



فصلنامه زمین ساخت

تابستان ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۶

## تغییر رژیم تنش از میوسن تا پلیوکواترنری و ارتباط آن با ساختارها و جایگیری دایک‌ها در منطقه سلفچگان، کمربند ارومیه - دختر

الهام بازگیر\*<sup>۱</sup>، سید احمد علوی<sup>۲</sup>، محسن احتشامی معین آبادی<sup>۳</sup>، لیلا عبادی<sup>۴</sup>

۱ کارشناسی ارشد تکتونیک دانشگاه شهید بهشتی

۲ استاد دانشگاه شهید بهشتی

۳ استادیار دانشگاه شهید بهشتی

۴ دکتری تکتونیک از دانشگاه شهید بهشتی



تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۲

### چکیده

مطالعه پالئواسترس با استفاده از داده لغزش گسلها و تراژکتوری دایکها در منطقه سلفچگان در باختر استان قم موجب افزایش آگاهی از تغییرات رژیم زمینساختی انتهای سنوزوییک در این بخش از کمربند ارومیه-دختر شده است. مطالعات صورت گرفته روی دایکهای گستره و تراژکتوری رسم شده براساس موقعیت آنها، دو سری روند را نشان می‌دهد که یکی دارای روند تقریباً شمالی-جنوبی و دیگری روند شمال خاوری-جنوب باختری است. با استفاده از برداشت خط خشها از ۱۵۰ سطوح گسلی، تنش دیرین با استفاده از روش (MIM) مورد تحلیل قرار گرفت. نتیجه تحلیل تنش با روندهای تنش تراژکتوری دایکها مطابقت داشته و وجود دو رژیم تنشی در طی میوسن-پلیوسن را تایید می‌کند. تاقدیس برش خورده و گسلیده خراب-سرهرود ساختار یک چین نامتقارن با تغییر موقعیت سطح محوری در بخشهای مختلف را دارد که الگوی Z شکل را ایجاد کرده و در نهایت توسط گسلهای چپ بر باروند شمال خاوری-جنوب باختری بریده شده است. با توجه به الگوی ترافشارش راستگرد در کمربند ماگمایی ارومیه-دختر که از میوسن تاکنون فعالن بوده است، گستره مورد مطالعه تحت تأثیر پهنه گسلی ایندس در شمال و خاور با عملکرد راستالغز راستبر با مؤلفه فشارشی و گسل خورده در جنوب با سازوکار فشارشی قرار دارد. با توجه به چین خوردگی واحدهای الیگومیوسن تاقدیس خراب-سرهرود، سن تشکیل این تاقدیس احتمالاً اواخر میوسن و پلیوسن بوده سپس با تغییر راستای اصلی تنش و فعالیت ترافشارشی سبب تغییر موقعیت و حالت Z شکل در تاقدیس گردیده است. عملکرد گسلهای چپ بر آخرین مرحله دگرشکلی تاقدیس در کواترنری است.

**کلید واژه‌ها:** تنش دیرین، ترافشارش، ارومیه - دختر، سلفچگان، دایک

## ۱- مقدمه

مطالعه تنش دیرین یکی از رهیافت‌های پذیرفته شده و کارا جهت شناسایی رژیم زمین ساختی حاکم و تغییرات آن در مقیاس ناحیه‌ای به ویژه در دوره نئوژن است (Angelier, 1989; Yamaji, 2000; Yamaji et al., 2006). هر چند این دست مطالعات از ریزه کاری‌ها و حساسیت‌های خاصی برخوردار هستند که عدم توجه به آنها می‌تواند سبب نتیجه‌گیریهای نادرست زمین ساختی گردد، اما رعایت اصول علمی تعریف شده طی برداشت داده‌ها، پالایش اطلاعات، پردازش و تحلیل در کنار ترکیب نتایج حاصل از مطالعه تنش دیرین با دیگر بررسی‌های ساختاری اطمینان از تفسیرهای ارائه شده بر این مبنای دوچندان می‌کند (Sipple et al., 2009). در این مقاله، تلفیق داده‌ها و تفسیر ساختاری با مطالعه تنش دیرین و همچنین وضعیت دایک‌های تزریق شده با فراوانی قابل توجه در محدوده منطقه سلفچگان که در میانه کمربند ارومیه - دختر قرار گرفته است، به عنوان الگویی از این دست مطالعات معرفی می‌گردد که نتایج آن به منظور شناخت تکامل زمین ساخت ناحیه‌ای در این گستره مورد استفاده قرار گرفته است. کمربند ارومیه - دختر متشکل از سنگ‌های ماگمایی که در برخی نقاط تا چهار کیلومتر ضخامت دارند، به صورت کمان ماگمایی حاصل از فروانش نئوتتیس به زیر ایران مرکزی تفسیر شده است (Alavi, 1982; F. Berberian et al., 1980). واحدهای سنگ شناسی این کمربند شامل توده‌های نفوذی با جنس دیوریت، گرانودیوریت، گابرو و گرانیت‌های بزرگ و کوچک و همچنین توزیع گسترده‌ی جریان‌های بازالتی، تراکی بازالتی، آندزیت، داسیت، تراکیت، ایگنمبریت و پیرو کلاستیک است (Alavi, 1994). طی کواترنری خروج جریان‌های لاوا و فوران پیرو کلاستیک از کراترها رخ داده است. با توجه به حجم زیاد مواد خروجی به نظر می‌رسد اوج فعالیت ماگمایی در سن ائوسن رخ داده است (Dimitrijevic, 1973; Hajian, 1977; Emami, 1981; Amidi, 1984).

## ۲- زمین‌شناسی منطقه مطالعه

گستره مورد مطالعه که بخشی از کمربند ارومیه - دختر است بین تفرش و سلفچگان و در موقعیت جغرافیایی  $28^{\circ} 50'$  تا  $46^{\circ} 50'$  خاوری و  $23^{\circ} 34'$  تا  $34^{\circ} 34'$  شمالی واقع شده است. از نظر زمین ساختی، کمربند ارومیه - دختر متأثر از گسل‌های راندگی و امتداد لغز راستگرد با راستای شمال شمال باختر - جنوب جنوب خاور قرار دارد که برخی از آنها هم اکنون فعال بوده و سبب می‌شوند بخشی کوچک از همگرایی بین ورقه‌های اوراسیا - عربی سبب دگرشکلی درون پهنه ایران مرکزی شود (Hes-

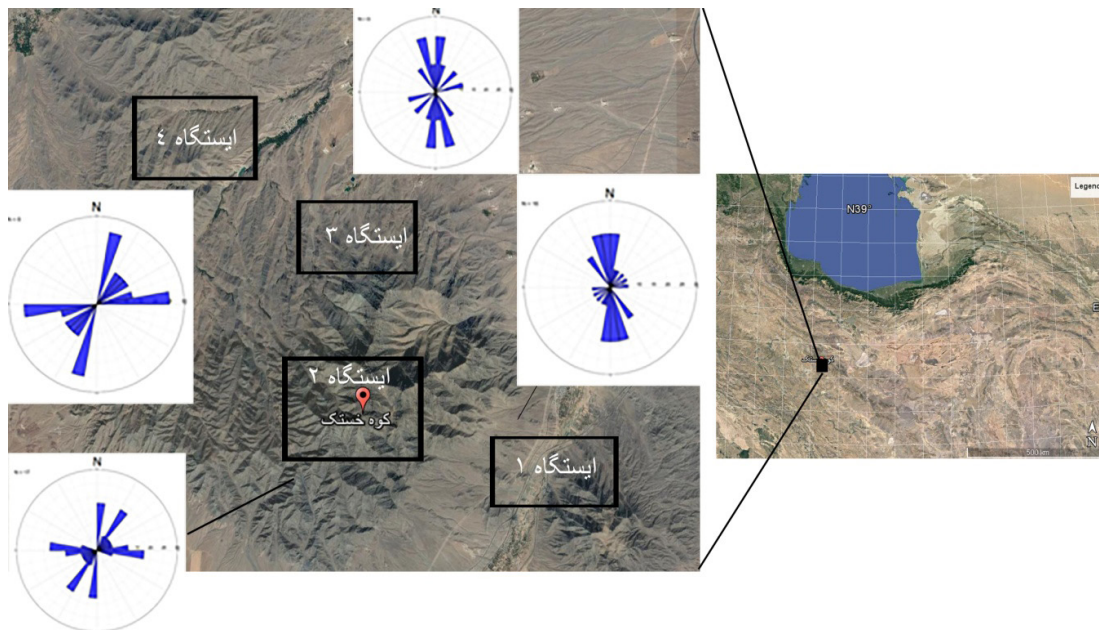
## ۳- مطالعات ساختاری

## ۳-۱- ویژگی‌های هندسی دایک‌های گستره مطالعه

به منظور بررسی ویژگی‌های زمین‌شناختی و زمین‌ساختی محل رخنمون دایک‌ها (شکل‌های ۱ و ۲)، ابتدا گستره به چهار ایستگاه که با روند شمال باختری - جنوب خاوری منطقه را پوشش می‌دهد، تقسیم گردید. ایستگاه ۱ در جنوب باختری روستای



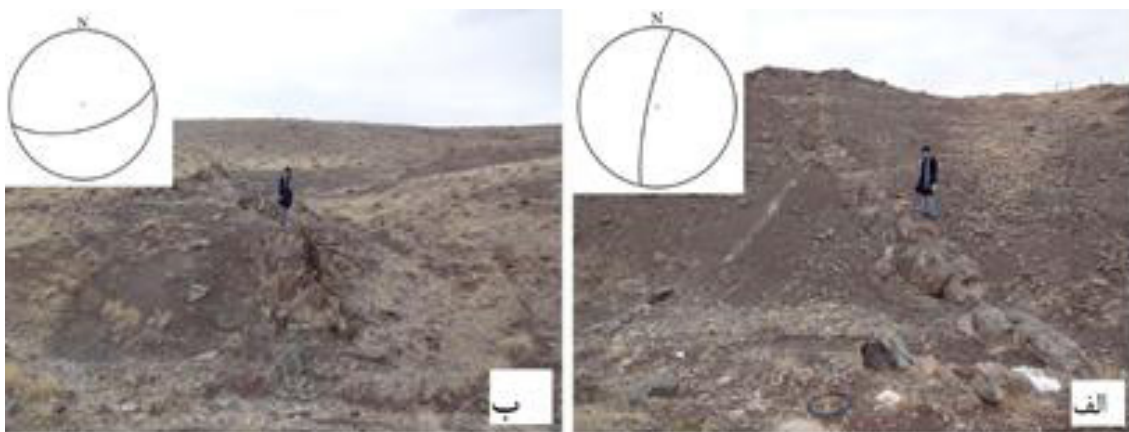
زواریان، ایستگاه ۲ در باختر و شمال باختری زواریان و ارتفاعات کوه خستک، ایستگاه ۳ در جنوب روستای سنجگان و ایستگاه ۴ در جنوب روستاهای عیسی آباد و منصورآباد قرار دارند. موقعیت ایستگاه‌های مورد نظر در تصویر ماهواره‌ای شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های برداشت دایکها بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست به همراه رز- دیاگرام امتداد دایک‌ها در هر ایستگاه

خاوری- باختری را نشان می‌دهند (شکل ۴). طبق مطالعات سنگ‌شناختی انجام شده توسط منصف (۱۳۹۰) دایک‌ها در مناطق سخت حصار، آفانظر و خستک با ترکیب بازیک تا حد واسط مربوط به فاز یکم فوران و دایک‌ها با ترکیب حد واسط تا حدی اسیدی مربوط به فاز دوم فوران بوده‌اند. بنابراین انواع دایک با ترکیب حد واسط می‌تواند به هر دو فاز فوران تعلق داشته باشد. قطع شدگی دایک‌های شمالی - جنوبی با دایک‌های خاوری - باختری نشان می‌دهد این دایک‌ها با روند خاوری - باختری جوانتر از دایک‌های شمالی - جنوبی هستند.

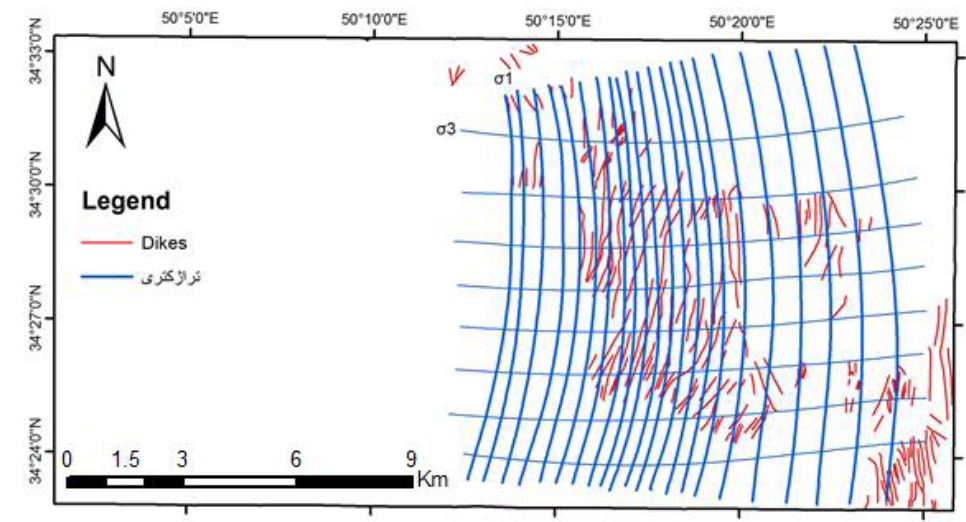
با استفاده از داده‌های برداشت شده در بازدهای صحرایی و همچنین تصاویر ماهواره‌ای و دایک‌های موجود در نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰ ۰۰۰ سلفچگان- خورده و تفرش، روند دایک‌ها در گستره‌ی مورد مطالعه به دست آمد که این روندها نشانگر دو سری دایک با روندهای مختلف در گستره هستند که یک سری از آن‌ها روند تقریباً شمالی - جنوبی (در قسمت‌های بالایی شمال‌شمال باختر - جنوب‌جنوب باختر، در قسمت‌های میانی تقریباً شمالی - جنوبی و در قسمت‌هایی پایینی شمال‌شمال خاور - جنوب‌جنوب باختر است) (شکل ۳) و سری دیگر روند



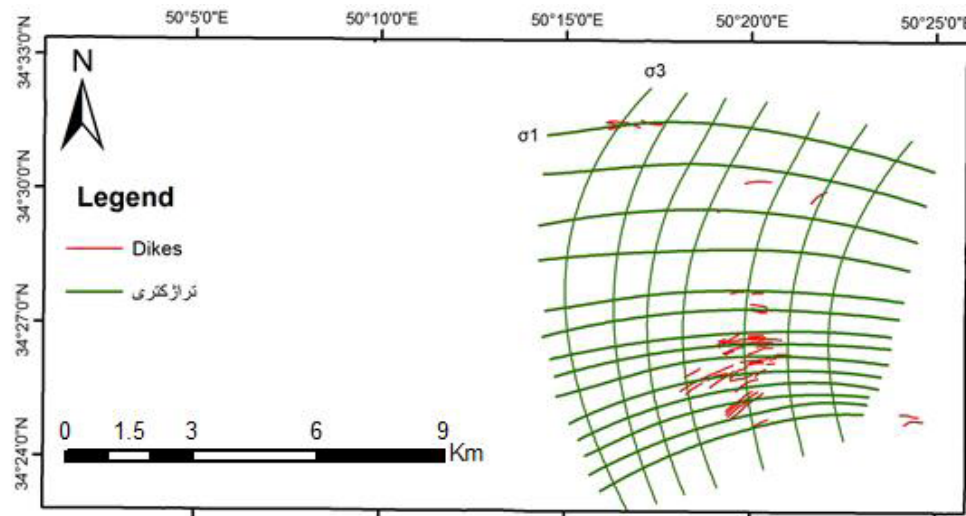
شکل ۲. نمونه‌هایی از دایک‌های برداشت شده در گستره مطالعه به همراه تصاویر استریوگرافیک آنها. (الف) با روند شمالی - جنوب، سوی نگاه شمال؛ (ب) با روند خاوری - باختری در ایستگاه DS-۳ (جنوب روستای سنجگان) سوی نگاه خاور.

کاری‌هایی در این بحث وجود دارد که خارج از هدف این مقاله است (Knopf, 1936; Price and Cosgrove, 1990; Ramsay and Lisle, 2000). براساس تحلیل روند تراژکتوری تنش براساس روند دایک‌ها در گستره، دو جهت‌گیری متفاوت از تراژکتوری تنش در گستره تعیین شد (شکل‌های ۳ و ۴).

در موقعیت‌هایی که دایک‌ها به تعداد فراوان در سنگ‌های پوسته تزریق می‌شوند، مطالعات مختلف نشان می‌دهد که محورهای اصلی تنش در پوسته کنترل‌کننده موقعیت هندسی تزریق دایک‌ها هستند به گونه‌ای که از دایک‌ها می‌توان برای ترسیم موقعیت تراژکتورهای تنش استفاده کرد، هرچند ریزه



شکل ۳. نقشه‌ی دایک‌ها با روند خاوری-باختری در گستره مورد مطالعه به همراه تراژکتوری تنش براساس موقعیت آنها.



شکل ۴. نقشه‌ی دایک‌ها با روند خاوری-باختری در گستره مورد مطالعه به همراه تراژکتوری تنش براساس موقعیت آنها.

تاقدیس خراب-سرهرود، در سه بخش از تاقدیس با استفاده از برداشت‌های صحرایی صورت گرفته از لایه‌بندی‌ها (شیب و جهت شیب)، نمودارهای پی ترسیم گردید. سپس با استفاده از محور چین و روند اثر سطح محوری موقعیت سطح محوری تاقدیس در هر سه بخش تعیین شد. به دلیل تأثیرات زمین ساختی، سطح محوری تاقدیس دچار تغییر شده و روندهای مختلفی را در

۲-۳- چین خوردگی‌ها (تاقدیس خراب-سرهرود)  
- برش‌های عرضی تاقدیس خراب-سرهرود  
به منظور تحلیل ساختاری بررسی‌هایی در گستره‌ی مطالعه صورت گرفت که از جمله‌ی آن‌ها برداشت‌های صحرایی از شیب و امتداد صفحات لایه بندی، برداشت روند و میل خط‌خس‌ها در صفحه‌ی گسلی را می‌توان نام برد. به منظور تعیین سطح محوری





راستالغز چپ‌بر آن را قطع کرده است (شکل ۶).  
- برش عرضی CD: در این برش ساختاری در هسته‌ی تاقدیس واحد  $E_3^m$  رخنمون دارد و گسل ۵F با سازوکار معکوس با مؤلفه راستالغز چپ‌بر آن را قطع کرده است (شکل ۶).

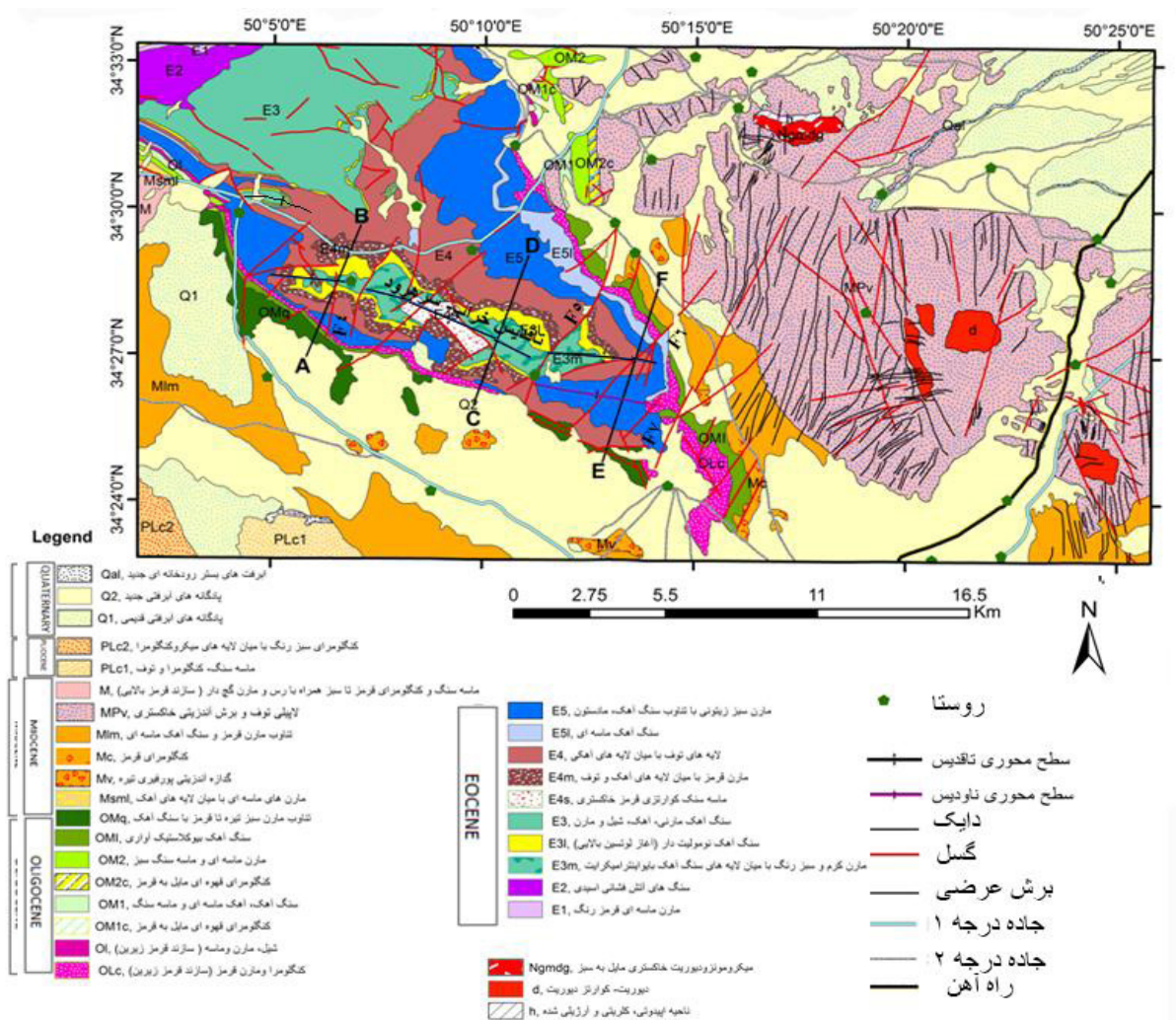
- برش عرضی EF: در این برش ساختاری در هسته‌ی تاقدیس واحد  $E_4$  و در هسته‌ی ناودیس واحد  $E_3$  رخنمون دارد و گسل‌های ۶F و ۷F با سازوکار معکوس با مؤلفه راستالغز چپ‌بر این برش عرضی را قطع نموده‌اند (شکل ۶).

در باختر گستره‌ی مورد مطالعه تعداد ۸ گسل که باعث جابجایی در لایه‌بندی‌های تاقدیس خراب- سرهرود شده است (شکل ۵).  
هندسه‌ی تاقدیس خراب- سرهرود یک تغییر شیب را در یال‌های دو طرف نشان می‌دهد که باعث ایجاد یک چین نامتقارن شده است، همین امر باعث شده تا رخنمون یال‌های چین در سطح ضخامت‌های متفاوت را نشان دهند.

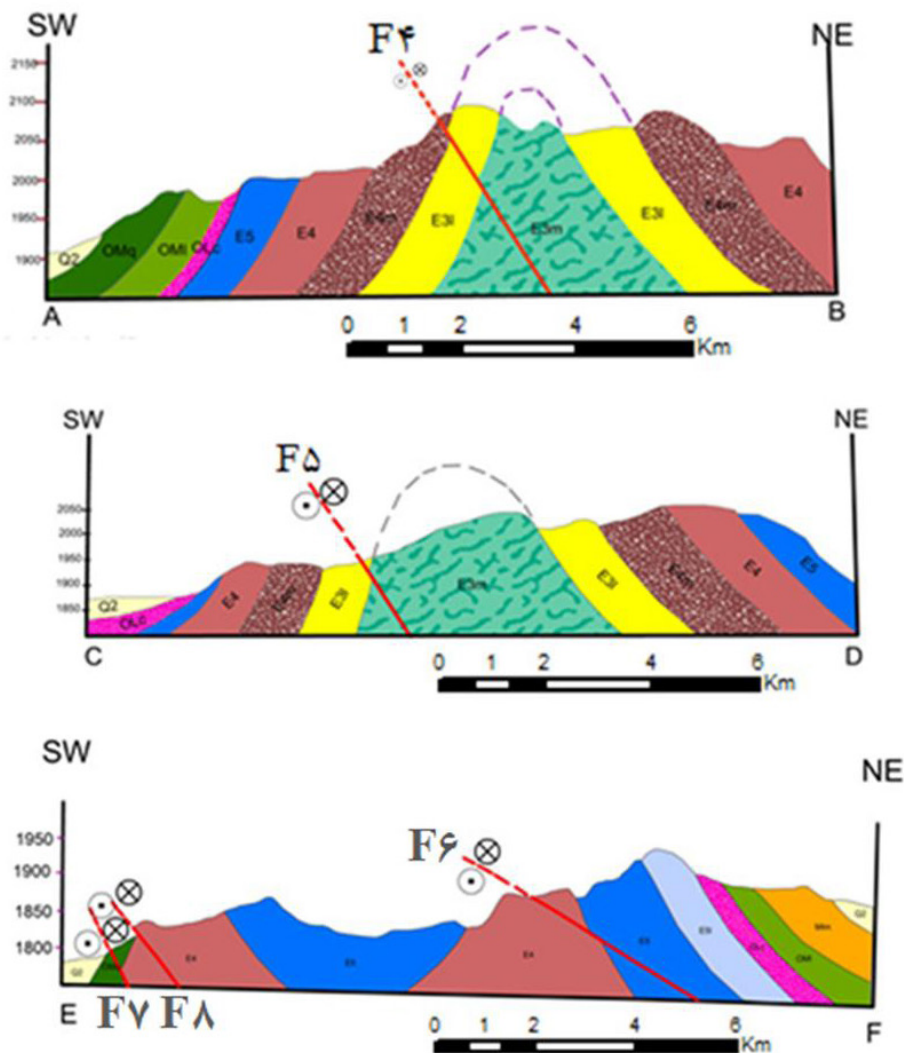
سه بخش از تاقدیس نشان می‌دهد. در بخش خاوری تاقدیس، موقعیت سطح محوری  $N278,76$  در بخش مرکزی تاقدیس، موقعیت سطح محوری  $N291,32N$  و در بخش باختری تاقدیس، موقعیت سطح محوری  $N283,50N$  است.

بهترین روش برای بررسی مشخصات ساختاری بخش‌های بالایی پوسته و ارائه اطلاعات از ساختارهای زمین‌شناسی به ویژه چین‌ها، ترسیم برش‌های ساختاری می‌باشد، این برش‌های ساختاری عموماً به صورت عمود بر محور چین‌ها ترسیم می‌شوند. در این بخش سه برش عرضی زمین‌شناسی در سه قسمت از تاقدیس مورد مطالعه رسم شد که از باختر به خاور تاقدیس، به صورت AB, CD, EF نامگذاری شده‌اند. این برش‌های عرضی در نقشه زمین‌شناسی گستره (شکل ۵) نشان داده شده‌اند.

- برش عرضی AB: در این برش ساختاری در هسته‌ی تاقدیس واحد  $E_3^m$  رخنمون دارد و گسل ۴F با سازوکار معکوس با مؤلفه



شکل ۵. نقشه‌ی زمین‌شناسی گستره‌ی مورد مطالعه (با تغییر از امینی و همکاران، ۱۳۷۸؛ عالی‌ی مهابادی و همکاران، ۱۳۷۹).



شکل ۶. برش‌های عرضی زمین‌شناسی رسم شده از تاقدیس خراب - سرهرود، راهنما شبیه به شکل ۵. موقعیت برش‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.

تأثیر گسل‌ها قرار گرفته‌اند و پس از تعیین محور آن از طریق رسم پی دیاگرام با استفاده از برداشت‌های صحرائی حاصل از لایه بندی‌های آن، در سه بخش از این تاقدیس، موقعیت سطح محوری آن به دست آمد. همچنین ناودیس کوچکی در باختر گستره‌ی مورد مطالعه و در کنار تاقدیس اصلی منطقه قرار دارد (شکل‌های ۵ و ۷-ب) که دارای هسته‌ای با جنس: مارن سبز زیتونی با تناوب سنگ آهک، مادستون ( $E_6^1$ )، و یال‌های با جنس‌های: تناوب مارن سبز تیره تا قرمز با سنگ آهک ( $OM_q$ )؛ لایه‌های توف با میان لایه‌های آهکی ( $E_6^1$ ) است که پس از تعیین محور آن از طریق رسم دیاگرام پی با استفاده از برداشت‌های صحرائی حاصل از لایه بندی‌های آن، موقعیت سطح محوری آن به دست آمد.

#### - چین خوردگی‌های فرعی در مجاورت تاقدیس خراب - سرهرود

یک تاقدیس کوچک در باختر گستره قرار دارد (شکل‌های ۵ و ۷-الف) که دارای هسته‌ای با جنس: مارن کرم و سبز رنگ با میان لایه‌های سنگ آهک بایواینترامیکرایت ( $E_6^m$ ) و یال‌های با جنس‌های: تناوب مارن سبز تیره تا قرمز با سنگ آهک ( $OM_q$ )؛ سنگ آهک بایو کلاستیک آواری ( $OMI$ )؛ کنگلومرا و مارن قرمز (سازند قرمز زیرین) ( $OL^c$ )؛ مارن سبز زیتونی با تناوب سنگ آهک، مادستون ( $E_6^1$ )؛ سنگ آهک ماسه‌ای ( $E_6^1$ )؛ مارن قرمز با میان لایه‌های آهک و توف ( $E_6^m$ )؛ ماسه سنگ کوارتزی قرمز خاکستری ( $E_6^s$ )؛ و سنگ آهک نومولیت‌دار (آغاز لوتسین بالایی) ( $E_6^1$ ) است که یال‌ها و هسته‌ی آن تحت





الف



ب

شکل ۷. الف) نمایی از تاقدیس گستره‌ی مورد مطالعه (دید به سمت شمال).

ب) نمایی از ناودیس گستره‌ی مورد مطالعه (دید به سمت خاور).

از نرم‌افزار یاماچی به منظور مقایسه‌ی تراژکتری دایک‌ها با نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های لغزش گسلی صورت گرفت. این نتایج به تفکیک ایستگاه‌ها به شرح زیر است (شکل ۹).

۳-۳- آینه‌های گسلی و مطالعه تنش دیرین به کمک برداشت خط خش

از خط‌خس‌های برداشت‌شده ۱۵ ایستگاه از ۱۵۰ آینه گسلی (شکل ۸)، تحلیل داده‌های لغزش گسلی با استفاده

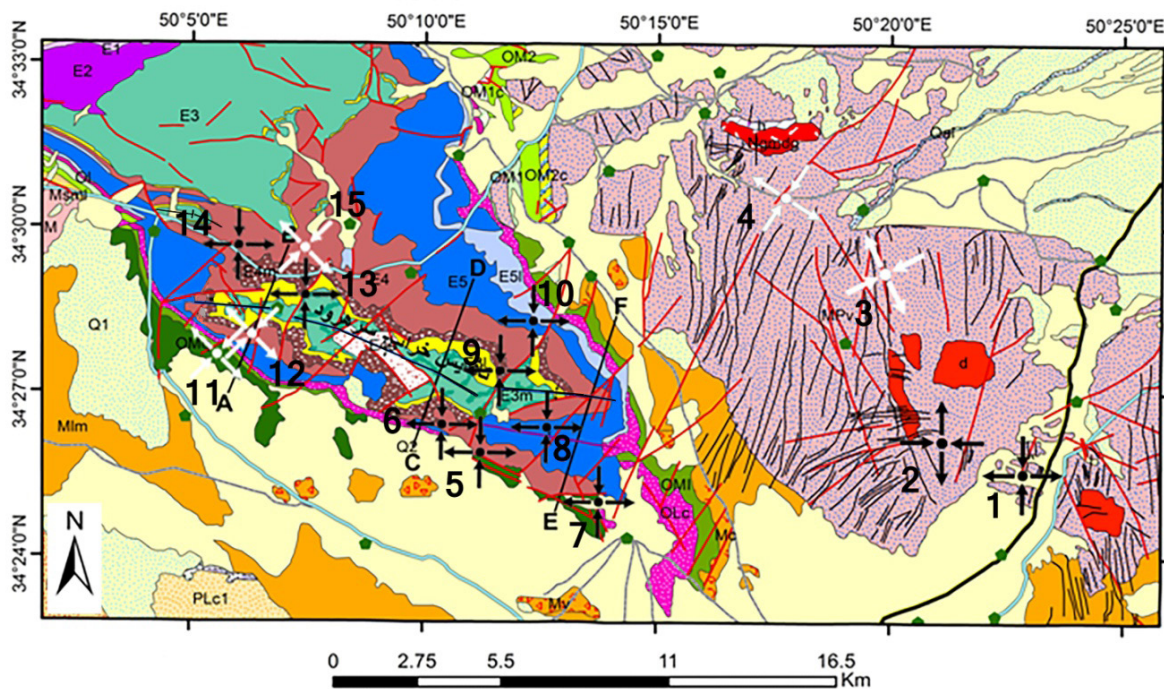
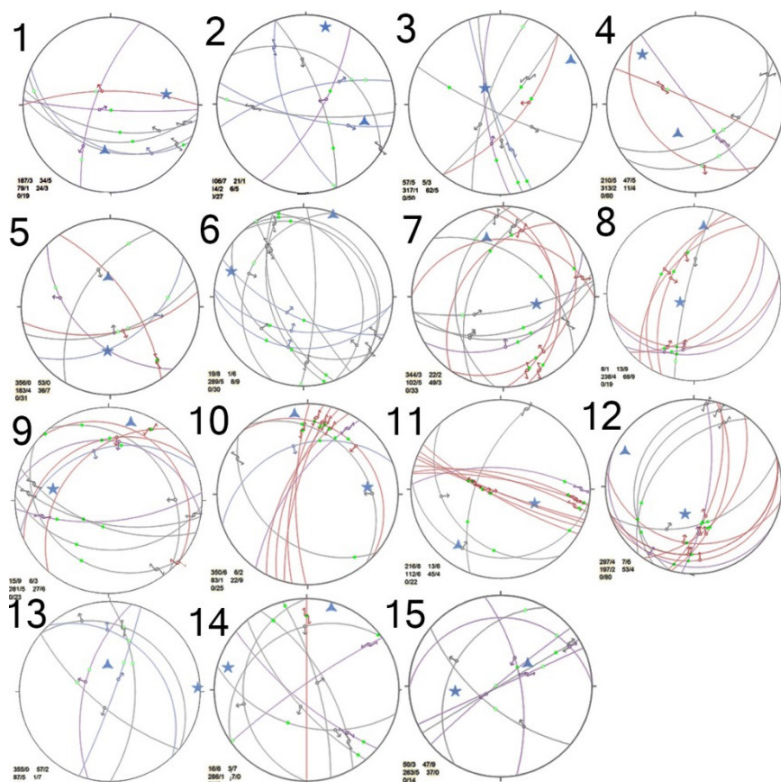


شکل ۸. نمونه‌هایی از آینه‌های گسلی و خش خط روی آنها که برای تحلیل تنش دیرین مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

مطالعه دو سامانه تنش را نشان می‌دهد، که بیانگر این مطلب است که دایک‌های با روند تقریباً شمال-جنوبی در همان گامه‌ی زمانی که تاقدیس خراب-سررود به وجود آمده، تشکیل شده‌اند و در مرحله‌ی بعدی که گستره دچار برش راست‌بر می‌شود دومین سری از دایک‌ها یعنی دایک‌های با روند خاوری-باختری به وجود می‌آیند.

همان‌طور که تحلیل داده‌های لغزش گسلی در ۴ ایستگاه از گستره‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد، دایک‌ها هر دو روند شمالی-جنوبی و شمال خاوری-جنوب باختری را دارا هستند که داده‌های حاصل از برداشت دایک‌ها نیز همین امر را ثابت می‌کند. تحلیل داده‌های لغزش گسلی در این بخش نیز مانند خاور گستره‌ی مورد

## الف



## ب

شکل ۹. الف- تعیین وضعیت تنش‌ها به روش معکوس سازی چند فازی با استفاده از داده‌های گسله‌ها در ۱۵ ایستگاه (در استریونتها ستاره سه پر معرف ۱، و ستاره پنج پر معرف ۲ هستند). ب- رسم تمام صفحات گسلی در ۱۵ ایستگاه و سازوکار آنها به کمک شبکه اشمیت با استفاده از نرم‌افزار یاماجی به همراه جهت روند ۱، ۲ و ۳ که با فلش‌های سیاه و سفید روی نقشه مشخص شده است.





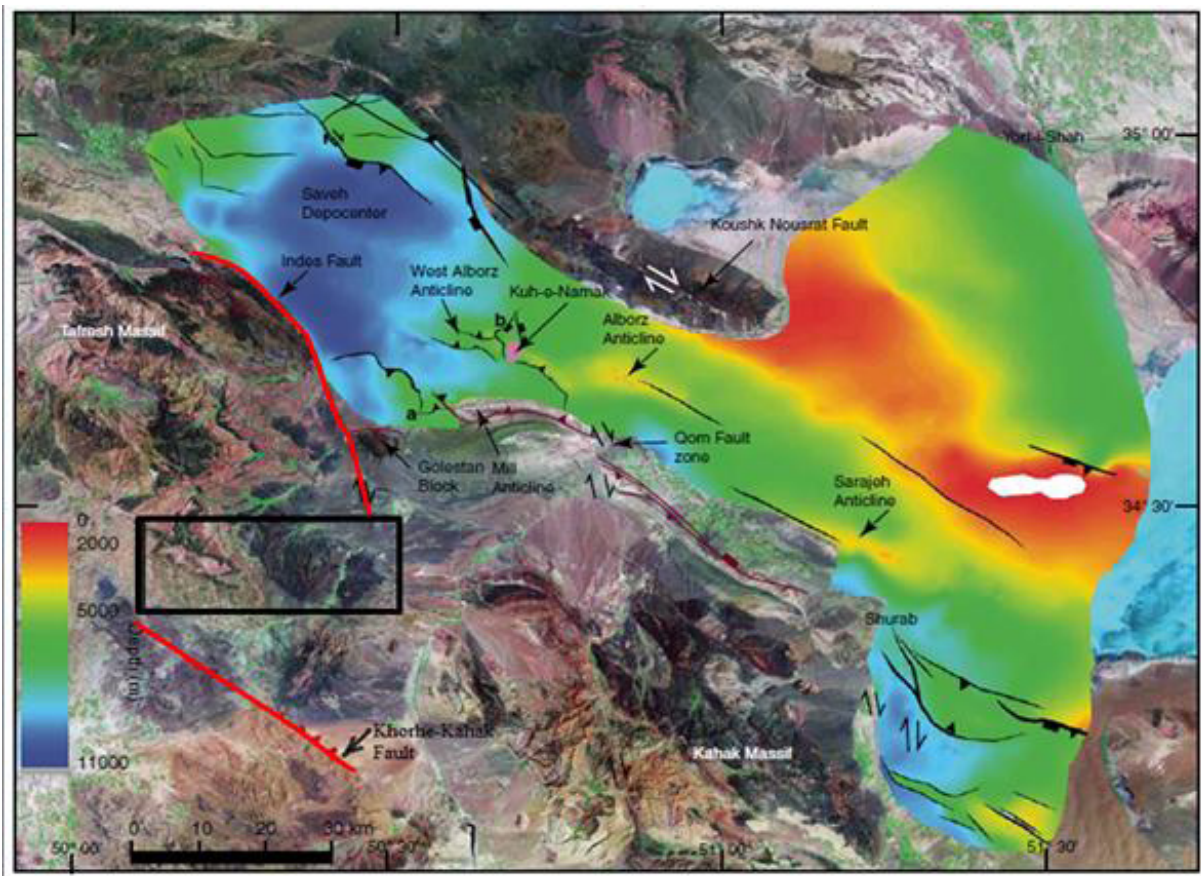
## ۴- بحث

سطوح گسلی برداشت شده در محدوده‌ی خاوری گستره‌ی مورد مطالعه (محدوده‌ی رخنمون دایک‌ها) و تحلیل این داده‌ها به روش وارون چند گانه (MIM) نیز وجود دو رژیم تنش را تأیید می‌کند که راستای محدوده‌ی  $\sigma_1$  و  $\sigma_2$  با نتیجه‌ی تراژکتوری تنش به دست آمده از روند دایک‌ها مطابقت دارد. افزون بر این برداشت داده‌های خط‌خس از محدوده‌ی باختری مورد مطالعه در تأقیس خراب- سرهرود و تحلیل آن‌ها به روش (MIM) نیز (شکل ۹) دو سری تنش را برای گستره نشان داد که بحث تراژکتوری تنش را تأیید می‌کند.

بعد از ترسیم سطح محوری در تأقیس گستره‌ی مورد مطالعه، جهت محور تنش یا همان تنش همزمان با تشکیل چین خوردگی (FST) به دست آمد که یک روند تقریباً شمالی- جنوبی را نشان می‌دهد، بنابراین می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که دایک‌هایی که تراژکتوری آن‌ها روند تقریباً شمالی- جنوبی را نشان می‌دهند در همان گامه تنش که چین خوردگی شکل گرفته است به وجود آمده و دایک‌های با روند خاوری- باختری احتمالاً بعد از

با توجه به مشاهدات و برداشت‌های صحرائی از جمله برداشت امتداد و شیب دایک‌ها و همچنین برداشت خط‌خس‌ها از صفحات گسلی در خاور گستره‌ی مورد مطالعه، تراژکتوری دایک‌ها ترسیم شد و مشاهده شد که دو سری روند برای دایک‌ها در این گستره وجود دارد و در نتیجه دو سامانه تنش را نشان می‌دهند، بر اساس فرض این که دایک‌ها تراژکتوری  $\sigma_1$  را نشان می‌دهند (Ramsay and Lisle, 2000)، تراژکتوری تنش با توجه به موقعیت دایک‌ها بازسازی شد (شکل‌های ۳ و ۴). بر این اساس اولین رژیم تنش با توجه به روند تراژکتوری  $\sigma_1$  در قسمت‌های بالایی شمال/ شمال باختر- جنوب/ جنوب خاور، در قسمت‌های میانی تقریباً شمالی- جنوبی و در قسمت‌هایی پایینی شمال/ شمال خاور- جنوب/ جنوب باختر است. همچنین دومین رژیم تنش با چرخشی ساعت‌گرد در راستای محورهای تنش همراه است به گونه‌ای که بر اساس شکل ۳ تراژکتوری  $\sigma_1$  روند تقریباً خاوری- باختری پیدا می‌کند. مطالعه‌ی تنش دیرین به کمک داده‌های خط‌خس و

## 1 Multiple Inverse Method



شکل ۱۰. نقشه‌ی سازند قم بر اساس داده‌های لرزه‌ای بازتابی برای حوضه‌ی مرکزی بر گرفته از تصویر ماهواره‌ای ناحیه‌ی قم- ساوه (Morley et al., ۲۰۰۹). موقعیت گستره‌ی مورد مطالعه با مستطیل مشکی بین دو گسل ایندوس و کهک مشخص شده است.



تأقدیس خراب- سرهرود به وجود آمده است. سپس این پهنه که بین دو گسل ایندس در شمال و خاور با عملکرد راستالغز راست بر و مؤلفه‌ی فشارشی و گسل خورهه- کهک در جنوب با سازوکار فشارشی قرار دارد (شکل ۱۰) با ادامه فعالیت ترفشارش و چرخش راستگرد در راستای تنش  $\sigma_1$ ، تأقدیس خراب- سرهرود با یک تغییر شیب در بال‌های دو طرف به صورت نامتقارن در آمده و در ادامه دچار برشی راست بر شده است که در نتیجه‌ی آن سطح محوری چین حالت Z شکل پیدا کرده است. دایک‌های با روند خاوری- باختری نیز در همین مرحله به وجود آمده‌اند. در انتها نیز گسل‌های عرضی راستالغز چپ بر با امتداد شمال خاور- جنوب باختر، تأقدیس مذکور را بریده و جابجا کرده‌اند.



بوده است که هر دو پدیده با یک چرخش راستگرد در راستای تنش اصلی ماگزیمم از میوسن تا پلیوسن در رژیم ترفشارشی راستگرد در کمر بند ارومیه- دختر همراه شده‌اند. بر این اساس، در گامه تنش‌ی نخست با راستای تنش اصلی شمالی- جنوبی که چین خوردگی شکل گرفته است، دایک‌های شمالی- جنوب تزیق شده‌اند. سپس دایک‌های با روند خاوری- باختری احتمالاً بعد از تشکیل چین و طی گامه‌ی دوم تنش تزیق شده‌اند. در این گامه تغییرات سطح محوری تأقدیس خراب- سرهرود که به دو چین کوچک انتهایی ختم می‌شود هندسه‌ی Z شکل به آن داده است و سبب عدم تقارن در سطح محوری تأقدیس شده است. در انتها نیز گسل‌های عرضی راستالغز چپ بر با امتداد شمال خاور- جنوب باختر، تأقدیس مذکور را بریده و جابجا کرده‌اند.

#### ۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان از همسر خانم بازگیر آقای مصطفی میرزایی که در برداشت‌های صحرائی ایشان را همراهی نمودند، صمیمانه تشکر می‌نمایند.



#### فصلنامه علوم زمین.

علائی مهابادی، س.، ۱۳۷۹. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سلفچگان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.  
منصف، ر.، ۱۳۹۰. ژئوشیمی، پتروژنز و جایگاه تکنونو ماگمایی سنگ‌های آتش فشانی و نیمه آتش فشانی نوژن غرب سلفچگان تا شمال دلیجان (ایران مرکزی)، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

تشکیل چین و مربوط به گامه‌ی دوم تنش می‌باشند. تغییرات سطح محوری تأقدیس خراب- سرهرود که به دو چین کوچک انتهایی ختم می‌شود هندسه‌ی Z شکل به آن داده است (شکل ۵). با توجه به ترفشارش موجود در کمر بند ماگمایی ارومیه- دختر (Morley et al., ۲۰۰۹, Allen et al., ۲۰۱۱, جمالی و همکاران، ۱۳۸۷) این ترفشارش در این گستره سبب دگرشکلی بعدی تأقدیس و حالت Z شکل آن شده است به گونه‌ای که سطح محوری آن دچار تغییر موقعیت شده است. به عبارتی تزیق دایک‌های حدواسط تا بازیگ در بخش خاوری گستره کم و بیش هم‌زمان با شروع چین خوردگی در بخش باختری گستره‌ی مورد مطالعه صورت گرفته است و در نتیجه‌ی این چین خوردگی هسته‌ی اولیه‌ی

#### ۵- نتیجه گیری

مطالعه تنش دیرین یکی از رهیافت‌های پذیرفته شده و کارا جهت شناسایی رژیم زمین ساختی حاکم و تغییرات آن در مقیاس ناحیه‌ای به ویژه در دوره نوژن است. ترکیب نتایج حاصل از مطالعه تنش دیرین با دیگر بررسی‌های ساختاری اطمینان از تفسیرهای ارائه شده بر این مبنا را دوچندان می‌کند. تلفیق داده‌ها و تفسیر ساختاری با مطالعه تنش دیرین، وضعیت دایک‌های تزیق شده با فراوانی قابل توجه در محدوده منطقه سلفچگان و الگوی ساختاری چین خوردگی‌ها در تأقدیس خراب- سرهرود، به عنوان الگویی از این دست مطالعات معرفی می‌گردد که نتایج آن به منظور شناخت تکامل زمین ساخت ناحیه‌ای در این گستره مورد استفاده قرار گرفته است. این پهنه بین دو گسل ایندس در شمال و خاور با عملکرد راستالغز راست بر و مؤلفه‌ی فشارشی و گسل خورهه- کهک در جنوب با سازوکار فشارشی قرار دارد. تراژکتورهای دایک‌های بازیگ تا اندکی اسیدی که در دو فاز در منطقه تزیق شده‌اند با تشکیل و تکامل تأقدیس خراب- سرهرود هم‌زمان

#### ۷- منابع

امامی، م.، ۱۳۷۹. شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش قم، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.  
امینی، ب.، حاجیان، ج.، امینی جهرق، م.، ۱۳۷۸. نقشه زمین شناسی تفرش (۱:۱۰۰۰۰۰)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.  
جمالی، ف.، حسامی آذر، خ.، قرشی، م.، ۱۳۸۷. گسل‌های جنب و قطعه بندی پهنه گسلی قم- زفره در گستره میان زفره تا شمال کاشان،



### Reference:

- Alavi, M., 1980. Tectonostratigraphic evolution of the Zagrosides of Iran. *Geology* 8, 144-149.
- Alavi, M., 1994. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics* 229, 211-238.
- Allen, M.B., Kheirkhah, M., Emami, M.H., Jones, S.J., 2011. Right-lateral shear across Iran and kinematic change in the Arabia-Eurasia collision zone. *Geophysical Journal International* 184, 555-574.
- Amidi, S.M., 1984. Geological map of the Saveh Quadrangle, scale 1: 250,000, Geol. Surv. Iran, Tehran.
- Angelier, J., 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data. *Journal of structural geology* 11(1-2), 37-50.
- Berberian, F., Muir, I.D., Pankhurst, R.J., Berberian, M., 1982. Late Cretaceous and Early Miocene Andean-type plutonic activity in northern Makran and Central Iran. *Journal of Geological Society of London* 139, 605-614.
- Dimitrijevic, M.D., 1973. Geology of Kerman region, Geol. Surv. Iran Rep Yu, 52.
- Emami, M.H., 1981. Geologie de la region de Qom-Aran (Iran); Contribution a l'etude dynamique et geochemique du volcanisme tertiaire de l'Iran central, These d'Etat. Univer, Grenoble. France.
- Hajian, H., 1977. Geological map of the Tafresh area, scale 1: 100,000. Geol. Surv. Iran, Tehran.
- Hessami, K., Pantosi, D., Tabassi, H., Shabaniyan, E., Abbassi, M., Fegghi, K., Sholaymani, S., 2003. Paleoequakes and slip rates of the North Tabriz Fault, NW Iran: preliminary results. *Annals of Geophysics* 46, 903-915.
- Knopf, A., 1936. Igneous geology of the Spanish Peaks region, Colorado. *Geological Society of America Bulletin* 47(11), 1727-1784.
- Morley, C.K., Kongwung, B., Julapour, A.A., Abdolghafourian, M., Hajian, M., Waples, D., Warren, J., Otterdoom, H., Srisuriyon, K., Kazemi, H., 2009. Structural development of a major late Cenozoic basin and transpressional belt in central Iran: The Central Basin in the Qom-Saveh area. *Geosphere* 5(4), 325-362.
- Price, N.J., Cosgrove, J.W., 1990. Analysis of geological structures. Cambridge University Press, 502.
- Ramsay, J.G., Lisle, R.J., 2000. Modern structural Geology vol.3, Academic Press.
- Sippel, J., Scheck-Wenderoth, M., Reicherter, K., Mazur, S., 2009. Paleostress states at the southwestern margin of the Central European Basin System—Application of fault-slip analysis to unravel a polyphase deformation pattern. *Tectonophysics* 470(1), 129-146.
- Yamaji, A., 2000. The multiple inverse method: a new technique to separate stresses from heterogeneous fault-slip data. *Journal of Structural Geology* 22(4), 441-452.
- Yamaji, A., Otsubo, M., Sato, K., 2006. Paleostress analysis using the Hough transform for separating stresses from heterogeneous fault-slip data. *Journal of Structural Geology* 28(6), 980-990.



**Stress regime change from Miocene to Pliocene-Quaternary and its relationship with structures and dykes emplacement in the Salafchegan area, Oroumiyeh-Dokhtar magmatic belt**

Elham Bazgir\*, Seyed Ahmad Alavi, Mohsen Ehteshami-Moinabadi, Leila Ebadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Shahid Beheshti University, School of Earth Sciences



Abstract

Paleostress analysis using fault-slip data and trajectory of dykes in the Salafchegan area, west of Qom Province, has improved our knowledge on tectonic regime changes in the late Cenozoic in this portion of Oroumiyeh-Dokhtar magmatic belt. Stress trajectories drawn on the base of dykes show two direction of maximum principal stress along N-S and NE-SW. although fault-slip data analysis of 150 slickensides by MIM method proved the change of stress regime from Miocene to Pliocene in the study area. Additionally, the faulted and sheared anticline of Kharab-Sarahroud is an asymmetric Z-shape fold that cut by NE-SW left lateral strike slip faults. According to right-lateral transpression is was the active tectonic setting in the Oroumiyeh-Dokhtar belt from Miocene to present. The study area is laid between two main faults including Indes right-lateral strike slip fault to the north and Khorheh-Kahak thrust system to the south. Due to contribution of Oligocene-Miocene rock units, folding of Kharab-Sarahroud anticline has occurred in Miocene and perhaps Pliocene; when the first stress regime was active. Then by clockwise rotation stress axes, the fold was sheared and rotated to find Z-shape geometry. Finally NE-SW left-lateral faults cut the fold in Quaternary.

Keywords: Paleostress, transpression, Oroumiyeh-Dokhtar, Salafchegan, dyke

\* bazgir\_elham@yahoo.com