



تحلیل ساختاری ارتفاعات پرپر در پهنه کوهزاد بر خوردی زاگرس، شمال خاور شهر کرد

نیما تیموری^۱، علی یساقی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد تکتونیک گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۶

چکیده

ارتفاعات پرپر در شمال خاور شهر کرد و در پهنه کوهزاد بر خوردی زاگرس، در پهنه گذر از سنندج سیرجان به زاگرس مرتفع، قرار دارد و عمدتاً از واحدهای سنگی ژوراسیک و کرتاسه زیرین (نئوکومین) تشکیل شده است. مطالعات ساختاری قبلی از این پهنه، نوع کوهزاد بر خوردی مایل را ترافشارش راستبر (کرتاسه-ترشیری پیشین) و یا جزء شدگی دگرشکلی در گسل های با سازوکار متفاوت راستالغز و راندگی (ترشیری پسین) می دانند. در این مقاله، تحلیل ساختارهای شمال خاور شهر کرد شواهدی از نوع دگرشکلی پهنه کوهزاد بر خوردی مایل زاگرس را تبیین می نماید. گسل های با روند کلی شمال باختر و سازوکار معکوس با مولفه راستالغز راستبر از ساختارهای اصلی این منطقه می باشند. گرچه گسل های با روند شمال خاور با سازوکار غالب راستالغز چپبر و مولفه کوچکتر معکوس و یا نرمال نیز برداشت گردیده اند. در پهنه گسل های با روند شمال باختر که کنترل کننده مرفولوژی ارتفاعات منطقه نیز می باشند، ساختار گلواری مثبت توسعه یافته اند. این ارتفاعات، در نتیجه اثر این گسل ها و با رشد هندسه ی لوزی شکل کشیده، به صورت ساختار بالاجسته نسبت به مناطق مجاور پست ایجاد شده اند. توسعه این هندسه ی لوزی شکل در نتیجه تلاقی پهنه های گسلی با روند شمال باختر و به صورت برشی ریدل R و P تحلیل گردیده و با توجه به توسعه چین های مایل پلانچ دار همراه به عنوان شاهدهی به اثر دگرشکلی ترافشارش این ساختارها و به عنوان بخشی از کوهزاد بر خوردی مایل زاگرس نسبت داده شده است. از آنجا که این ساختارها سنگهای ترشیری پیشین و قدیمتر را متأثر نموده اند، زمان تشکیل این دگرشکلی ها در این منطقه به قبل از ترشیری پسین تحلیل گردیده است.

واژه های کلیدی: کوهزاد بر خوردی مایل زاگرس، ارتفاعات پرپر، گسل های برشی ریدل، دگرشکلی ترافشارش، ساختارهای گلواری مثبت.



Structural analysis of ParPar Mountains in Zagros collisional orogeny, NE of Shahrekord

Tymori .N¹; Yassaghi .A^{2*}

1-M.Sc of Tectonics, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Professor Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Parpar Mountains is located in northeastern part of Shahrkord City, in Zagros collisional orogeny, and in the transition zone from the Sanandaj Sirjan (SSZ) to High Zagros zones. The mountains consists of Jurassic and Lower Cretaceous rocks. Former structural analysis of the Zagros collisional zone resulted in two proposition in which the Zagros oblique orogeny occurred as a right lateral transpression in Early Tertiary or partitioning of displacement between the strike-slip and reverse faults in Late Tertiary. Field studies show that faults are of oblique mechanisms with generally two main trends. The NW-trending faults have oblique Dextral Reverse kinematics whereas the NE-trending strike-slip faults have reverse or normal dip-slip components. Along the NW-trending faults, which also control the region morphology, positive flower structures are developed. These faults cause the mountains to poped-up against the low land around it. The rhomboids shape of the mountains as a result of “R” and “P” Riedel shear faults interplay as well as development of oblique inclined folds is taken into account for transpression deformation of structures in the study area as a part of Zagros oblique collisional zone. Since the faults displaced the Late Tertiary rocks, this transpression deformation is proposed to occur at least before Late Tertiary.

Keywords: Zagros Oblique Collisional Orogeny, Parpar Mountains, Riedel Shear faults, Transpression Orogeny, Positive Flower Structures.



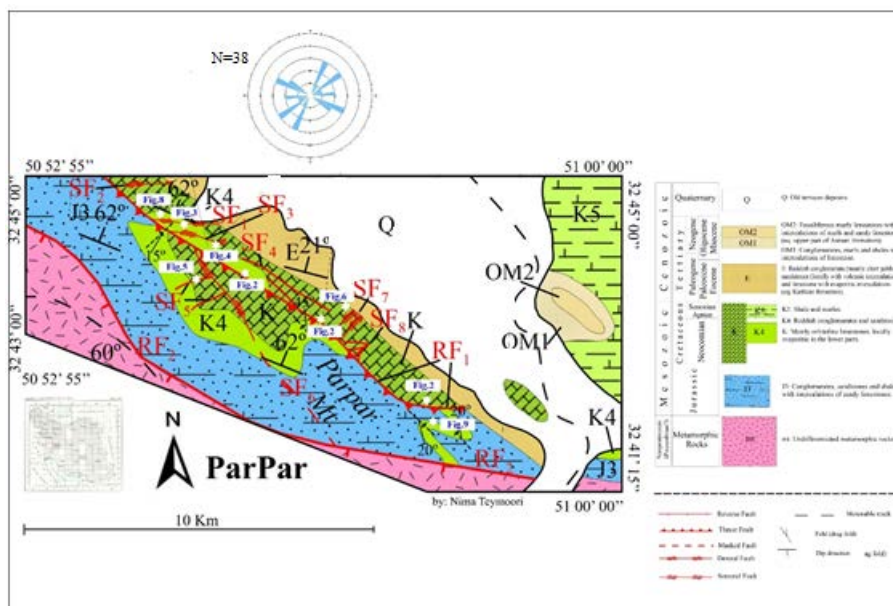
مقدمه

دگرریختی‌های جوان چون سازوکار زمینلرزه‌های وقوعی و جابجایی آبراه‌ها زمان وقوع کوهزاد برخوردی مایل زاگرس را ترشیری پسین و در نتیجه بخش بندی دگرشکلی (Deformation Partitioning) در گسل‌های بخش‌های زاگرس و با سازوکار متفاوت راستالغز (در زاگرس مرتفع) و راندگی (در زاگرس چین خورده) می‌دانند (Talebian and Jackson, 2004).

در این مطالعه شواهد هندسی و جنبشی ساختارهای گسلی و چین‌های همراه از ارتفاعات پرپر که در لبه جنوبی پهنه‌ی سنندج - سیرجان قرار دارد و بخشی از پهنه برخوردی کوهزاد زاگرس می‌باشد ارائه گردیده است. هدف از چنین مطالعه‌ای ارائه شواهدی است که بر اساس آن نوع دگرشکلی حاکم (ترافشارش و یا بخش بندی دگرشکلی) بر این بخش از پهنه برخوردی کوهزاد زاگرس را تبیین نماید. برای این منظور از تحلیل هندسی و جنبشی داده‌های میدانی برداشت شده از گسل‌ها و چین‌ها به‌همراه تفسیر تصاویر ماهواره‌ای آن‌ها استفاده شده است.

ارتفاعات پرپر در شمال خاور شهرکرد و در پهنه کوهزاد برخوردی زاگرس (Berberian and King, 1981; Alavi, 1994; Sarkarinejad and Azizi, 2008; Mohajjel and Fergusson, 2014; Nemati and Yassaghi, 2010) قرار دارد (شکل ۱). پهنه کوهزاد برخوردی زاگرس شامل دو بخش داخلی (پهنه‌های ساختاری سنندج سیرجان و ارومیه دختر) و بخش خارجی (کمربند چین خورده رانده زاگرس است).

زمان تشکیل کوهزاد برخوردی زاگرس و به صورت مایل را از کرتاسه و به صورت دگرشکلی ترافشارش (Transpression Deformation) در نظر می‌گیرند که با توسعه گسل‌های مورب لغز (معکوس با مولفه راستالغز) و چین‌های پلانچ دار مورب (Reclined and Plunging inclined Folds همراه است (Mohajjel et al., 2003; Mohajjel and Fergusson, 2014; Sadeghi and Yassaghi, 2016). دیگر مطالعات، و بر اساس بررسی



شکل ۱: زمین شناسی ساختاری ارتفاعات پرپر، زمین شناسی این منطقه از نقشه‌ی ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرکرد (زاهدی، ۱۳۷۱). رز دیاگرام، فراوانی روند گسل‌ها که مورب لغز هستند را نشان می‌دهد.



روی واحد K شده است (شکل ۳ الف و ب). اندازه گیری راستای خش لغز، شکستگی های ریدل و همچنین جهت رشد فیبرهای کلسیتی بر روی سطح گسل با سازوکار مورب لغز (معکوس راستبر) را برای گسل نشان می دهد (شکل ۳ د، ه و و).

گسل های SF_2 و SF_4 (شکل های ۱ و ۲) با روند تقریباً خاوری - باختری به موقعیت $40/182$ لایه های کرتاسه و ائوسن را قطع نموده اند. اندازه گیری راستای جابجایی از پشت صفحه گسل ریک SE ۱۰ را نشان داد که با توجه به وجود شکستگی های ریدل، سازوکار راستبر با مؤلفه ی کوچک معکوس برای گسل تحلیل گردید (شکل ۴).

گسل های SF_1 و SF_3 (شکل های ۱ و ۲) دارای روند خاورشمال خاوری - باخترجنوب باختری می باشند و واحدهای کرتاسه را تحت تأثیر قرار داده اند. اندازه گیری راستای خش لغز و شکستگی های برشی ریدل بر روی سطح گسل سازوکار چپبر با مؤلفه کوچک نرمال را برای آن نشان می دهد (شکل ۵).

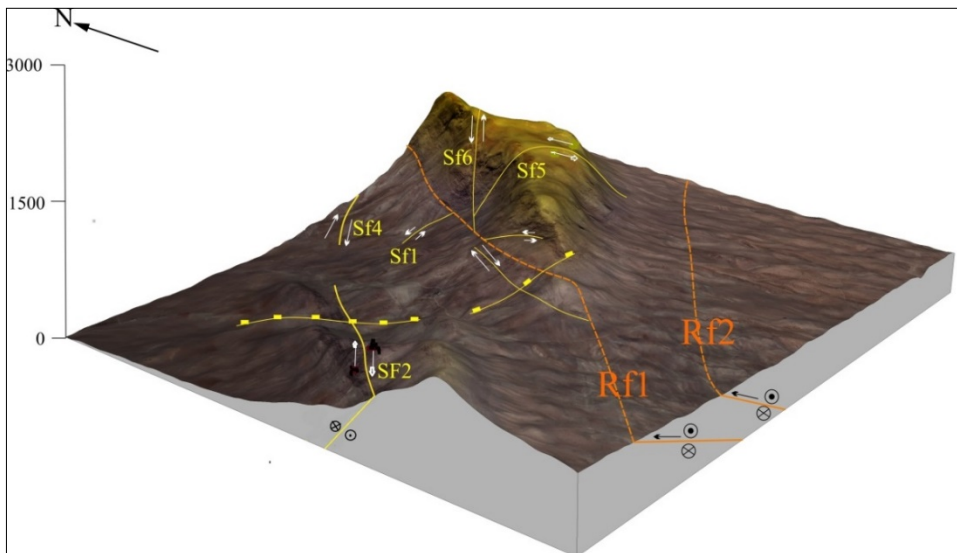
گسل های SF_5 و SF_7 (شکل های ۱ و ۲) با روند شمال خاوری - جنوب باختری و با میزان شیب حدود ۸۰ درجه به سمت جنوب خاور از دیگر گسل های ارتفاعات پرپر است. اندازه گیری شواهد جنبشی از این گسل ها همچون خطوط لغزشی و با زاویه افتادگی ۱۵SW و همچنین جهت رشد فیبرهای کلسیتی بر روی سطح گسل سازوکار چپبر با مؤلفه ی کوچک معکوس را از خود نشان می دهند (شکل ۶). این گسل ها آهک های ضخیم لایه ی کرتاسه و سنگ های ژوراسیک را قطع کرده است (شکل ۱ و ۶).

رخنمون واحدهای سنگی منطقه شامل دگرگونی های پرکامبرین، ماسه سنگ و شیل های ژوراسیک، سنگ آهک های کرتاسه است که به صورت دگرشیب توسط کنگلومرای ائوسن پوشیده می شود (شکل ۱). دگرگونی - های پرکامبرین بر روی ماسه سنگ و شیل های ژوراسیک رانده شده اند.

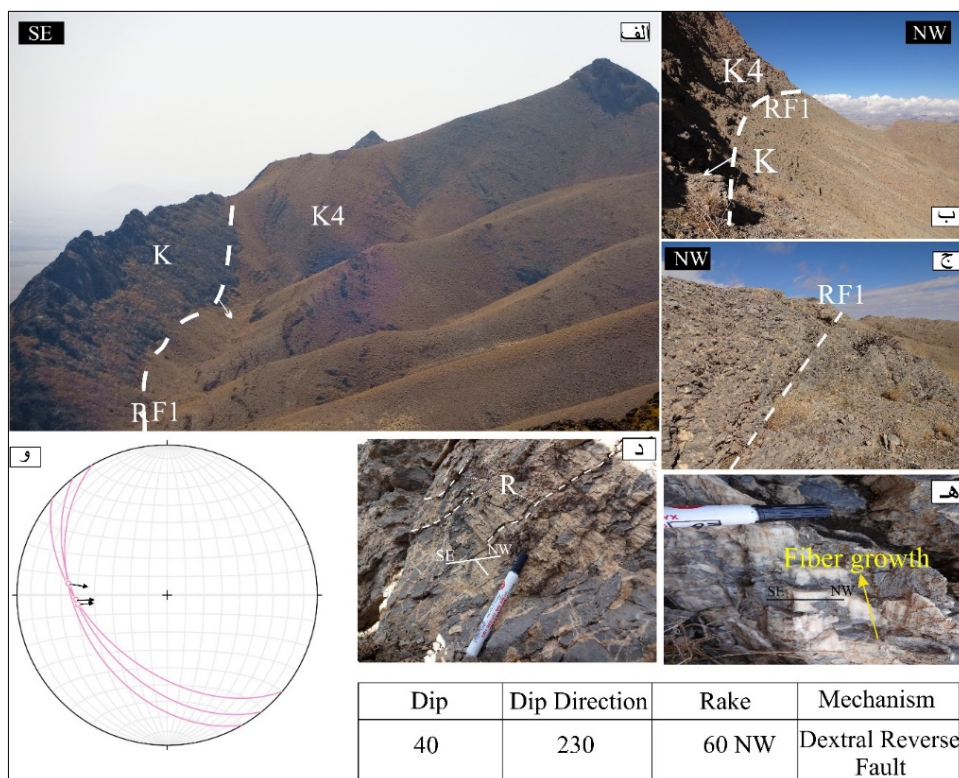
تحلیل ساختاری

گسل ها و چین های همراه از ساختارهای اصلی منطقه ارتفاعات پرپر هستند. گسل های با روند عمومی شمال باختر و سازوکار معکوس با مؤلفه راستالغز راستبر همچون RF1، SF2 از ساختارهای اصلی این منطقه می باشند و گسل های با روند شمال خاور با سازوکار غالب راستالغز چپبر و مؤلفه کوچکتر معکوس و یا نرمال (چون SF1 و SF3) نیز برداشت گردیده اند (شکل ۱). این گسل های اصلی RF1 و SF2 کنترل کننده هندسه لوزی شکل ارتفاعات بر روی تصاویر ماهوره ای می باشند (شکل ۱ و ۲). در این بخش شواهد میدانی و تحلیل های استرئوگرافیکی بر هندسه و سازوکار گسل ها و چین خوردگی های منطقه ارائه شده است. موقعیت فضایی گسل ها در این بخش به صورت: آزیموت جهت شیب/مقدار شیب (Dip/Dip Direction) بیان گردیده است.

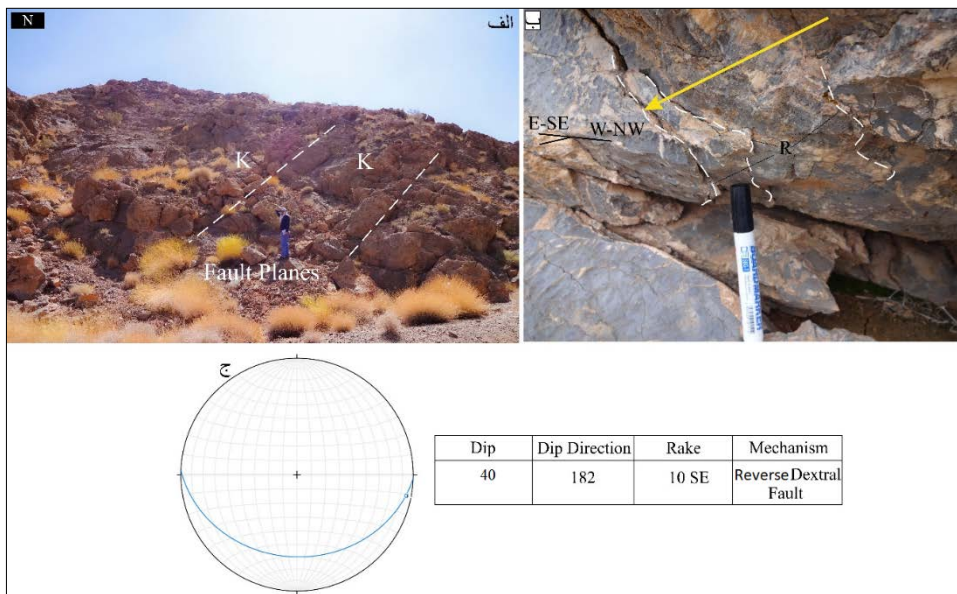
گسل های RF1 و RF2 (شکل های ۱ و ۲) به موقعیت $40/230$ از گسل های اصلی منطقه می باشد که واحدهای قدیمی تر ژوراسیک را در کنار واحدهای جوان تر کرتاسه قرار داده است (شکل ۱). در بخش هایی این گسل از میان واحدهای کرتاسه عبور کرده و باعث راندگی واحد K4 بر



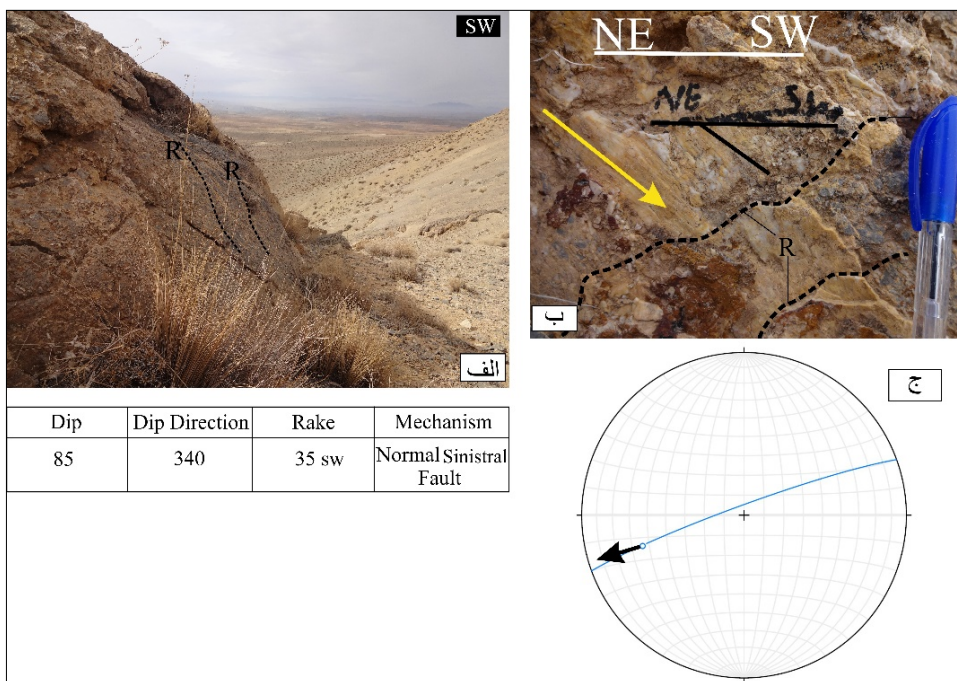
شکل ۲: مدل سه بعدی از ارتفاعات پریپ نشان دهنده هندسه لوزی شکل کشیده این ارتفاعات است. گسل های بزرگتر با رنگ نارنجی و گسل های کوچک تر با رنگ زرد مشخص شده اند.



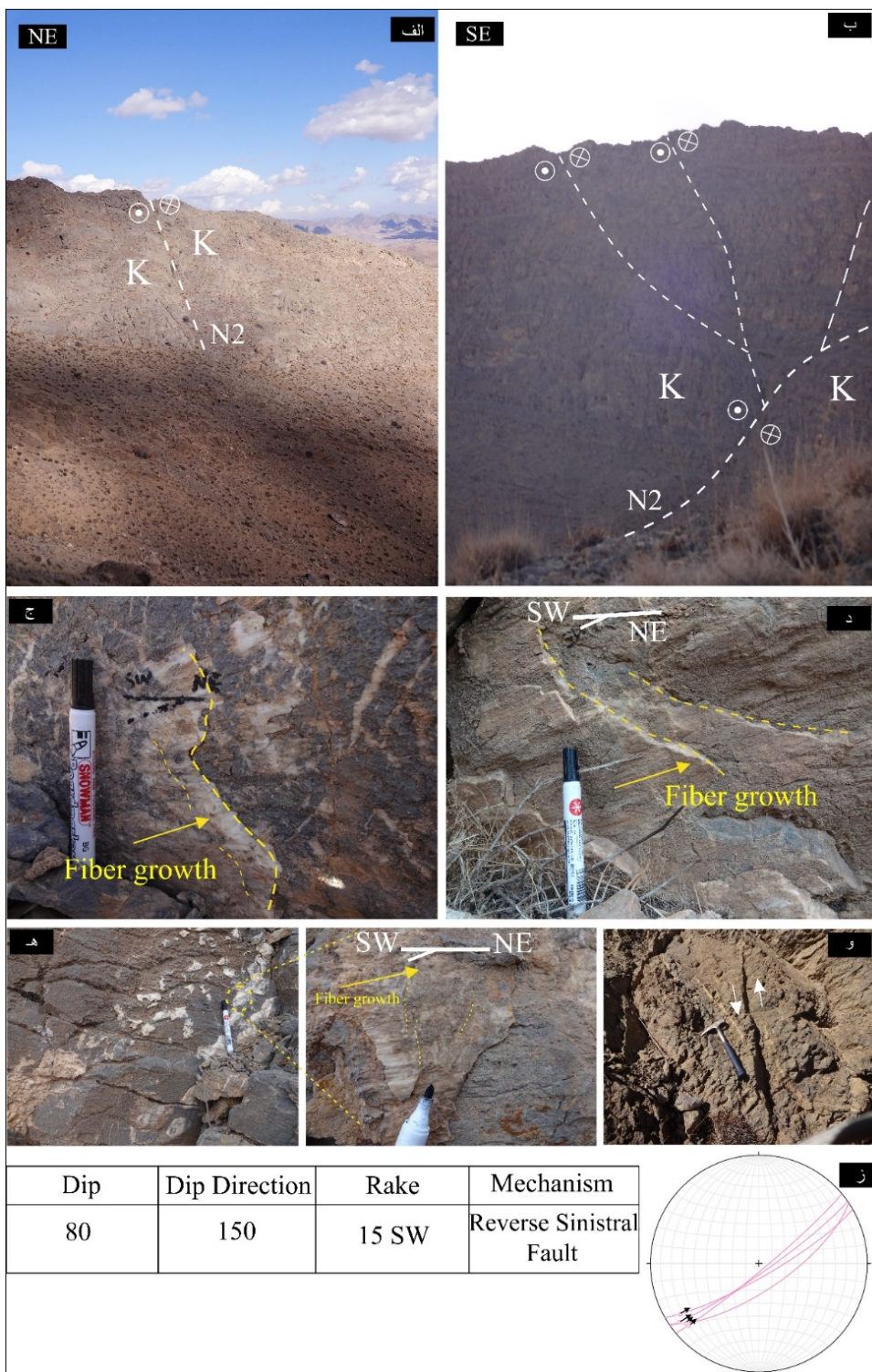
شکل ۳: دورنمایی از گسل RF1 در ارتفاعات پریپ، در (الف) دید به سمت جنوب خاوری و در (ب) و (ج) دید به سمت شمال باختری است. (د) شکستگی های ریدل صفحه ی گسل. (ه) پله شدگی و رشد فیبرهای کلسیتی در صفحه ی گسل که بر روی آن پیکان زرد رنگ حرکت بلوک مفقوده را مشخص می نماید. (و) تصویر استریوگرافیک از تحلیل سازوکار گسل.



شکل ۴: الف) دورنمایی از گسل SF4 (دید به سمت شمال). ب) شکستگی‌های ریدل در سطح گسل. پیکان زرد رنگ حرکت بلوک مفقوده (فرودیواره) را نشان داده است. ج) تصویر استریوگرافیک از صفحه‌ی گسل و خش لغز آن.



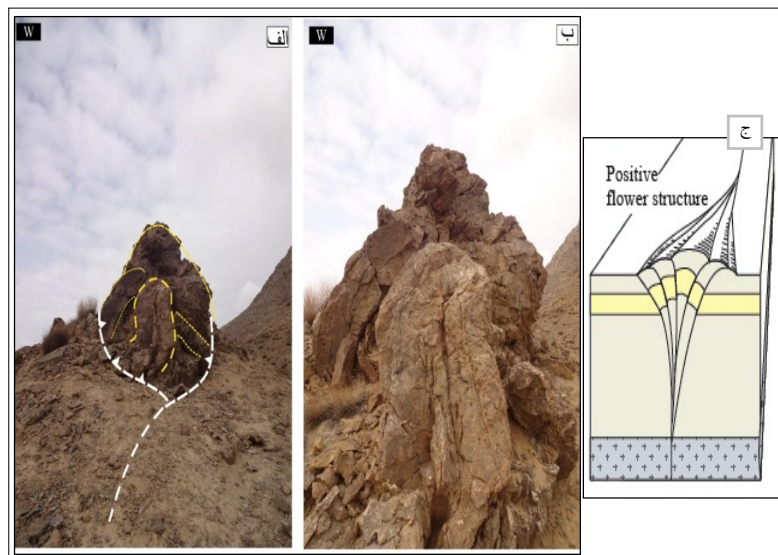
شکل ۵: الف) دورنمایی از پهنه گسل SF3 با سازوکار چپبر و مؤلفه‌ی نرمال (دید به سمت جنوب باختری). ب) خش لغز و شکستگی‌های ریدل در صفحه‌ی گسل. پیکان زرد رنگ نشان‌دهنده‌ی حرکت بلوک مفقوده است. ج) تصویر استریوگرافیک از صفحه‌ی گسل و خش لغز آن.



شکل ۶: دورنمایی از گسل SF7 در (الف) بخش شمالی گسل (دید به سمت شمال خاور) و در (ب) از بخش جنوبی گسل (دید به سمت جنوب خاور). ج و د) خش لغز و فیبرهای کلسیتی به همراه پله شدگی در صفحه گسل. حرکت بلوک مفقوده با مشخص شده است. ه) برداشت از صفحه‌ی گسل در بخش جنوبی گسل. پیکان زردرنگ حرکت بلوک مفقوده را مشخص نموده است. و) قطع شدگی و جابه‌جایی رگه‌ی کلسیتی در سنگ آهک توسط گسل که حرکت چپ‌راش را نشان می‌دهد. ز) تصویر استریوگرافیک از موقعیت گسل و خش لغز آن.

شواهد بدست آمده از پروفیل‌های لرزه‌ای در عرض گسل-های ترفشارشی عموماً در عمق بصورت یک گسل واحد تقریباً عمودی به هم اتصال می‌یابند (Burg and Pierre, 2018). (شکل ۷ج). در ارتفاعات پرپر نیز چنین گسل عمقی مسبب ساختار گلواره مثبت در سطح، رخنمون ندارد و به نظر می‌رسد که از گسل‌های بنیادین عمیق در پهنه کوهزادی برخورداردی در منطقه باشد.

در بلندترین بخش از مرکز ارتفاعات پرپر، ساختار گلواره مثبت برداشت گردیده است (شکل ۷الف). این ساختار گلواره دارای یک هسته برونزده‌ی مرکزی برجسته و قدیمی تر (در اینجا واحد K4) از واحدهای سنگی جوانتر اطراف (در اینجا واحد K) می‌باشد. این واحدهای قدیمی تر بوسیله گسل‌های راندگی بر روی واحدهای جوانتر رانده شده اند (شکل ۷ب). چنین ساختارهایی با توجه به



شکل ۷. الف) ساختار گلواره مثبت (دید به سمت باختر) خط‌چین‌های سفید رنگ گسل‌های راندگی کنترل‌کننده‌ی این ساختار را نشان می‌دهند. ب) نمای نزدیک از الف. ج) برش شماتیک از سطح تا عمق ساختار گلواره مثبت (اقتباس از Fossen, 2010).

بحث و نتیجه‌گیری

شواهد ساختاری ارائه شده در این نوشتار همچون سازوکار غالب مورب لغز گسل‌ها (شکل‌های ۳ تا ۶) و هندسه لوزی شکل حاصل از تلاقی آنها به همراه توسعه ریز چین‌های پلانچ دار مورب همراه با آنها (شکل ۸) و همچنین توسعه ساختار گل‌واره مثبت (شکل ۷) نشان از اثر دگرشکلی ترفشارشی را در توسعه آنها ارائه می‌نماید. ساختار گلواره مثبت توسعه یافته در ارتفاعات پرپر، با توجه به پروفیل‌های لرزه‌ای از پهنه این ساختارها (شکل ۷ج)، گواهِ بر اثر سطحی یک پهنه‌ی امتدادلغز در عمق است. این

ریزچین‌خوردگی‌ها مانند Fd_1 (شکل ۸ الف) در پهنه گسل‌های عمدتاً توسعه یافته سنگ آهک‌های منطقه مطالعه نیز برداشت گردیده‌اند. با توجه به شواهد ارائه شده از تحلیل جنبشی گسل‌های منطقه مطالعه که عمدتاً مورب لغز بوده و مولفه امتدادی آنها نیز غالب است این چین‌ها از انواع چین‌های مرتبط با گسل‌های راستالغز پهنه‌های ترفشارشی (چین‌های پلانچ دار مورب) بوده و مشابه انواع مطالعه شده در پهنه کوهزاد برخورداردی زاگرس در کردستان ایران (Sadeghi and Yassaghi, 2016) (شکل ۸ج) می‌باشند.

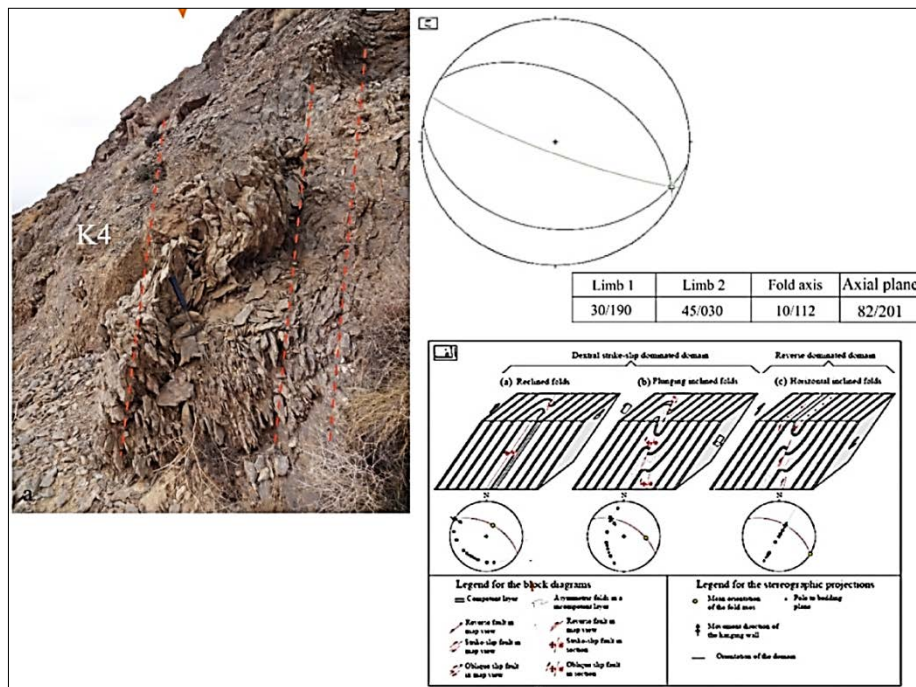


ترافشارشی همخوانی بیشتری دارد. ساختار گلواره‌ی مثبت توسعه یافته از پهنه گسلی اصلی در عمق و همچنین توسعه چین خوردگیهای پلانچ دار مورب نیز موید چنین تحلیلی از دگرشکلی ترافشارشی بر منطقه ارتفاعات پرپر واقع در پهنه کوهزاد برخوردی زاگرس دارد. این شواهد همچنین هم خوانی مناسبی با شواهد بدست آمده از مایل بودن پهنه کوهزاد برخوردی زاگرس در کردستان (Sadeghi and Yassaghi, 2016) دارد.

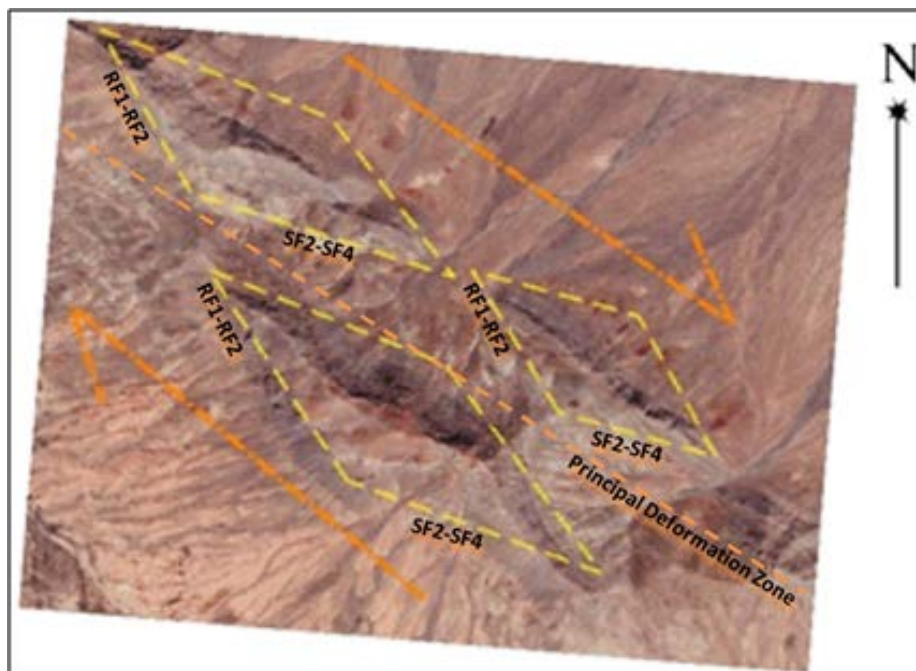
ساختارهای گسلی همچون گسل های RF1 و RF2 (شکل های ۳ و ۹)، به عنوان گسل های برشی ریدل R، و گسل های SF2 و SF4 (شکل های ۴ و ۹)، به عنوان گسل های برشی ریدل P، به صورت لوزی های کشیده هندسه و موفولوژی ارتفاعات پرپر مورد مطالعه را تشکیل داده اند. این گسل ها سنگهای ترشیری پیشین و قدیمتر را متاثر نموده اند، بنابراین به نظر می رسد که زمان تشکیل این دگرشکلی ها و در نتیجه زمان کوهزاد برخوردی مایل زاگرس در منطقه مطالعه به حداقل ترشیری پیشین، زمان همگرایی صفحه‌ی عربی با ایران مرکزی (Gavillot, 2010) باز می‌گردد. توسعه گسل های جوانتر نرمال با روند خاورشمال خاوری (شکل ۲)، همچون گسل های SF1 و SF3 (شکل های ۲ و ۵) مرتبط با تغییر روند این همگرایی در ترشیری پسین (Agard et al., 2005) که منجر به توسعه گسل های نرمال و یا راستالغز با مولفه نرمال در منطقه مطالعه شده، تحلیل گردیده است.

پهنه گسلی عمقی به عنوان پهنه اصلی دگرشکلی (Principal Deformation Zone, PDZ) کنترل کننده توسعه ساختارهای برداشت و به نقشه کشیده شده در این مطالعه در نظر گرفته شده است (شکل ۹). در آنصورت گسل های RF1 و RF2 (شکل های ۳ و ۹) به عنوان گسل های برشی ریدل R این پهنه گسلی و گسل های SF2 و SF4 (شکل های ۴ و ۹) به عنوان گسل های برشی ریدل P این پهنه گسلی و همچنین گسل های SF5 و SF7 (شکل ۶) به عنوان گسل های برشی ریدل R' این پهنه گسلی عمیق و اصلی خواهند بود. عملکرد این پهنه‌ی گسلی ریدل هندسه و موفولوژی این ارتفاعات را تحت تأثیر قرار داده و آن ها را بصورت لوزی های کشیده در تصاویر هوایی درآورده است (شکل ۹). روند اضلاع این لوزی های کشیده با موقعیت امتداد گسل های RF1 و RF2 (به عنوان برشی ریدل R) و SF2 و SF4 (به عنوان برشی ریدل P) همخوانی دارد (شکل ۹). بنابراین، این مرفولوژی لوزی شکل ارتفاعات پرپر در نتیجه تلاقی پهنه های گسلی برشی ریدل R و P حاصل از پهنه گسلی اصلی در عمق که با توسعه ساختار گلواره مثبت در سطح همراه است تحلیل گردیده است.

ارتباط زاویه ای گسل های ریدل برشی تحلیل شده در این مطالعه با پهنه اصلی دگرشکلی (شکل ۹) منطبق بر ارتباط زاویه ای این گسل ها در پهنه های با دگرشکلی برشی ساده نبوده و بیشتر با ارتباط زاویه ای آنها با پهنه های با دگرشکلی برشی عمومی ناشی از اثر دگرشکلی



شکل ۸. الف) ریز چین‌های Fd_1 در واحدهای کرتاسه (دید به سمت جنوب باختری). ب) تصویر استریوگرافیک از عناصر این چین خوردگی. ج) تقسیم‌بندی چین‌ها در سامانه سامانه گسل‌های پهنه‌های ساختاری ترا فشارشی (اقتباس از Sadeghi and Yassaghi, 2016).



شکل ۹. تصویر هوایی (Google earth) از ارتفاعات پرپر که بر روی آن موقعیت گسل‌های اصلی برداشت شده و همچنین موقعیت پهنه دگرشکلی اصلی عمقی تحلیلی (Principal Deformation Zone) نشان داده شده است. برای توضیح بیشتر شکل به متن مراجعه گردد.



منابع

- Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 39(3), 161–172.
- Sadeghi, S and Yassaghi, A., 2016. Spatial evolution of Zagros collision zone in Kurdistan, NW Iran: constraints on Arabia–Eurasia oblique convergence, *Solid Earth*, 7, 659–672.
- Sarkarinejad, K and Azizi, H., 2008. Slip partitioning and inclined dextral transpression along the Zagros Thrust System, Iran. *Journal of Structural Geology*, 30(1), 116–136.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran; a review, *AAPG Bull.*, 52, 1229–1258.
- Talbot, C. J and Alavi, M., 1996. The past of a future syntaxis across the Zagros, in: *Salt Tectonics*, edited by: Alsop, G. I., Blundell, D. J., and Davison, I., Geological Society of London, London, UK, Special Publication no. 100, 89–109.
- Talebian, M and Jackson, J. 2004. A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran. *Geophysical Journal International*, 156, 506–526.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۱، نقشه زمین شناسی شهرکرد، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L and Mouthereau, F., 2005. Convergence history across Zagros (Iran): Constraints from collisional and earlier deformation. *International Journal of Earth Sciences* 94(3), 401–419.
- Alavi, M., 1994. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*, 229(3-4), 211–238.
- Berberian, M and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian journal of earth sciences*, 18(2), 210-265.
- Berberian, M, 1981. Zagros, Hindu Kush, Himalaya: Geodynamic Evolution. *Geodynamics Series*, 3, 33–69.
- Burg, J.P., 2018. Script to Structural Geology. In Lectures 651-3422-00L and 651-3422-00V. ETH Zurich, 173-193.
- Fossen, H., 2010. *Structural geology*. Cambridge University Press, 309-354.
- Gavillot, Y., Axen, G.J., Stockli, D.F., Horton, B.K. and Fakhari, M.D., 2010. Timing of thrust activity in the High Zagros fold-thrust belt, Iran, from (U_Th)/He thermochronometry. *Tectonics*, 29(4), 1- 25.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L and Sahandi, M.R., 2003. Cretaceous – Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj – Sirjan Zone, western Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21(4), 397–412.
- Mohajjel, M and Fergusson, C., 2014. Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran. *International Geology Review*, 56(3), 263–287.
- Nemati, M and Yassaghi, A., 2010. Structural characteristics of the transitional zone from internal to external parts of the Zagros orogen,