صوفیان- شبستر را نشان می‌دهند. موقعیت تصویر در شکل ۲ مشخص شده است (دید به سوی شمال خاوری).

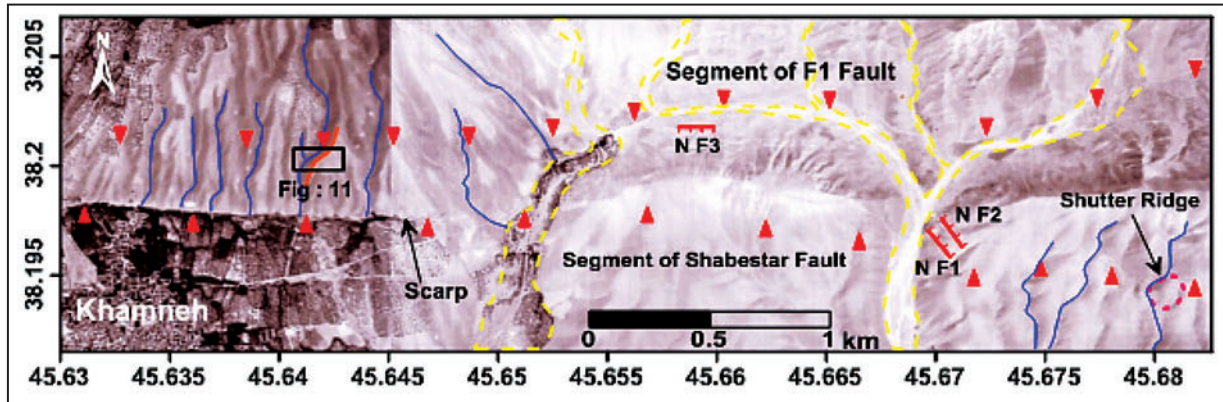


شکل ۶- پرتگاه گسلی در مخروط‌افکنه کواترنری خاور روستای بنیس در موقعیت جغرافیایی $X=45.7514^\circ$ و $Y=38.2149^\circ$ ، پیکان‌های سرخ محل گسل و پیکان‌های سیاه پرتگاه گسلی را نشان می‌دهند (دید به سوی شمال باختر).

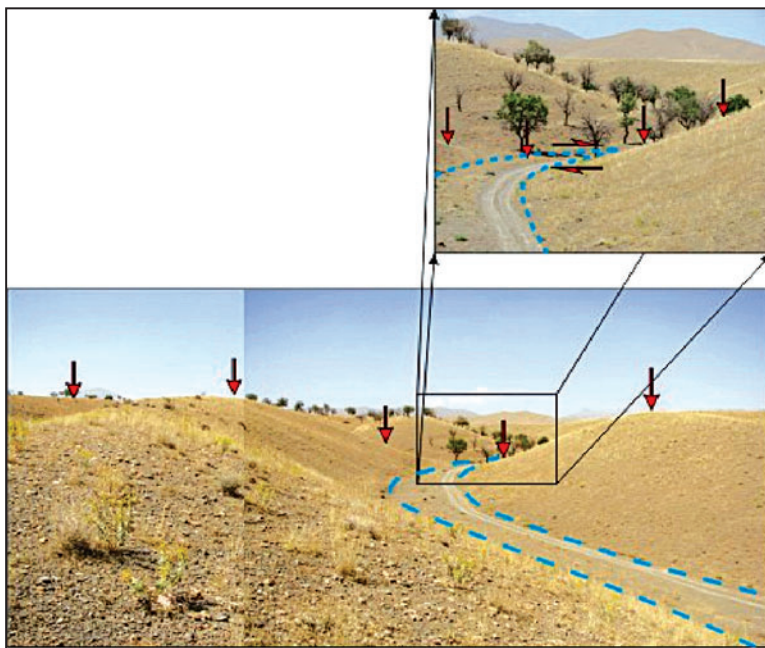
شکل ۸- مخروط‌افکنه و ستیغ‌ها و آبراهه‌های جابه‌جا شده در خاور بنیس در عکس هوایی به مقیاس $1/20000$. خطوط سرخ و آبی و نارنجی به ترتیب معرف گسل، آبراهه و ستیغ‌ها هستند. خط سبزرنگ بریده‌بریده نشان‌دهنده مخروط‌افکنه جابه‌جا شده است. علامت‌های - و + به ترتیب نشانگر پایین‌افتادگی و بالاآمدگی هستند. M^M : سیلت، مارن و رس با ماسه‌سنگ؛ M^{CS} : کنگلومرای متراکم؛ Q^1 : پادگانه آبرفتی کهن؛ Q^2 : پادگانه آبرفتی جوان؛ Q^al : آبرفت عهد حاضر.



شکل ۹- جابه‌جایی امتدادلغز راست‌گرد در رودخانه مشتق در زمینه‌ای از تصویر ماهواره‌ای لندست با دقت مکانی ۳۰ متر (LANDSAT ETM). بخش گسلی شبستر (در شمال) و گسل شرفخانه (در جنوب) نسبت به هم به حالت پلکانی چپ‌گرد قرار گرفته‌اند. خط زرد و سرخ‌رنگ به ترتیب محدوده کانال کهن رودخانه و رد گسل احتمالی هستند. M^M : سیلت، مارن و رس با ماسه‌سنگ؛ QPL^c : کنگلومرای نیمه‌متراکم پلیوکواترنز؛ Q^3 : دشت آبرفتی و مزارع؛ Q^al : آبرفت عهد حاضر.

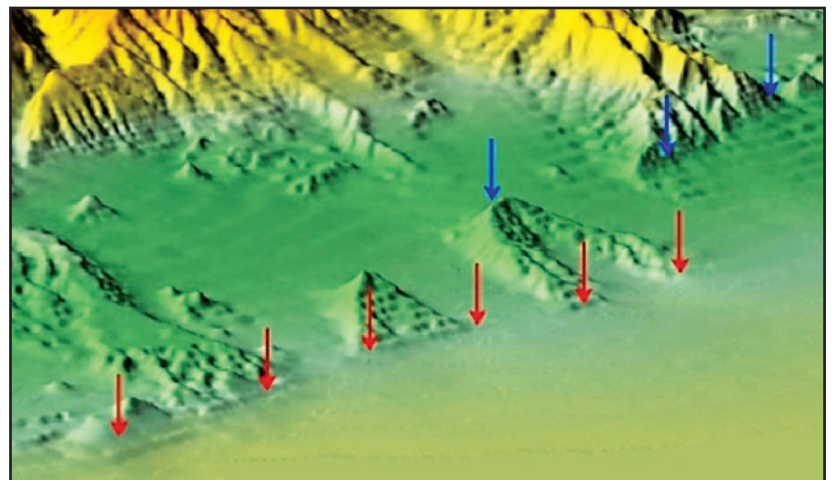


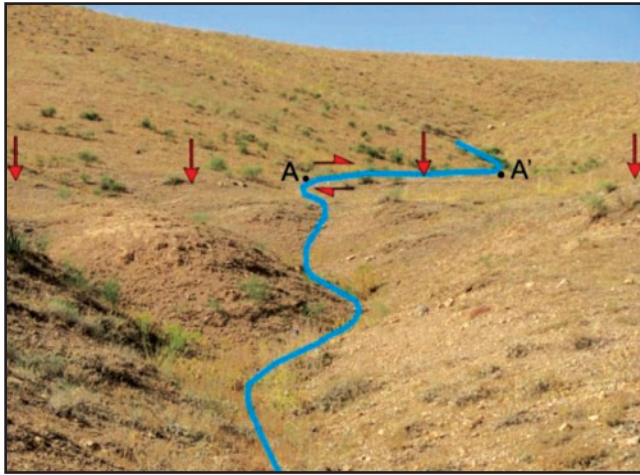
شکل ۱۰- موقعیت بخش گسلی F1 نسبت به بخش گسلی شبستر در عکس هوایی به مقیاس ۱/۲۰۰۰۰. ریخت‌های ایجاد شده در طول بخش گسلی شبستر (پرتگاه گسلی شمال خامنه و پشته مسدودکننده باختر شبستر) و موقعیت مکانی شکل ۱۱ با چهار گوش سیاه‌رنگ در تصویر دیده می‌شود. خطوط آبی و زرد به ترتیب نشانگر آبراهه و کانال رودخانه هستند. خطوط سرخ‌رنگ دندان‌دار نشانگر گسل‌های عادی هستند. NF3: FP=090/80S, R=90 و NF2: FP=126/65NE, R=15W, NF1: FP=130/65NE, R=35W.



شکل ۱۱- جابه‌جایی آبراهه در مخروط‌افکنه شمال خامنه در موقعیت جغرافیایی $X=45.6394^\circ$ و $Y=38.2009^\circ$ محل بخش گسلی F1 با پیکان‌های سرخ مشخص شده است و خط چین آبی نشانه آبراهه جابه‌جا شده در برش راست‌گرد است (دید به سوی شمال).

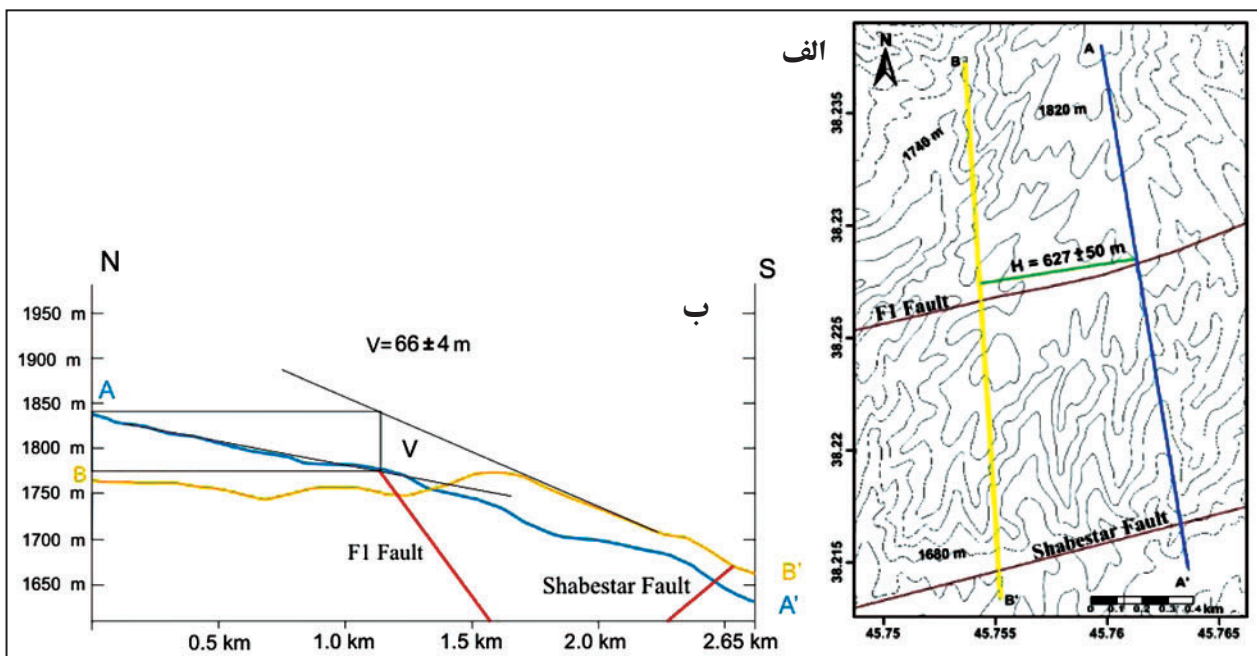
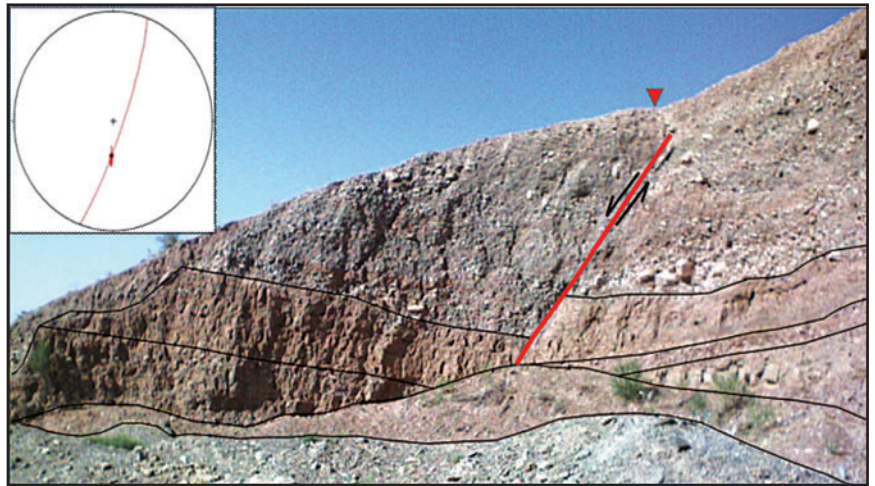
شکل ۱۲- تصویر سه‌بعدی (DEM) فراهم آمده در نرم‌افزار Surfer8 (<http://goldensoftware.com>) از بخش گسلی شرفخانه (پیکان‌های سرخ) و بخشی از بخش گسلی شبستر (پیکان‌های آبی) که نسبت به هم به حالت پلکانی دیده می‌شود (دید به سوی شمال‌خاور). موقعیت این تصویر در شکل ۳ آمده است.



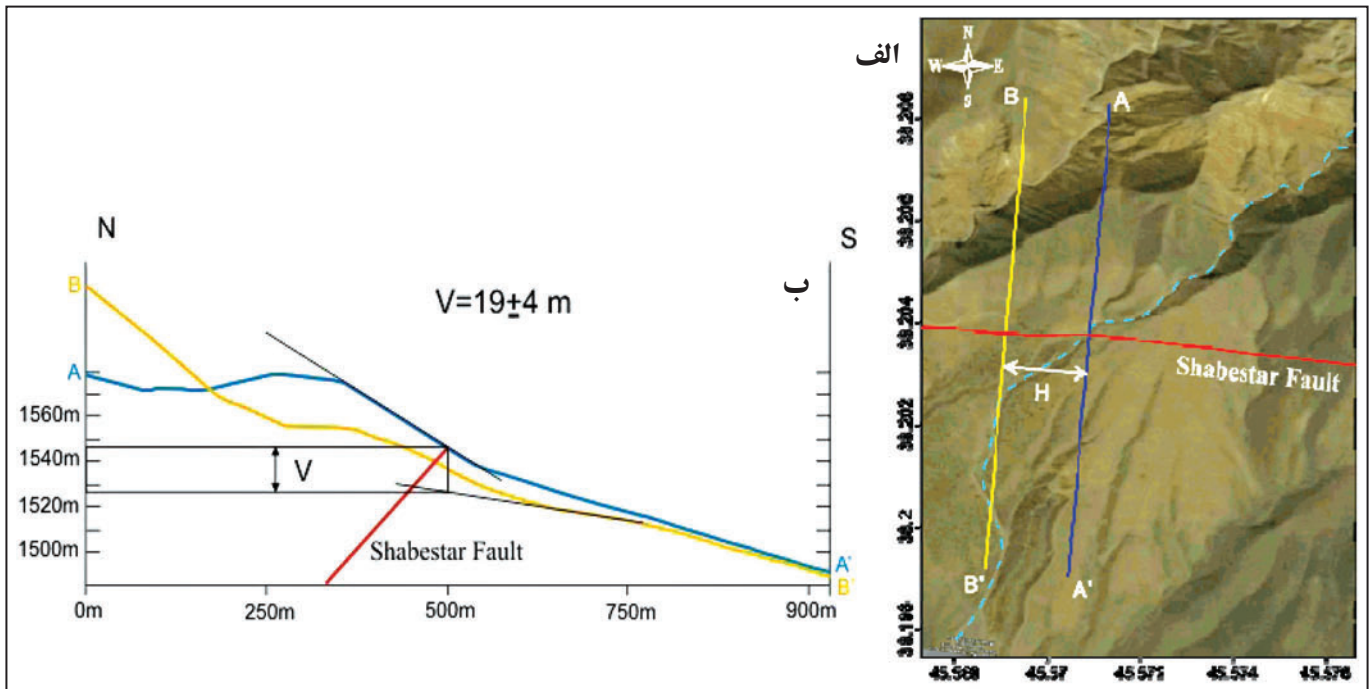


شکل ۱۳- آبراهه جابه‌جا شده (خط آبی) در طول بخش گسلی شرفخانه (پیکان‌های سرخ) در واحد مخروط‌افکنه کواترنری شمال شرفخانه در موقعیت جغرافیایی $X=45.4570^{\circ}$ و $Y=38.2131^{\circ}$ ، برابر $A-A'$ بر 9 ± 0.5 متر است (دید به سوی شمال).

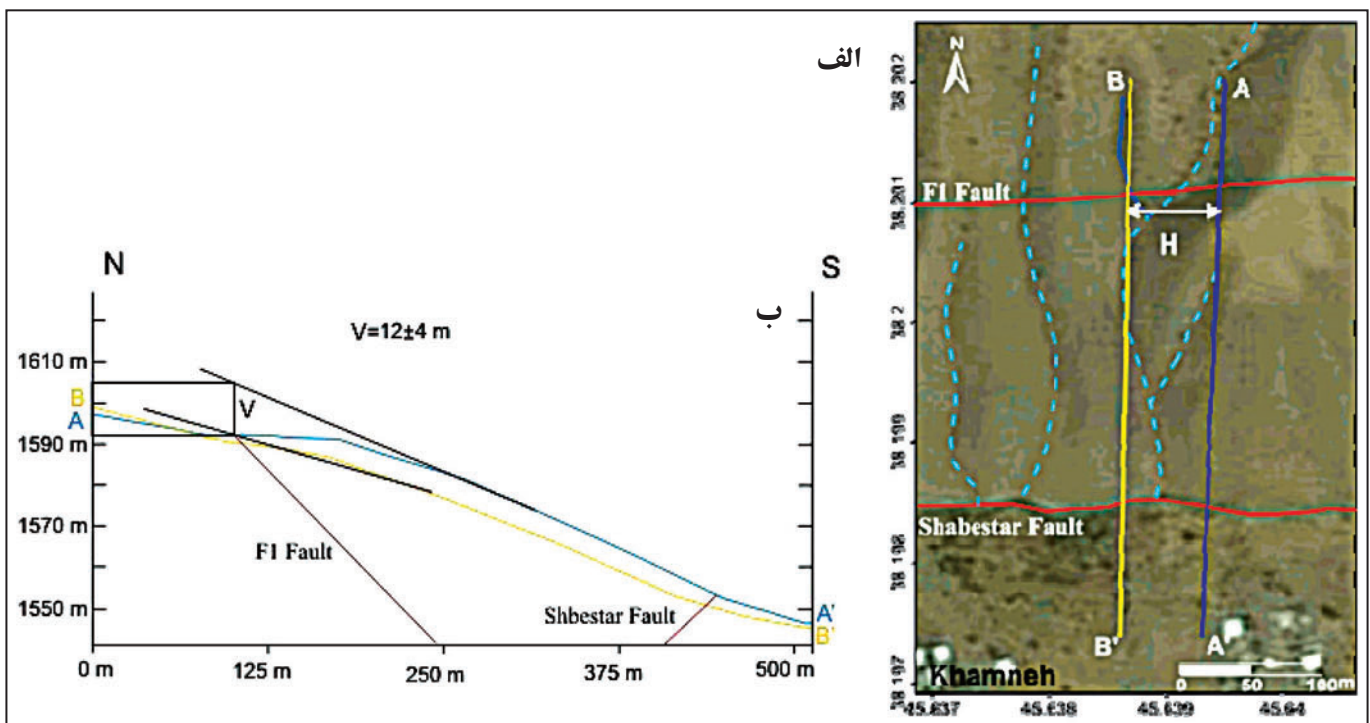
شکل ۱۴- برشی از گسلس عادی (خط سرخ و مثلث سرخ) در باختر شهرستان شبستر در موقعیت جغرافیایی $X=45.6917^{\circ}$ و $Y=38.1801^{\circ}$ و تصویر هندسی گسل بر روی استریونوت در میان واحدهای مارنی میوسن، خطوط سیاه نشانگر مرز واحدهای چینه‌ای است (دید به سوی جنوب باختری).



شکل ۱۵- الف) موقعیت جهت‌های برش‌های توپوگرافی عمود بر بخش گسلی F1 بر زمینه‌ای از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ (فاصله خطوط تراز ۲۰ متر است) بخش گسلی شبستر در جنوب بخش گسلی F1 است. ب) نمودار برآورد میزان جابه‌جایی شاقولی در دو سوی شمال و جنوب بخش گسلی F1.



شکل ۱۶- الف) میزان جابه‌جایی افقی ظاهری و موقعیت نیمرخ‌های رسم شده بر روی پهنه گسلی صوفیان- شبستر در شمال باختری کوزه‌کنان (تصویر برگرفته از <http://www.earthgoogle.com>), خط‌چین آبی نشانگر آبراهه جابه‌جا شده و $H = 135 \pm 20$ m است. ب) نمودار برآورد میزان جابه‌جایی شاقولی در دو سوی شمال و جنوب پاره‌گسل شبستر در آبراهه.



شکل ۱۷- الف) موقعیت نیمرخ‌های رسم شده در شمال خامنه و میزان جابه‌جایی افقی برآورد شده بر پایه تصویر برگرفته از گوگل (<http://www.earthgoogle.com>), خط‌چین‌های آبی نشانگر آبراهه و $H = 64 \pm 15$ m است. ب) نمودار برآورد میزان جابه‌جایی شاقولی در گسل F1.

کتابخانه

زارع، م.، ۱۳۷۹- بررسی لرزه‌زمین‌ساختی و تحلیل راستای بردار لغزش در ناحیه دریاچه ارومیه، پژوهشنامه پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

References

- Asadian, O., Mirzaee, A. R., Mohajjel, M. & Hadjialilu, B., 1994 - Geological map of Marand, Scale 1:100000, Geological Survey of Iran.
- Berberian, M., 1997- Seismic sources of the transcaucasian historical earthquakes, in Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, edited by D. Giardini and S. Balassanian (Kluwer Academic Press, The Netherlands), NATO Asi Series, Serie 2: Environment, vol. 28: 241.
- Eftekhar Nezhad, J., Gorashi, M., Mehrparto, M., Arshadi, S., Zohrehbakhsh, A., Bolourchi, M. H. & Saidi, A., 1991- Geological map of Tabriz-Poldasht quadrangle, Scale 1:250000, Geological Survey of Iran.
- Hessami, K., Pantosi, D., Tabassi, H., Shabanian, E., Abbassi, M., Feghhi, K. & Sholaymani, S., 2003- Paleoearthquakes and slip rates of the North Tabriz Fault, NW Iran : preliminary results, Ann. Geophys. 46, 903-915.
<http://goldensoftware.com>
<http://www.earthgoogle.com>
- Karakhaniyan, A. S., Trifonov, V. G., Philip, H., Avagyan, A., Hessami, K., Jamali, F., SalihBayraktutan, M., Bagdassarian, H., Arakelian, S., Davtyan, V. & Adilkhanyan, A., 2004- Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and Northern Iran, Tectonophysics 380: 03.
- Khodabandeh, A. A. & Amini-Fazl, A., 1993 - Geological map of Tasuj, Scale 1:100000, Geological Survey of Iran.
- Masson, F., Djamour, Y., Van Gorp, S., Chéry, J., Tatar, M., Tavakoli, F., Nankali, H. & Vernant, P., 2006-Extension in NW Iran driven by the motion of the South Caspian Basin, Earth and Planetary Science Letters 252: 182-184.
- Nazari, H., 2006- Analyse de la tectonique recent et active dansl'Alborz Central et la region de Tehran: Approche morphotectonique et paleoseismologique, PhD thesis, Montpellier II, Montpellier.
- Solaymani Azad, S., 2009- Seismic Hazard Assessment for Tehran, Tabriz and Zandjan Cities (NW Iran) Based on Morphotectonics and paleoseismology, PhD Thesis, University of Montpellier2 (France).150P.

Morphotectonics, Kinematics and Geometry of the Fault Zone, Azerbaijan (NW Iran) Sufian-Shabestar

A. Ghahramani Zakaria^{1*}, H. Nazari² & M. Pourkermani³

¹M.Sc. Student, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, Sciences and Researches Campus, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³ Professor, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

Received: 2010 November 21

Accepted: 2012 September 30

Abstract

This research has been achieved with the purpose of morphotectonic studies of the Sufian-Shabestar fault zone in the West Alborz-Azerbaijan (NW Iran). The fault zone cuts the Neogene and Quaternary units in south of the Misho Mountains. The maximum of horizontal and vertical displacements along the Sufian-Shabestar fault zone are $H=2500\pm 200$ m in Meshnaq river and $V=66\pm 4$ m in fan east of Benis village, respectively. The minimum of horizontal and vertical displacements along this fault are $H=9\pm 0/5$ m in offset stream of N Sharafkhaneh city and $V=6\pm 4$ m in river NW of Kozehkanan city, respectively, all estimated based on combining data of Digital Elevation Model in scale of 1/25000, aerial photographs in scale of 1/20000, LANDSAT ETM satellite imagery and field studies. The estimated rate of horizontal and vertical displacements are $H=135\pm 20$ m $V=19\pm 4$ m in NW of Sharafkhaneh city, respectively and all allow us to estimate the rake of fault by geometry calculations. Based on estimate, the rake of the Shabestar fault segment is 11 ± 4 W. The Sufian-Shabestar fault zone is a right lateral-reverse strike slip fault with strike N81E and rake range of between 04, 11 with westwards dip, all estimated based on the rake of fault plane and morphotectonic data. Therefore, the Sufian-Shabestar fault zone (including faults segments of Sufian, Shabestar, F1, Sharafkhaneh (F2) and F3) is neotectonically an active zone.

Keywords: Morphotectonics, Active Fault Zone, Sufian-Shabestar Fault Zone, Azerbaijan, Western Alborz, Iran

For Persian Version see pages 155 to 164

*Corresponding author: A. Ghahramani Zakaria; E-mail: asghar.zakaria@gmail.com