فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۰

حرکات راستالغز و ساختارهای مرتبط با گسل شازند

محمدرضا صابری[۱]، محسن پورکرمانی[۲]، علیرضا ندیمی[۳]، سهیلابوذری[٤]

۱- دانشجوی دکتری تکتونیک، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
Geotectonic2010@gmail.com
۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۳- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان
٤- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۹/۱۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۸/۲۵

چکیده

بررسی های تصاویر ماهواره ای و مطالعات صحرایی بر روی ساختارهای شکننده منطقه گلپایگان نشان می دهند که دو سیستم اصلی گسلش با روندهای شمال باختری- جنوب خاوری و شمال خاوری- جنوب باختری وجود دارد. گسل شازند، مهم ترین گسل منطقه، با طولی حدود ۱۹۰ کیلومتر به موازات راندگی اصلی زاگرس امتداد یافته است. اندازه گیری های صحرایی صفحات گسلی نشان می دهند که ساز و کار این گسل معکوس راستگرد است. این گسل با توجه به تغییر روند آن به سه زیرپهنه با روندهای N45W ، N70W-N45W و N45W تقسیم شده است. گسل شازند در طول مسیر خود در زیرپهنه های مختلف سنگ های آهکی کرتاسه و ماسه سنگ های ائوسن، در زیرپهنه های دوم و سوم آبرفت ها و مخروط افکنه های کواترنری و مسیر رودخانه گلپایگان و خمین را قطع و به صورت راستگرد جابجا نموده است. ساختارهای متعددی در ارتباط با حرکت راستالغز این گسل بررسی شد که نشان دهنده مولفه حرکتی راستگرد می باشند. این ساختارها شامل گسل های فلسی شکل در جنوب غرب گلپایگان، ساختار دم اسبی در اطراف روستاهای عمارت ، حسین آباد و جنوب شرق گلپایگان، ساختار گل مانند مثبت در اطراف روستای حسین آباد و بلوک های چرخیده در طول گسل شازند می باشند. به نظر می رسد چرخش این بلوک ها باعث تغییر روند گسل شازند و بوجود آمدن زیرپهنه ها شده است.

واژگان کلیدی: گسل راستالغز، کوهزاد زاگرس، گسل شازند، گلپایگان

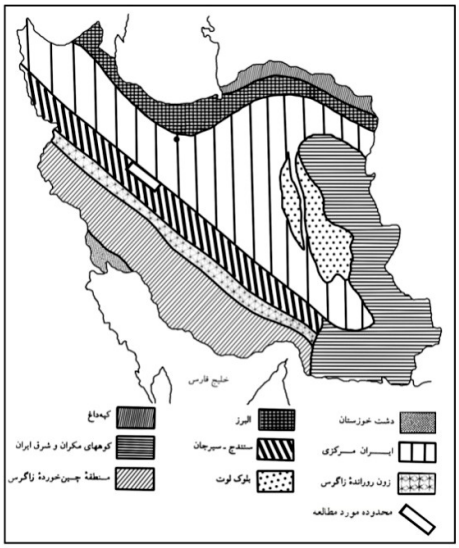
مقدمه

گسل های راستالغز از جمله ساختارهای مهمی هستند که اخیراً مورد توجه ویژه ای قرار گرفته اند. حرکات این گسل ها باعث جابجایی افقی بلوک های مختلف پوسته زمین در مقیاس های مختلف می شوند. ساختارهای مختلفی در ارتباط با حرکت گسل های راستالغز بوجود می آیند که می توان به ساختار های گل مثبت و منفی، دم اسبی و دوپلکس ها اشاره نمود.

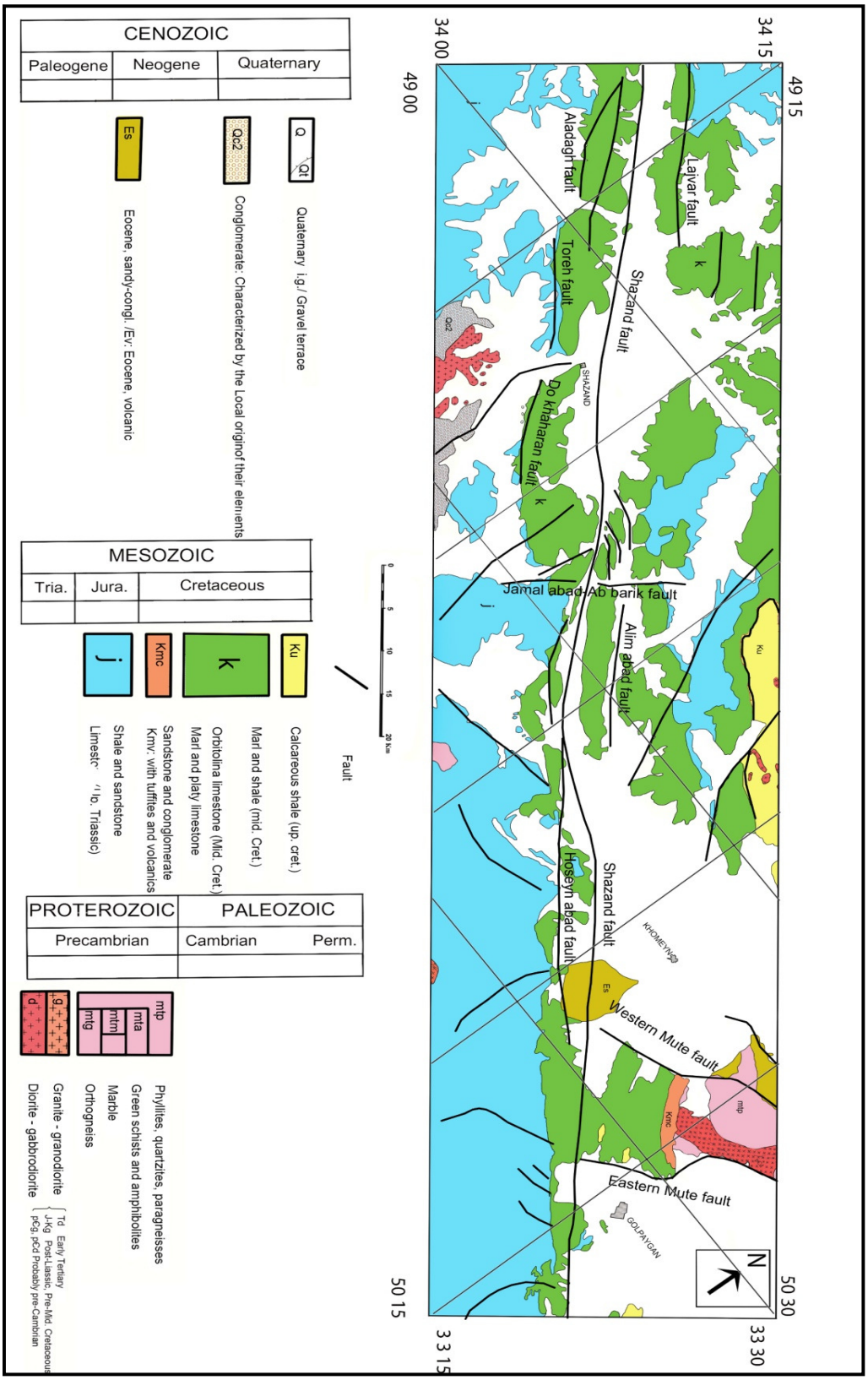
مثال های متعددی از گسل های راستالغز فعال در حاشیه شمالی کوهزاد زاگرس وجود دارد که تاکنون مطالعاتی نیز صورت گرفته است [10، 5، 2،4]. در این پژوهش نیز یکی از این گسل های راستالغز در پهنه سنندج-سیرجان و در منطقه شازند تا گلپایگان مورد توجه قرار گرفته است. این گسل که تأثیر ویژه ای بر روی تکامل ساختاری منطقه داشته است، گسل شازند می باشد که در این پژوهش علاوه بر معرفی و قطعه بندی این گسل به ساختارهایی که در طی حرکت راستالغز آن بوجود آمده است اشاره شده است. به منظور بررسی ساختارهای موجود در منطقه مورد مطالعه در طی مطالعات آزمایشگاهی علاوه بر استفاده از عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای و نقشه های زمین شناسی در مطالعات صحرایی به بررسی آثار حرکتی گسل ها و ساختارهای شکننده منطقه و ساختارهای مرتبط با گسلش راستالغز حاشیه گسل اصلی منطقه پرداخته شده است.

زمین شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه در پهنه بندی فلات ایران که توسط اشتوکلین انجام گرفته در پهنه سنندج- سیرجان واقع شده است [12] (شکل۱). سنندج- سیرجان باریکه ای با روند شمال باختری – جنوب خاوری است که در مجاورت بلافصل راندگی اصلی زاگرس قرار دارد [12]. ویژگی های سنگی و ساختاری پهنه سنندج – سیرجان معرف یک گودی ژرف و یا کافت میانه بلوک در سپر پرکامبرین ایران و عربستان است. به همین دلیل ویژگی های زمین شناختی آن با پهنه های مجاور تفاوت های آشکار دارد. به عقیده اشتوکلین [12]، سنندج- سیرجان در شمال شرقی روراندگی اصلی زاگرس قرار گرفته است و به لحاظ تاریخچه ساختاری به ایران مرکزی شباهت زیادی دارد و دگرشیبی های شدید دوران های مزوزوئیک و سنوزوئیک ایران مرکزی کم و بیش در این منطقه نیز دیده می شود که هیچ کدام از آن ها در زاگرس وجود ندارد. این در حالی است که نبود سازندهای آتشفشانی دوران سنوزوئیک و همچنین تشابه روند این منطقه با روند زاگرس، آن را از ایران مرکزی جدا می کند [۱]. در پهنه سنندج– سیرجان، پدیده های دگرگونی آذرین و زمین ساخت پی در پی و هم آهنگ با فازهای زمین ساختی شناخته شده در مقیاس جهانی در بیشترین مقدار است. به همین دلیل، این پهنه نا آرام ترین و به گفته ای دیگر، پویاترین پهنه زمین ساختی ایران است [7]. قدیمی ترین سنگ هایی که در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند سنگ هایی به سن پرکامبرین می باشند که در امتداد گسل های موته رخنمون دارند [10]. بیشتر سنگ های رخنمون یافته در این محدوده سنگ هایی به سن ژوراسیک و کرتاسه می باشند (شکل۲) [13].



شکل ۱- پهنه های ساختاری ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه [12]



شکل ۲- نقشه زمین شناسی و گسل های موجود در منطقه مورد مطالعه

گسل های راستالغز منطقه

بررسی عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای و شواهد زمین شناسی در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که دو سیستم گسلش اصلی در این منطقه قابل تشخیص است که به ترتیب اهمیت و فراوانی عبارتند از:

۱- گسل های طولی (با روند شمال باختری– جنوب خاوری).

۲- گسل های عرضی (با روند شمال خاوری– جنوب باختری) (شکل۲).

گسل های طولی

سیستم غالب در منطقه را گسل های طولی با روند شمال باختری- جنوب خاوری تشکیل می دهند که گسل های بزرگ و اصلی موجود در منطقه می باشند. این گسل ها باعث جابجایی و قطع شدن گسل های قدیمی تر و خرد شدگی واحد های سنگی و در نهایت ایجاد دره های خطی با روند شمال باختری- جنوب خاوری به موازات پهنه گسلی گردیده اند که به خوبی در بخش های شمال باختری و جنوب خاوری منطقه مورد مطالعه قابل تشخیص است. گسل های این سامانه به موازات راندگی اصلی زاگرس امتداد یافته اند و گسل هایی معکوس هستند که دارای مولفه های حرکتی راستالغز راستگرد نیز می باشند. آثار حرکتی این گسل ها را می توان از روی جابجایی واحد های سنگی، مخروط افکنه های عهد حاضر، خش گسلی و گسل های فرعی که با زاویه حاده نسبت به گسل اصلی قرار گرفته اند (گسل های پرمانند) تشخیص داد (شکل۲). در محدوده مورد مطالعه، این سیستم گسلی شامل گسل های شازند، حسین آباد، علیم آباد، دو خواهران توره، آلاداغ و لجور است که با توجه به طول و اهمیت آن ها در تکامل ساختاری منطقه مهم ترین آن ها، گسل شازند معرفی می شود.

گسل شازند گسلی است با طول ۱۹۰ کیلومتر که با روند شمال باختری – جنوب خاوری از جنوب شازند تا نزدیکی نجف آباد امتداد یافته است [10]. این گسل ساز و کار معکوس و راستالغز راستگرد دارد و شواهد بدست آمده که در ادامه به آن پرداخته می شود نشان می دهد که حرکت راستالغز راستگرد این گسل جوانتر می باشد. در مطالعه انجام شده حدود ۱۳۵ کیلومتر از طول گسل در فاصله بین شهر شازند تا گلپایگان مورد مطالعه قرار گرفته است. در این محدوده گسل شازند یک روند خطی و مستقیم را نشان نمی دهد و بر همین اساس به ۳ قطعه تقسیم بندی شده است (شکل۳).

پهنه اول در قسمت شمال باختری از روستای لنجرود تا روستای بازنه به طول حدود 40 کیلومتر با روند N45W امتداد یافته است.

پهنه دوم در قسمت میانی از روستای بازنه تا روستای حسین آباد به طول حدود 40 کیلومتر دیده می شود که امتداد گسل در ابتدای این پهنه از N45W به N70W تغییر یافته و مجدداً به N45W تغییر روند می دهد. در قسمت جنوب خاوری این پهنه مجدداً امتداد گسل به N80W تغییر می یابد.

پهنه سوم در قسمت جنوب خاوری محدوده مورد مطالعه از روستای حسین آباد تا شهرک صنعتی گلپایگان به طول حدود 50 کیلومتر واقع شده است. در این پهنه امتداد گسل گلپایگان مجدداً از N80W به N45W تغییر می یابد (شکل۳).

گسل های عرضی

گسل های این سیستم با روند شمال خاوری- جنوب باختری تقریباً عمود بر پهنه راندگی زاگرس امتداد یافته اند (شکل ۲). مطالعات صحرایی نشان می دهد که این گسل ها دارای سازوکار عادی بوده و در بعضی نقاط نیز به صورت راستالغز چپگرد حرکت می کنند. مهم ترین گسل های این سیستم گسل های خاوری و باختری موته می باشند (شکل۲).

این سیستم گسل در طی کوهزایی زاگرس به صورت شکستگی های کششی در جهت تنش های فشارهای صفحه عربی به صفحه ایران به وجود آمده اند و عملکرد مشترک آن ها باعث ایجاد فرا زمین و فرو زمین هایی با امتداد NE-SW شده اند.

در بین این گسل ها و در اثر پدیده بیرون زدن (Exhumation)، پی سنگ قدیمی پرکامبرین به همراه واحدهای پالئوزوئیک زیرین از بخش های زیرین به سمت بالا حرکت کرده اند و در مجاور واحدهای جدید قرار گرفته اند [10].

ساختارهای مرتبط با گسل های راستالغز

ساختارهای مختلفی در طول گسل های راستالغز تشکیل می شوند و تاکنون مطالعات متعددی نیز بر روی نحوه تشکیل و طبقه بندی آن ها انجام گرفته است [8,9]. به منظور تائید حرکات راستالغز در امتداد گسل اصلی این منطقه ساختارهایی که در طی این حرکات تشکیل شده اند به طور مختصر معرفی می شوند.

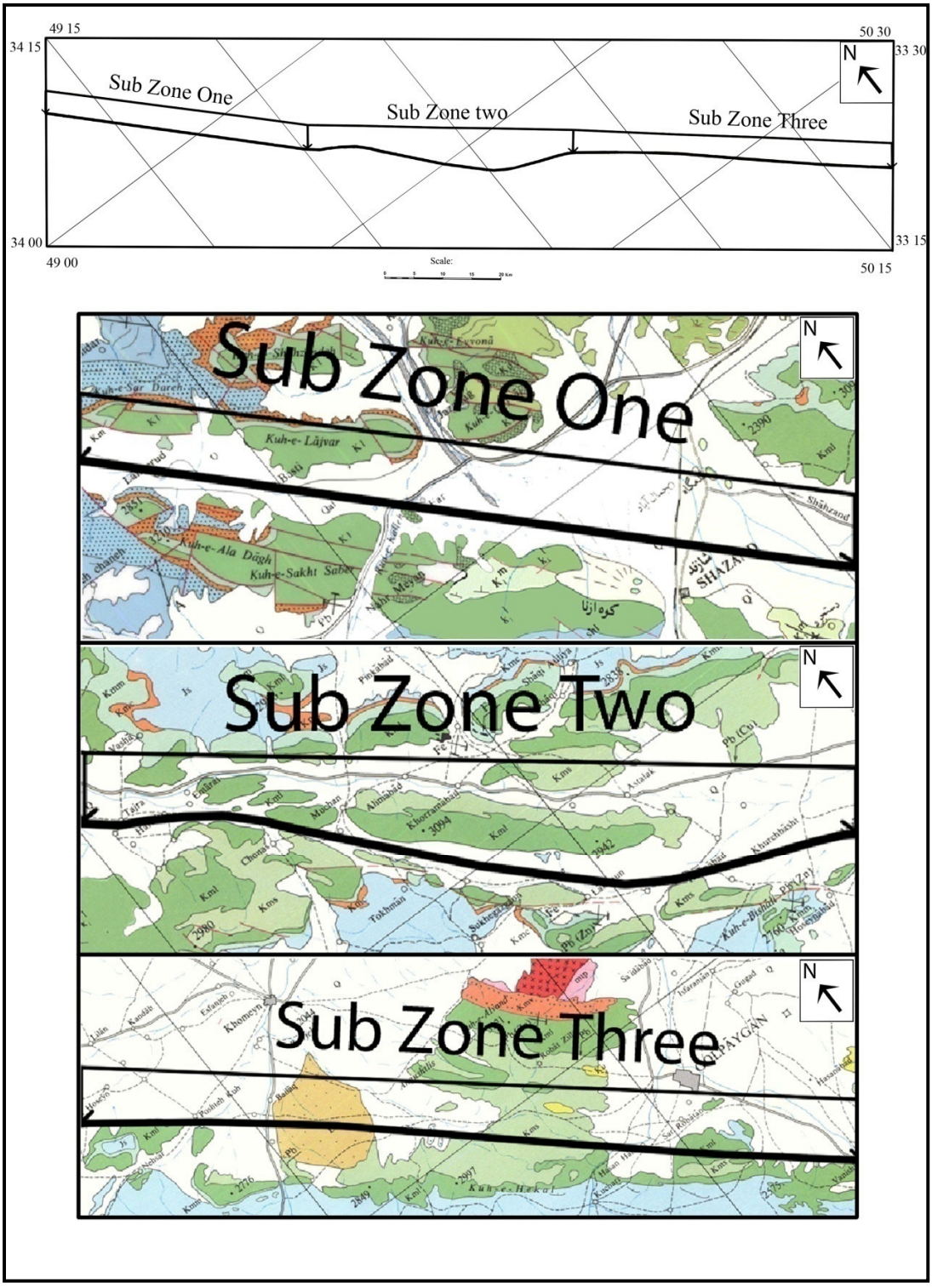
این ساختارها شامل گسل های نرمال فلسی (extensional imbricate fan of fault)، دم اسبی (horsetail splay)، گل مثبت (positive flower) و بلوک های چرخیده (rotated blocks) می باشند.

علاوه بر این ساختارها، شواهد دیگری از جمله جابجایی راستگرد رودخانه گلپایگان، چرخش و بریده شدن رسوبات و مخروط افکنه های کواترنری نیز مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ٤ نشان داده شده است. در این شکل رودخانه گلپایگان به میزان حدود ۳ کیلومتر به طور راستگرد در طول گسل شازند جابجا شده است. این شواهد نشان می دهند که مولفه حرکتی راستالغز راستگرد این گسل در طی کواترنری فعالیت داشته است.

گسلش نرمال فلسی

گسلش نرمال فلسی شکل از جمله ساختارهایی است که در طول گسل شازند مشاهده شده است. این گسل های فرعی در طی حرکات راستالغز و ایجاد کشش منطقه ای به صورت فروزمین های پوششی تشکیل می گردند.

این ساختار که تأیید کننده حرکت راستالغز راستگرد گسل شازند می باشد در جنوب غرب شهر گلپایگان و نزدیک کوه های هکل، در بخش فرادیواره گسل مشاهده شده است (شکل٤). در این منطقه حداقل سه نیمه فروزمین (half-graben) وجود دارد که توسط گسل های کوچک نرمال با شیب روبه شمال باختر احاطه شده است. این گسل ها با امتداد N80E گسترش یافته اند و حدود ٦٠ درجه نسبت به گسل شازند زاویه دارد.



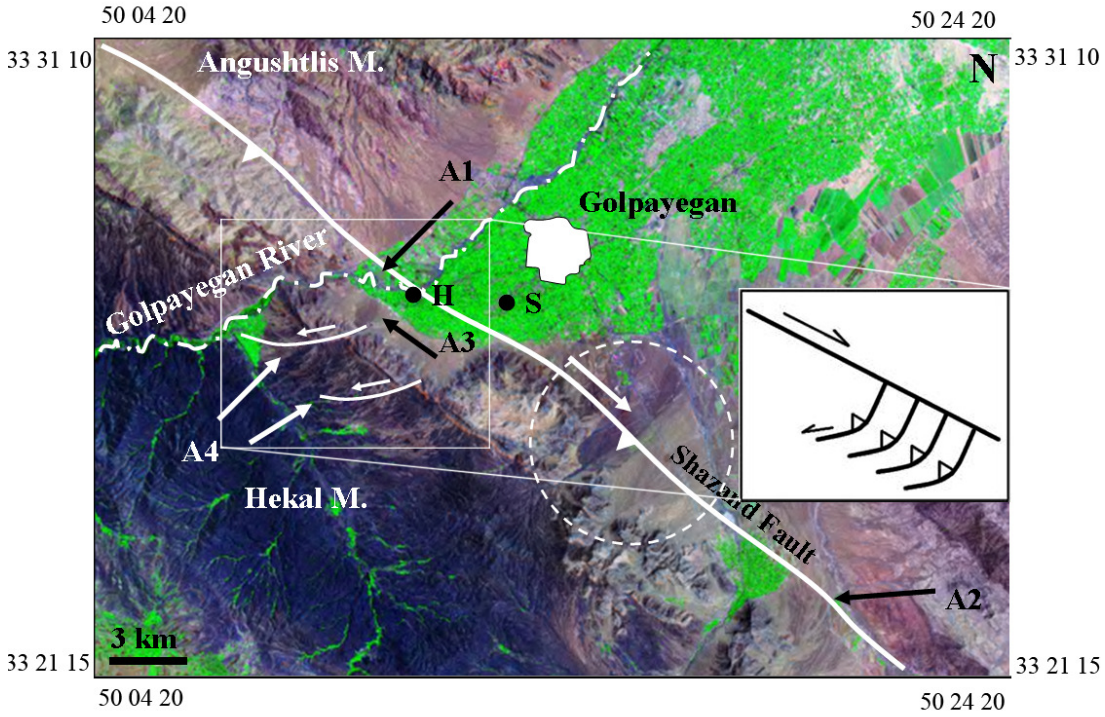
شکل۳- قطعه بندی گسل شازند بر اساس تغییر روند گسل

ساختار دم اسبی

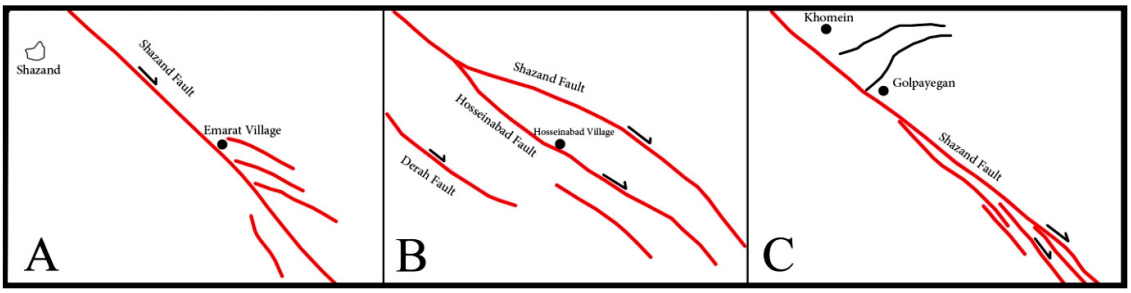
ساختارهای دم اسبی از جمله ساختارهایی می باشد که در بخش های ویژه ای از طول گسل های راستالغز تشکیل می شوند. در طول گسل شازند، سری های متعددی از گسل های راستالغز کوچکتر دیده می شود که به گسل شازند می پیوندند. این گسل ها به عنوان ساختارهای دم اسبی گسل شازند در نظر گرفته شده اند. این مثال ها در نواحی روستای عمارت، حسین آباد و جنوب شرق شهر گلپایگان به سمت نجف آباد دیده می شوند(شکل ۵).

ساختار گل مثبت

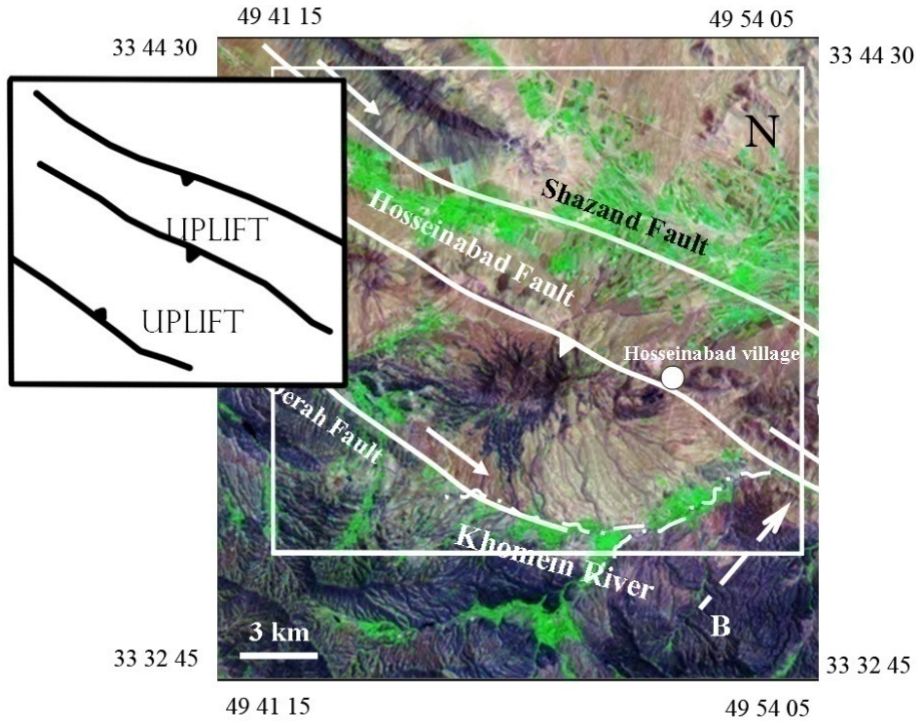
حرکت راستالغز در طول بخش های منحنی شکل یک گسل باعث ایجاد ساختار های گل مثبت و منفی می شود [15]. این ساختارهای گلی با توجه به وضعیت بخش ناصاف گسل و سمت حرکت آن می تواند محیطی فشاری و یا کششی را بوجود آورد. در نزدیکی روستای حسین آباد در طی حرکت راستالغز گسل شازند، ساختار گل مثبت حسین آباد بوجود آمده است (شکل ٦).



شکل ٤– تصویر ماهواره ای منطقه گلپایگان و گسل شازند. آثار حرکتی راستالغز راستگرد گسل شازند شامل جابجایی راستگرد رودخانه گلپایگان (A1)، بریدگی رسوبات عهد حاضر در مسیر گسل شازند (A2)، چرخش مخروط افکنه توسط حرکت راست گرد گسل شازند (A3)، بریده شدن رسوبات جدید توسط گسل و تشکیل گسل های نرمال فلسی شکل (A4). حروف S و H روستاهای سرباطان و حسن حافظ را نشان می دهد [۳].



شکل۵- ساختارهای دم اسبی در طول گسل شازند. شکل A شامل ساختار دم اسبی روستای عمارت، شکل B ساختارهای دم اسبی همجوار روستای حسین آباد و شکل C ساختارهای دم اسبی جنوب شرق گلپایگان

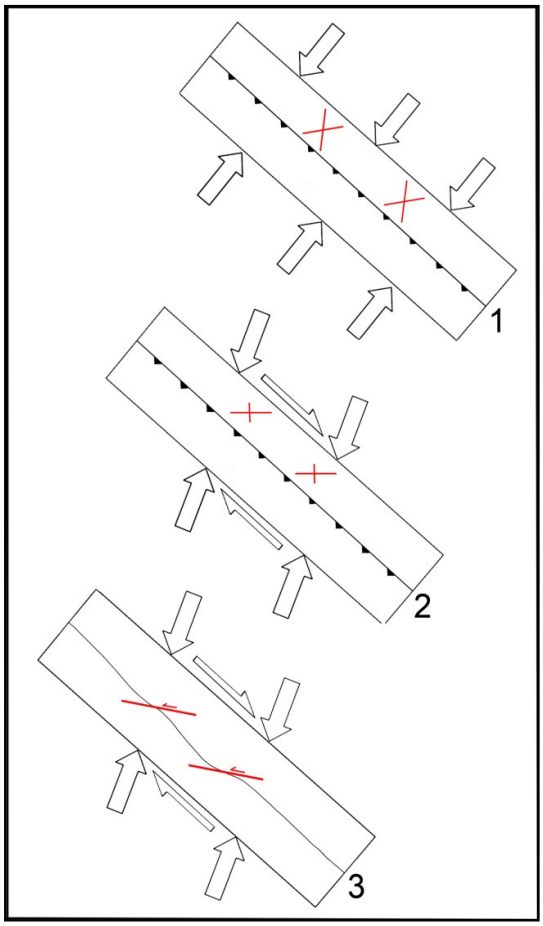


شکل ٦- ساختارهای گل مثبت در نزدیکی روستای حسین آباد که در اثر حرکت راستالغز- فشاری گسل های شازند، حسین آباد و دراه به وجود آمده است.

بلوک های چرخیده

حرکات راستالغز در طول گسل های امتداد لغز باعث تشکیل گسل های فرعی در راستاهای مختلفی می شود [8,9]. در این شبکه گسلی، بلوک های متعددی به وجود می آید که مرز آن ها را گسل های راستالغز تشکیل می دهند. این بلوک های محصور، بر اساس سمت حرکت گسل های مرزی می توانند به صورت موافق یا مخالف حرکت عقربه های ساعت چرخش داشته باشند. بر این اساس در امتداد گسل شازند بلوک های متعددی شناسایی گردید که چرخش نموده اند. مرز این بلوک ها می توانند طبق گسل های طولی و عرضی معرفی شده در منطقه، در نظر گرفته

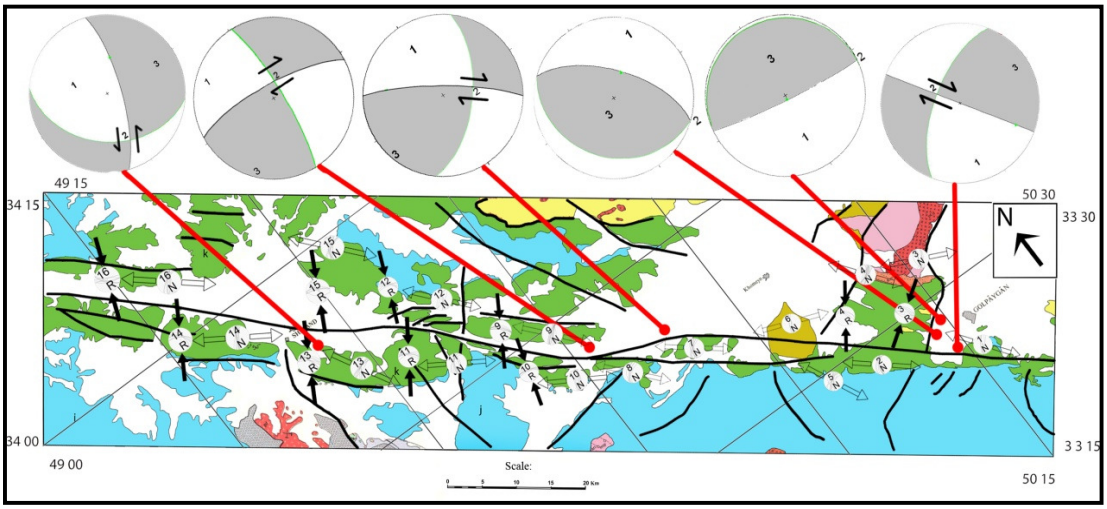
شوند. با مشاهده این شبکه گسلی و بلوک های چرخیده می توان تغییر روند گسل شازند را در محل پهنه دوم توجیه نمود (شکل ۷). به نظر می رسد سن این تغییر روند گسل های فرعی و چرخش بوجود آمده را می توان بعد از آغاز حرکات راستالغز در کوهزاد زاگرس و به عبارت دیگر بعد از پلیوسن در نظر گرفت [11].



شکل ۷- مدل نمایشی از وضعیت گسل شازند، گسل های عرضی و چرخش به وجود آمده در طول گسل شازند. در این شکل نحوه تکامل و شکل گیری گسل های فرعی و ایجاد انحراف در مسیر گسل شازند نشان داده شده است.

میدان تنش دیرین

در این پژوهش ساختارهای متعددی برای اولین بار در منطقه گلپایگان و شازند معرفی گردید که همگی وجود حرکات راستالغز در حاشیه شمالی کوهزاد زاگرس و به ویژه در طول گسل شازند را تأئید می نمایند. بررسی وضعیت میدان تنش مؤثر و سمت کوتاه شدگی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از اندازه گیری های صحرایی در ایستگاه های مختلفی از منطقه مورد مطالعه بر روی گسل های اصلی و فرعی انجام شد. بررسی های انجام شده نشان داد که سازوکار و امتداد گسل های فرعی منطقه نیز از گسل های اصلی پهنه سنندج- سیرجان پیروی می کنند، یعنی امتداد غالب شمال باختری – جنوب خاوری و روند بعدی شمال خاوری – جنوب باختری می باشند. گسل های با روند شمال باختری – جنوب خاوری به طور غالب گسل هایی معکوس دارای مولفه راستالغز راستگرد می باشند و گسل های با امتداد شمال خاوری – جنوب باختری اکثراً سازوکاری نرمال و دارای مولفه راستالغز چپ گرد می باشند. امتداد گسل های فرعی منطقه در ۱۶ ناحیه از محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت که در شکل های ۸ و ۹ محل برداشت و نمودارهای تحلیل فضایی بدست آمده از این گسل ها و جهت کوتاه شدگی محاسبه شده برای گسل های نرمال و معکوس هر منطقه و تحلیل صفحات گسل های برداشت شده از این منطقه مشاهده می شود. با توجه به ساز و کار و تعیین سمت تنش مؤثر و محاسبه میانگین از جهت های بدست آمده، جهت کوتاه شدگی در منطقه مورد مطالعه N30E به دست آمد (شکل۹).

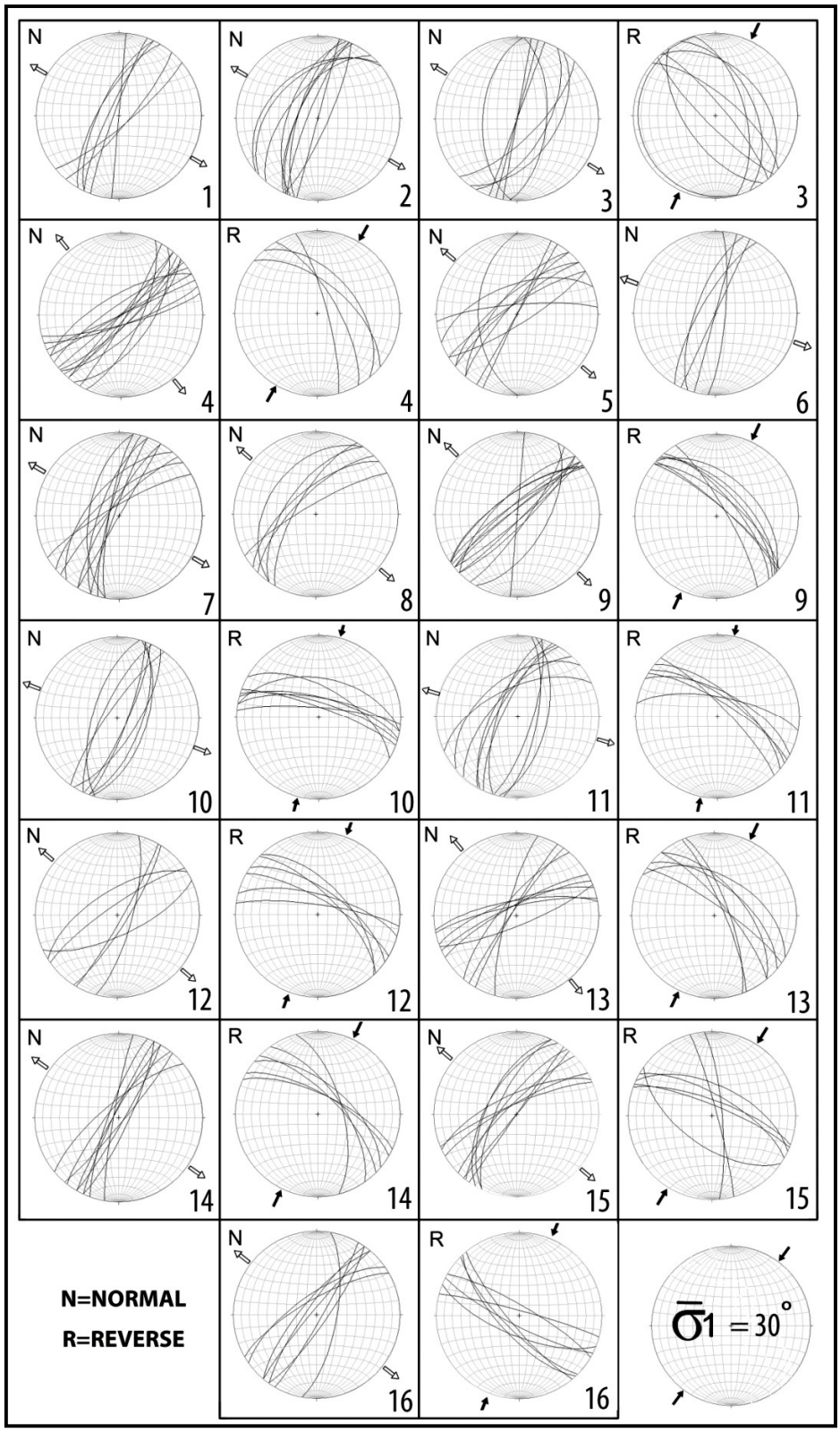


شکل ۸- نمودارهای تحلیل صفحه گسل ساختارهای گسل های اصلی، پراکندگی جهت های کوتاه شدگی در مطالعات ساختاری گسل های فرعی و ایستگاه های مختلف منطقه

تشکیل حرکات راستالغز

مطالعات مختلفی نشان داده اند که حرکات فشاری و همگرایی صفحه عربی به سوی اوراسیا و شمال شرق در طی میوسن باعث شکل گیری کوهزاد زاگرس به عنوان یکی از فعال ترین رشته کوه های جهان گردیده است[4,5,6,12]. در طی این حرکات فشاری که در جهت شمال خاوری- جنوب باختری بر پوسته ایران اثر گذاشت، گسل های معکوس تا رورانده در منطقه تشکیل شدند. آثار این حرکات فشاری با چین خوردگی و تشکیل گسل های معکوس و بالاآمدن منطقه قابل بررسی است. علاوه بر گسل های اصلی و بزرگ منطقه، ساختارهای کوچکتر و فرعی از جمله گسل های کوچکتر نیز به طور متقاطع در جهت کوتاه شدگی کوهزاد زاگرس تشکیل گردیده اند. پس از میوسن و در طی پلیوسن- پلیستوسن با تغییر روند همگرایی صفحات عربی و اوراسیا از شمال خاوری به شمال- شمال خاوری [5]، و تغییر میدان تنش تغییراتی در موقعیت و سازوکار گسل ها به وجود آمد.

در این مرحله مولفه های حرکتی گسل ها از معکوس به راستالغز راستگرد و معکوس تبدیل شدند. این مطلب با گسترش حرکات جدید راستالغز گسل شازند در منطقه مورد مطالعه قابل توجیه می باشد. این گسل در طول مسیر خود با بریدن رسوبات جدید کواترنری و رودخانه ها نشان داده است که حرکت غالب این گسل راستالغز راستگرد می باشد. با آغاز حرکات راستالغز در طول گسل های اصلی، بلوک های اطراف گسل های منطقه دچار چرخش گردیدند و گسل های فرعی قدیمی از موقعیت قبلی خود تغییر کرده و یا سازو کار حرکتی آن ها تغییر نمود و ساختارهای مرتبط با گسل های راستالغز به وجود آمدند.



شکل ۹- تصاویر استریوگرافیکی گسل های فرعی منطقه، جهت های کوتاه شدگی و کشیدگی موثر بر آن ها. پیکان تیره نشان دهنده سمت فشارش و پیکان روشن سمت کشش در منطقه را نشان می دهد.

نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه در حاشیه شمالی کوهزاد زاگرس قرار دارد. تغییرات سمت همگرایی صفحات عربی و اوراسیا در محل برخورد و کوهزاد زاگرس باعث تشکیل گسل های جدید و فعال و یا تغییر سازوکار گسل های قدیمی تر در این پهنه گردیده است. گسل شازند با روند شمال باختری– جنوب خاوری در این پهنه قرار دارد.

این گسل از شمال باختری شازند تا جنوب خاوری گلپایگان با امتداد شمال باختری- جنوب خاوری یک گسل معکوس با مولفه راستالغز راستگرد می باشد.

- بررسی های انجام شده در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که دو سیستم اصلی گسلش با روند های شمال باختری- جنوب خاوری (طولی) و شمال خاوری- جنوب باختری (عرضی) قابل تشخیص می باشد. گسل های طولی به موازات ساختارهای اصلی زاگرس تشکیل شده اند و عمدتا مولفه های حرکتی معکوس و راستالغز راستگرد دارند. گسل های عرضی در جهت عمود بر ساختارهای اصلی زاگرس تشکیل شده و مولفه های حرکتی عادی و راستالغز چپگرد دارند.

- گسل شازند، مهمترین گسل منطقه مورد مطالعه، با طولی حدود ۱۹۰ کیلومتر از نوع گسل های طولی بوده و با توجه به تغییر روند آن به سه زیر پهنه تقسیم گردید. این زیر پهنه ها عبارتند از: زیر پهنه اول با طول ٤٠ کیلومتر و روند N45W از شمال باختری روستای لنجرود تا روستای بازنه امتداد یافته است. زیر پهنه دوم طول ٤٠ کیلومتر دارد و از ابتدا تا انتهای زیر پهنه، روند آن از N45W به N70W و سپس به N45W تغییر می یابد. این زیر پهنه از روستاهای بازنه تا حسین آباد کشیده شده است. زیر پهنه سوم با طول حدود ٥٠ کیلومتر و روند N45W از روستای حسین آباد تا شهرک صنعتی گلپایگان امتداد یافته است. به نظر می رسد در نتیجه عملکرد حرکت های راستالغز راستگرد در منطقه گسل شازند، چرخش بلوک های کوچک تر و گسل های فرعی باعث انحراف مسیر گسل شازند و تشکیل زیر پهنه های آن شده است.

- گسل شازند در طول مسیر خود در زیر پهنه های مختلف سنگ های آهکی خاکستری کرتاسه و ماسه سنگ های ائوسن، در زیر پهنه های دوم و سوم آبرفت ها و مخروط افکنه های کواترنری و مسیر رودخانه گلپایگان و خمین را قطع و به صورت راستگرد جابجا نموده است.

- علاوه بر بلوک های چرخیده که باعث انحراف مسیر گسل شازند شده اند، ساختارهای متعدد دیگری در ارتباط با حرکت های راستالغز این گسل، مورد بررسی قرار گرفته است. این ساختارها شامل گسل های فلسی شکل در زیر پهنه سوم و جنوب غرب شهر گلپایگان، ساختار دم اسبی در زیر پهنه اول اطراف روستای عمارت، زیر پهنه دوم اطراف روستای حسین آباد و زیر پهنه سوم در جنوب شرق گلپایگان و ساختار گل مانند مثبت در اطراف روستای حسین آباد، در زیر پهنه های دوم و سوم و در فاصله بین گسل شازند و حسین آباد می باشند. نحوه گسترش و تشکیل این ساختارها نشان می دهد که این ساختارها در طی حرکت های راستالغز راستگرد موثر بر منطقه گسل شازند تشکیل شده اند.

- مطالعات میدان تنش دیرین انجام گرفته بر روی ساختارهای شکننده منطقه از جمله گسل های اصلی و

فرعی، سمت کوتاه شدگی (σ_1) در منطقه مورد مطالعه را در حدود N30E نشان می دهد.

منابع

۱- آقانباتی، ع.، (۱۳۸۳)، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ٦٤٠ ص.

۲- ندیمی، ع، ثمری، ح، طباطبایی، ج، رجبی، ع.، (۱۳۸۵)، ردیابی و شناسایی گسل شازند در حوالی شهر گلپایگان، طرح پژوهشی شماره ۰۵/٤٩٨٤، دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات، ۱۳۱ص.

۳- ندیمی، ع، ثمری، ح، رجبی، ع، طباطبائی، ج، (۱۳۸٦)، بررسی اثر گسل شازند در زمین ساخت فعال منطقه گلپایگان، فصلنامه زمین شناسی و محیط زیست، سال اول، شماره ۲، ص ۳۰- ۲۱.

4- 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 Science (Geol Rundsch), 94, p.401-419.

5- Bachmanov, D.M., Trifonov, V.G., Hessami, K.T., Kozhurin, A.I., Lvanova, T.P., Rogozhin, E.A., Hademi, M.C., and Jamali, F.H., (2004), Active Faults in the Zagros and Central Iran, Tectonophysics, 380, p.221-241.

6- Blanc, E.J.P., Allen, M.B., Inger, S., and Hassani, H., (2003), Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran. Journal of Geological Society of London, 160, p.401–412.

7- Ghasemi, A., Talboth C.J., (2006), A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran), Journal of Asian Earth Sciences, p.683–693.

8- Kim, Y.S., Peacock, D.C.P., Sanderson, D.J., (2003), Mesoscale strike-slip faults and damage zones at Marsalforn, Gozo Island, Malta, Journal of Structural Geology, 25, p.793–812.

9- Kim, Y.S., Peacock, D.C.P., Sanderson, D.J., (2004), Fault damage zones, Journal of Structural Geology, 26, p.503–517.

10- Nadimi, A., Nadimi, H., (2008), Exhumation of Old Rocks During the Zagros Collision in the Northwestern Part of the Zagros Mountains, Iran, in Burchfiel, B.C., and Wang, E., eds., Investigations into the Tectonics of the Tibetan Plateau: Geol. Soc. America Bull, Special Paper, 444, p.105-122.

11- Navabpour, P., Angelier, J., and Barrier, E., (2007). Cenozoic post-collisional brittle tectonic history and stress reorientation in the High Zagros Belt (Iran, Fars province). Tectonophysics, 432, p.101-131.

12- Stöcklin, J., (1968), Structural history and tectonics of Iran; a review, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52, 7, p.1229–1258.

13- Thiele, O., Alavi, M., Assefi, R., Hushmand-zadeh, A., Seyed-Emami, K., and Zahedi, M., (1968), Explanatory text of the Golpaygan quadrangle map 1:250,000: Geological Survey of Iran, Geological Quadrangle E7, 24 p.

14- Tillman, J.E., Poosti, A., Rossello, S., and Eckert, A., (1981), Structural evolution of Sanandaj-Sirjan Ranges near Esfahan, Iran, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 65, p.674–687.

15- Woodcock, N.H., and Schubert, C., (1994), Continental strike-slip tectonics. in: Hancock, P.L., ed. Continental Deformation, Pergamon Press, p.251-263.