تحلیل هندسی چینخوردگی مرتبط با گسلش مدفون فعال بالارود، مطالعه موردی: تاقدیس سیاهکوه، جنوب باختر ایران

ین حاجی علی بیگی ^(او*)، **سید احمد علوی'، جمشید افتخار نژاد" و محمد مختاری۴** ۱. استادیار گروه زمینشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران ۲. دانشیار گروه زمینشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران ۲. استاد سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور ۴. استادیار پژوهشگاه بینالمللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۷

چکیدہ

تاقدیس سیاه کوه در حاشیه گسل جبهه کوهستان قرار دارد و از جمله تاقدیس های کمربند چین خورده-راندگی زاگرس است. گسل جبهه کوهستان، به عنوان یک جبهه ریختاری کمربند چین خورده-راندگی زاگرس را به چندین منطقه شامل ایذه، فارس، لرستان و فروافتادگی دزفول تقسیم می کند. منطقه گسلی بالارود که به صورت یک گسل راندگی مدفون بخشی از گسل جبهه کوهستان است، بین منطقه لرستان (شمال) و منطقه فروافتادگی دزفول (جنوب) قرار دارد. منطقه گسلی بالارود با عبور از حاشیه جنوبی تاقدیس سیاه کوه، این تاقدیس و تاقدیسهای هم جوار را تحت تاثیر عملکرد خود قرار داده است. برداشتهای صحرایی و تحلیل پارامترهای هندسی تاقدیس و مقایسه آنها با مدلهای ارائه شده برای نواع چینهای مرتبط با گسلش، حکایت از آن دارد که تاقدیس سیاه کوه را می توان نمونه ای از چینهای انتشاری گسلی انتقال یافته' که دچار برش متاثر از عملکرد منطقه گسلی بالارود شده، پیشنهاد کرد. قرارگیری این تاقدیس در مجاورت بلافصل این منطقه گسلی این دیدگاه را تایید می کرد.

واژههای کلیدی: تاقدیس سیاهکوه، چینخوردگی مرتبط با گسلش، کمربند چین خوردگی-راندگی زاگرس، منطقه گسلی بالارود

مقدمه

www.SID.ir

چینخوردگی مرتبط با گسلش^۲، یکی از سازوکارهایی است که معمولا از آنها برای توصیف، تشریح و تحلیل هندسی چینهای کمربندهای چین خورده-رانده شده^۳ استفاده می شود. این نوع چین خوردگی به صورت مدلهای هندسی متنوعی تقسیم بندی شده اند (Thorbjornsen and Dunne, 1997). از جمله مهم ترین کاربردهای این مدلها، استفاده از آنها برای ترسیم برشهای عرضی است (Dahlstrom, 1969; Laubscher, 1977; Suppe, 1983;

جایگاه زمین ساختی تاقدیس سیاهکوه یکی از تاقدیس های شمال منطقه فروافتادگی دزفول و جنوب منطقه لرستان است که در کمربند چین خورده-

Jamison, 1987). هدف اصلی این مقاله به کارگیری و استفاده از مدلهای هندسی ارائه شده و برش عرضی تهیهشده (بر اساس برش های لرزهای تفسیرشده)، برای تعیین سبک چینخوردگی تاقدیس سیاهکوه است .

¹⁻ Transported Fault-Propagation Fold

²⁻ Fault-Related Folding

³⁻ Fold-Thrust Belt



شکل ۱. الف- نقشه کمربند چینخورده-رانده شده زاگرس و ایالتهای زمینشناسی آن (N.I.O.C, 1969). ب- نمایی بزرگ تر از تاقدیس سیاهکوه و تاقدیسهای همجوار متاثر از عملکرد منطقه گسلی بالارود. موقعیت تاقدیس سیاهکوه و شکلهای ۲ و ۳ در این نقشه مشخص شده است.

رانده شده زاگرس' (Alavi, 2007) قرار دارد (شکل ۱). تاقدیس سیاهکوه، تاقدیسی نسبتاً طویل با طول ۴۷/۵ کیلومتر بوده که عرض آن در بیشترین و کمترین رخنمون به ترتیب ۹ و ۳/۵ کیلومتر است. این تاقدیس در ۴ کیلومتری شمال شهر دهلران، در جنوب خاور تاقدیس کبیرکوه و جنوب تاقدیس سمند و جنوب باختر تاقدیس،های کاسه ماست و دالان قرار گرفتهاند. منطقه گسلی بالارود (Pattinson and Takin, 1971 و حاجی علی بیگی و همکاران، ۱۳۸۸) که خود یک گسلش مدفون فعال است، بخشی از گسل جبهه کوهستان (Berberian) 1995) است، که منطقه لرستان را از منطقه فروافتادگی دزفول جدا می کند. گسل جبهه کوهستان با شیب به سمت شمال و سازوکار اصلي راندگي، کمربند چين –راندگي زاگرس را به چندين منطقه تقسيم مي كند (شكل ۱). تاقديس سياه كوه در منطقه لرستان قرار دارد. این منطقه از دیدگاه زمین شناسی یک پیش آمدگی^۳ Talbot) and Alavi, 1996) در کمربند چین خورده-رانده شده زاگرس به شمار می آید. تعداد زیادی از تاقدیس های منطقه از جمله تاقدیس سیاه کوه متاثر از عملکرد منطقه گسلی بالارود هستند (شکل ۱). این منطقه گسلی، در قسمتهای خاوری تر، تاقدیسهای چناره و خوش آب (شکل ۱- ب) و در قسمتهای باختری تر، تاقدیس اناران (شکل ۱- ب) را هم متاثر کرده است (حاجی علی بیگی و همکاران، ۱۳۸۶و ۱۳۸۷و (Hajialibeigi, 2010).

چینەشناسی

نهشتههای رسوبی و واحدهای سنگشناسی تاقدیس سیاهکوه (شکل ۲) به ترتیب از قدیم به جدید (مطیعی، ۱۳۷۴، James and (Wynd, 1965; Alavi, 2004) به طور اختصار شرح داده می شود.

با توجه به مناطق اطراف و چاههای حفاریشده در تاقدیسهای همجوار، در زیرگروه بنگستان، سازند گرو (شامل شیلهای آهکی با سن کرتاسه پائینی) قرار گرفته است. در زیر سازند گرو به ترتیب نهشتههای پیش از تریاس و پیش از پرمین قرار گرفتهاند. سازند پابده (شامل آهکهای مارنی با سن ائوسن-پالئوسن) و بخشهایی از سازندهای پابده-گورپی و سازند گورپی (شامل شيل هاي كربناتي با سن كرتاسه بالايي) و بخش آهكي امام حسن، که عمدتا در منطقه لولا رخنمون شدهاند، سازندهای بعدی به شمار می آیند. سازندهای گروه بنگستان، شامل سازندهای سروک (شامل آهکهای ضخیم لایه با سن کرتاسه پسین) و ایلام (شامل آهک.های نازکلایه و گاهی شیلی با سن کرتاسه یسین) سازندهایی هستند که به ترتیب بر روی سازند گرو قرار میگیرند. سازند سروک (از گروه بنگستان) قدیمیترین سازندی است که در هسته این تاقدیس رخنمون دارد. سازند آسماری (شامل نهشتههای آهکی و ماسهای با سن الیگومیوسن) با گسترش متفاوت، در هر دو يال رخنمون شده است. اين سازند در یال جلویی، به صورت بخشهای کوچک و مجزا رخنمون شده، اما در یال پشتی به صورت نواری با ضخامت نسبتا کمتر، تنها گاهی با گسلش های امتدادلغز جابه جایی مختصری یافته است. در منطقه دماغه، این سازند به طور چشم گیری گسترش یافته است به گونهای که این منطقه تقریبا شامل بر این سازند است. سازند گچساران (شامل تناوبی از ژیپس، نمک و سیلتستون با سن میوسن)، نسبتا گستردهترین سازندی است که در منطقه مطالعاتی این تاقدیس وجود دارد. گسترش این سازند در یال جلویی نسبت به یال پشتی (یال شمال خاوری) بسیار کمتر است. سازند أغاجاري (شامل تناوبي از آهک، ماسهسنگ، سیلتستون

¹⁻ Zagros Fold-Thrust Belt

²⁻ Mountain Front Fault

³⁻ Salient



با سن میوسن-پلیوسن) نیز در باختر و خاور یال جلویی (یال جنوب باختری) مشاهده شده است. رخنمونی از بخش لهبری درخاور دهلران قابل مشاهده است (شکل ۲). جوانترین واحد سنگشناسی تاقدیس سیاهکوه، سازند بختیاری (شامل کنگلومرا با سن پلیوسن بالایی) است که در جنوب این تاقدیس مشاهده شده است.

مدلهای هندسی

یک نوع از مدل های هندسی که برای چین های مرتبط با گسلش ارائه شده، چین انتشاری گسلی است Jamison, 1987; Chester ارائه شده، چین انتشاری گسلی است and Chester, 1990; Suppe and Medwedeff, 1990; Thorbjornsen and Dunne, 1997; Erickson, et al., 2001; Wallace (and Homza, 2004).

چینهای انتشار گسلی در بخش بالایی رمپ و در بالای نقطه راسی گسترش می یابند. در این نقطه جابه جایی صفر است و تغییر شکل نهایی، به صورت یک ساختار چینخورده در فرادیواره گسل راندگی تشکیل می شود. شناسایی این نوع چینها با وجود یال پشتی به موازات شیب (رمپ) فرودیواره، یال جلویی پرشیب تا برگشته و ناودیسهای گسلخورده امکانپذیر است. اغلب ناودیسهای یادشده در فرادیواره هستند. همچنین در این نوع چینها سطح محوری ناودیس جلویی به نقطه راسی در شیب فرودیواره محدود میشود. در این نوع چینخوردگی در صورتی که زاویه بین دو یال ناودیس جلویی فشردهتر شود (و به حدود °۶۰ تا °۷۰ برسد)، در این صورت چین به علت^ا مسئله كمبود فضا در هسته ناوديس جلويي قفل مي شود. در نتيجه ممکن است، حالتهای مختلفی رخ دهد. یکی از این حالتهای خاص، تشکیل چین های انتشاری گسلی انتقال یافته است. بعد از تشکیل چینهای انتشاری گسلی، در صورتی که راندگی از ساختار چينخورده عبور کند، چين انتشار گسلي انتقاليافته، تشكيل مي شود (Suppe and Medwedeff, 1990; Chester and) .(Chester, 1990

برش عرضی

در طی این پژوهش، برای تفسیر و بررسی ساختار در تاقدیس سیاه کوه یک برش عرضی زمین شناسی ساختاری جدید از این تاقدیس رسم شده است (شکل ۳-الف). از این برش عرضی برای بررسی تغییرات هندسی ساختار تاقدیس سیاه کوه و پیش بینی هندسه آن، در بخش های عمیق تر این تاقدیس، کو تاه شدگی و دگر شکلی های ناشی از عملکرد منطقه گسلی بالارود و مقایسه آن با انواع چین های مرتبط با گسلش و تعیین سبک چین خوردگی تاقدیس استفاده شده است. این برش عرضی با طول ۲۰ کیلومتر و روند ۳،30° تقریبا عمود بر امتداد عمومی لایه ها و یا محور

چین، در رسم شده است. در رسم این برش عرضی، به اطلاعاتی از قبیل مشاهدات صحرایی و دادههای برداشت شده از نقشههای زمین شناسی (N.I.O.C, 1969)، دادههای به دست آمده از چاههای حفاریشده و برش های لرزهای بازتابی شرکت ملی نفت ایران، مراجعه شده است. در تهیه و رسم این برش، ویژگیهایی مدنظر بوده اند که عبارتند از: ۱) محل قرارگیری سطوح جدایش فرعی ستون چینه شناسی این تاقدیس و یا مناطق هم جوار، ۲) درج ساختارهای سطحی و زیرسطحی بر روی برش و کنترل آنها بر اساس برش لرزهای بازتابی منتشر نشده شرکت ملی نفت ، ۳) کنترل درستی برش با موازنه کردن و بازگرداندن برش به حالت پیش از دگرشکلی و رسم بهترین برش بر اساس واقعیتهای زمين ساختي حاكم بر منطقه مطالعاتي. اين برش عرضي به روش موازنه خط با طول ثابت، و در راستای عمود بر محور تاقدیس، به حالت پیش از دگرریختی برگردانده شده است (شکل B-۳). هنگام ترسيم و موازنه، هندسه ساختارهاي تحت الارضي به ويژه نحوه عملكرد منطقه گسلي بالارود، مورد توجه بوده است. خط سوزن ٔ در شمال خاور برش عرضی در ناودیس بلافصل ساختار تاقديس سياهكوه قرار داده شده است (شكل ٣). محاسبات انجامشده برای تعیین میزان کوتاهشدگی در این تاقدیس، مقدار آن را ۲۴/۸ درصد نشان می دهد.

بحث

تاقدیس سیاهکوه تاقدیس سینوسی شکل است، که در حاشیه گسل جبهه کوهستان بین منطقه لرستان و منطقه فروافتادگی دزفول قرار دارد (شکل های ۱ و ۲). کوه سیاه کوه با ارتفاع ۱۴۰۸ متر در ۱۶ کیلومتری شمال خاور دهلران با روند شمال باختر – جنوب خاور از ارتفاعات این تاقدیس به شمار می رود. مختصات جغرافیایی قله آن به طول '۲۳ ۴۷° خاوری و عرض '۳۴ ۳۲° شمالی است. محور این تاقدیس دچار یک خمیدگی به سمت جنوب شده است. ضمن اینکه دو انتهای تاقدیس یک خمیدگی به سمت شمال را از خود نشان می دهند. خمیدگی در انتهای باختری این تاقدیس ملایم، اما خمیدگی انتهای خاوری شدید و با شکستگیهای متعددی همراه است. به این ترتیب، شکل کلی و عمومی تاقدیس سیاهکوه به صورت یک نوار باریک پیچ و تاب خورده و یا مارپیچی است. بنابراین روند محور این تاقدیس متغير است. روندهاي شمال باختر -جنوب خاور، شمال خاور-جنوب باختر، حتى خاورى-باخترى در طول محور اين چين قابل مشاهده است. دماغه خاوری تاقدیس در جهت جنوب خاور و دماغه باخترى آن در جهت شمال باختر يلانژ مي شود.

در حالی که شیب لایه های یال شمال خاوری کمتر (۷۰ تا ۲۸۰) و شیب لایه های یال جنوب باختری بیشتر (۱۵۵ تا ۷۰۵) است، شیوه رخنمون لایه های هر دو یال نیز ویژگی دیگری است

2- Tip Line

¹⁻ Fault-Propagation Fold

³⁻ Transported Fault-Propagation Fold

⁴⁻ Pin Line



که از مراجعه به نقشه زمین شناسی تهیه شده برای این تاقدیس قابل برداشت است (شکل های ۲ و ۴). به گونه ای که گستره رخنمون شده از لایه ها در یال شمال خاوری بیشتر از یال جنوب باختری است. محور چین در جهت ۵۰۵ هدر حدود ۵۵ میل دارد. سطح محوری در جهت ۴۰^۰ به اندازهٔ ۸۷^۰ شیب دارد. محور چین در انتهای شمال باختری در جهت N^o05 در حدود ۵[°] میل در انتهای جنوب خاوری چین در جهت E66[°] در حدود ۹[°] میل دارد (شکل های ۴ – الف و ۴ – ب و ۴ – ج و ۴ – د).

پارامترهای هندسی تاقدیس سیاهکوه , Twiss and Moores) (1992) از روی برش عرضی محاسبه و در جدول ۱ درج شده است. بر اساس پارامتر فشردگی^۱، واژه توصیفی انتخابی برای تاقدیس از نوع باز^۲ است. با توجه به برش عرضی و استفاده از واژه توصیفی برای هارمونی⁷ و تقارن^۲ تاقدیس، را به ترتیب غیرهارمونیک^۵ و نامتقارن^{*} نشان می دهد. بر اساس این برش پارامتر تقارن سطح محوری^۷ تاقدیس واژه، پیچیده^{*} را برای تاقدیس می توان در نظر گرفت. بر اساس پارامترهای نسبت ابعادی^۴ و کندی^{۱۰} اندازه گیری شده برای این تاقدیس، واژههای توصیفی انتخاب شده برای این تاقدیس به ترتیب پهن، نیمه گردشده^{۱۱۰} است. محاسبات و اندازه گیریهای انجام شده برای تعیین رده تاقدیس بر اساس زدهبندی (Ramsay and Huber (1987). زیررده 10 معرفی کردهاند (جدول ۱).

در این تاقدیس شکستگیها به صورت گسلهای متعددی وجود دارند (شکل ۵). این گسلها از F1 تا F59 نامگذاری شدهاند (جدول ۲). این گسلها در هر دو یال دیده می شوند. ویژگیهای هندسی این گسل ها (امتداد، طول و نوع آنها) در جدول ۲ درج شده است. تمرکز شکستگیها در بخشهای میانی حد فاصل دو شده است. تمرکز شکستگیها در بخشهای میانی حد فاصل دو مخالف یکدیگر سبب شده است که شکستگیهای متعددی در این بخش ایجاد شود (شکل ۲). در طی مطالعات صحرایی و یا آز روی عکسهای هوایی و نقشه، نوع این گسل ها به صورت گسلهای نرمال (شکل ب-۶) و امتداد لغز (شکل های ج-۶) شکستگیها نشان می دهد، احتمالا این امکان وجود دارد که بتوان برخی از این شکستگیها را به عنوان شکستگیهای ریدل و آنتی ریدل نسبت به منطقه گسلی با مؤلفه چپ گرد بالارود تفکیک کرد (شکل های ج-۶ و ب-۶).

از برش عرضی رسم شده برای تاقدیس سیاه کوه برای بررسی تغییرات هندسی ساختار این تاقدیس و پیش بینی آن در بخشهای عمیقتر این تاقدیس و مقایسه آن با انواع چینهای مرتبط با گسلش و تعیین سبک چین خوردگی تاقدیس استفاده شده است. تغییرات ضخامت واقعی لایه های هر دو یال، در این برش عرضي به خوبي قابل مشاهده است. برش عرضي (شکل ۳) نشان میدهد که تاقدیس سیاهکوه با همگرایی ۲ عمومی به سوی جنوب باختر بر روی ناودیس جلویی (شکل الف-۳) و متاثر از عملكرد منطقه گسلي بالارود، رانده شده است. همچنين مطالعه این برش عرضی و بررسی پارامترهای هندسی اندازهگیری شده از آن و مقایسه آن با مدلهای هندسی ارائهشده برای چینهای مرتبط با گسلش (Jamison, 1987; Throbjornsen and Dunne, مرتبط با 1997) حاکی از آن است که تاقدیس سیاهکوه یک چین مرتبط با گسلش از نوع انتشاری گسلی انتقال یافته"، متاثر از عملکرد منطقه گسلي بالارود است، زيرا تاقديس سياهكوه هنوز مستقيما بر روى شيب راهه مربوطه قرار دارد. ضمن اينكه يال پشتي تاقديس کمشیبتر و به موازات شیب راهه فرودیواره بوده و یال جلویی آن پرشيبتر است. اين وضعيت در نمودار استريوگرافي تهيهشده برای تاقدیس هم مشاهده می شود. مراجعه به تصویر استریو گرافی همچنین با توجه به کمتر بودن شیب یال شمال خاوری (بین ۷۰ و ۲۸°) و بیشتر بودن شیب لایه ها در یال جنوب باختری (بین ۱۵° تا ۵۷۰)، یال جنوب باختری تاقدیس سیاهکوه، به مراتب پرشیبتر از یال شمال خاوری آن است و تاقدیس از نوع نامتقارن است. این وضعیت در نمودار استریوگرافی نیز قابل مشاهده است. مراجعه به نمودار استریوگرافی و نقشه زمینشناسی این تاقدیس، حاکی از آن است که تاقدیس سیاهکوه یک چین از دو سو مایل است.

به این ترتیب به نظر میرسد با گسترش فرآیند همگرائی و بسته شدن چین، یال جلوئی به تدریج پر شیب تر شده، ضمن اینکه منطقهای که در آن کوتاه شدگی صورت می گیرد، محدود تر نیز می شود و در مراحل بعدی راندگی از ساختار عبور کرده است. ویژگی دیگر این مقطع وجود یک ناودیس جلویی فشرده است که در حال حاضر با دو شاخه از راندگی گسلش یافته است (I,II در شکل الف-۳). در این نوع چین خوردگی مرتبط با گسلش، معمولاً زاویه بین دو یال ناودیس جلویی زیاد (بین ⁶ ۶۰ کوتاه شدگی در هسته ناودیس قفل می شود (Mitra, 1992) و به

- 1- Tightness
- 2- Open
- 3- Harmony
- 4- Symmetry
- 5- Disharmonic 6- Asymmetric
- 7- Axial Surface Geometry
- 8- Convolute
- 9- Aspect Ratio
- 10- Bluntness
- 11- Subrounded
- 12- Vergence
- 13- Transported Fault-Propagation Fold
- 14- Room Problem



تحلیل هندسی چین خوردگی مرتبط با ...

این ترتیب راندگی از ساختار چین خورده عبور می کند. بنابراین عبور راندگی شرایط توسعه چین سیاه کوه به سمت جلو را فراهم کرده است. ظاهراً شیب راهه گسلی چندان گسترش یافته ای نیز فرادیواره با عملکرد فرآیند فرسایش بعدی از بین رفته است، امکان شناسایی ساختار کوچک مقیاس (شکنج بازمانده') که از جمله ساختارهای رایج در چینهای انتشار گسلی انتقالیافته است، در این مقطع فراهم نیست. البته این احتمال نیز وجود دارد که راندگی در طول سطح محوری تاقدیس اولیه شکل گرفته باشد (راندگی اصلی یا راندگی شماره I در شکل ۳-الف) و در مراحل بعدی به علت ادامه کوتاه شدگی ۳ (الف) تشکیل شده است. با دوم (راندگی شماره II در شکل ۳-الف) تشکیل شده است. با

تا ۳۰ درصد دچار ضخیم شدگی شده است. البته با توجه به برش عرضی ضخیم شدگی یال جلویی این تاقدیس نیز در برش قابل مشاهده است.

برش عرضی تهیه شده از تاقدیس سیاه کوه، از نظر ساختاری و نوع چین خوردگی، شباهت بسیار زیادی با نمونه ای که Suppe (1985) از کمربند چین خورده – رانده شده تایوان ارائه کرده است، دارد. با این تفاوت که مقدار زاویه شیبراهه در نمونه چین انتشار گسلی انتقالیافته توسط (1985) Suppe خیلی زیاد و نزدیک ۵۰۰ است و یال جلویی دچار نازک شدگی شده است، که در مورد تاقدیس سیاه کوه هر دو مورد برعکس است. به این ترتیب که زاویه شیب راهه کوچکتر بوده (۲۰°= θ) و یال جلویی دچار ضخیم شدگی شده است.



شکل ۵. تصاویر تهیهشده از تاقدیس سیاهکوه در محل برونزد (حاجی علی بیگی، ۱۳۸۸). موقعیت تصاویر در شکل ۳ مشخص شده است. الف- نمونهای از گسلهای نرمال در تاقدیس سیاهکوه. در تصویر گسل F55 با امتداد ۳۵۶۶۵ در سازند آسماری دیده می شود. دید به سمت شرق. ب- نمائی از یال جنوب غربی تاقدیس سیاهکوه برای نمایش گسل F13 (با امتداد ۳۵۶۵۳ و از نوع نرمال) و گسل F16 (با امتداد ۳۵۶۷ و از نوع نرمال)، دید به سمت شمال غرب.



ادامه شکل ۵. ج – یال جنوب غربی تاقدیس سیاه کوه برای نمایش نمونه ای از گسل های امتدادلغز و نرمال در سازند آسماری شامل گسل F31 (با امتداد ۱۳۵۷ و از نوع امتدادلغز با مولفه راستگرد)، دید به سمت شمال غرب. د – نمونه ای از گسل های امتدادلغز در مرکز تاقدیس سیاه کوه در سازند پابده گورپی (گسل های امتداد ۴30 و از نوع امتدادلغز با مولفه راستگرد)، دید به سمت شمال غرب. د – نمونه ای از گسل های امتدادلغز در مرکز تاقدیس سیاه کوه در سازند پابده گورپی (گسل های امتداد سیاه کوه و از نوع امتدادلغز با مولفه راستگرد)، دید به سمت شمال غرب. د – نمونه ای از گسل های امتدادلغز در مرکز تاقدیس سیاه کوه در سازند پابده گورپی (گسل ۲39 با امتداد ۳300 و از نوع امتدادلغز با مولفه چپگرد). ه مونه ای غرب. د – نمونه ای از گسل های امتدادلغز در مرکز تاقدیس سیاه کوه در سازند پابده گورپی (گسل ۲39 با امتداد ۳300 و از نوع امتدادلغز با مولفه در سازند پابده گورپی (گسل ۲39 با امتداد ۳300 و از نوع امتدادلغز با مولفه چپگرد). ه مونه ای غرب. د – نمونه ای از گسل های در مان در تاقدیس سیاه کوه در سازند پابده گورپی (گسل ۲39 با امتداد ۳300 و از نوع امتدادلغز با مولفه چپگرد). ه خوب در مونه ای زمال در تاقدیس سیاه کوه در سازند پابده گورپی (گسل ۲30 با امتداد ۳300 و از گسارهای نرمال در تاقدیس سیاه کوه. بلوک فرادیواره ضمن حرکت به سوی شمال شرق بر روی بخشی پابده گورپی (گسل ۲۹۱ با امتداد ۳۵۵). و – نمونه ای از سازند آسماری قرار گرفته است (گسل ۲۹۱ با امتداد ۳۵۵).



ادامه شکل ۵. ظ- نمائی نزدیک از گسل F35 در سازند آسماری تاقدیس سیاهکوه (با امتداد ۳۵۱۶ و از نوع امتدادلغز راستگرد). ح- نمائی نزدیک از یک گسل امتدادلغز در سازند پابدهگورپی در تاقدیس سیاهکوه (گسل F18 با امتداد ۳۵۶۱۶ و از نوع امتدادلغز با مولفه راستگرد). ط- نمونهای از سطوح گسلی در تاقدیس سیاهکوه در سازند آسماری. آینه گسلی مربوط به گسل F57 (گسل نرمال با امتداد ۳۵2۵). ی- نمائی نزدیک از سطح گسل F50 (گسل نرمال با امتداد ۲۰۵۰ میاهکوه در سازند آسماری. آینه گسلی مربوط به گسل F57 (گسل نرمال با امتداد ۳۵۷۰). ی- نمائی نزدیک از سطح گورپی

AA'	برش عرضی یارامتر های هندسی			
7	(درجه) (i) زاویه بین دو یال			
۱۰۰	(درجه) (φ) زاویه چین خوردگی			
غيراستوانه اي	استوانهای شکل			
نامتقارن	تقارن			
٨۶	(درجه) (η) زاویه تمایل			
شکل S	شکل چین			
SW	ۍ پایل تمایل (T) فشر دگې			
باز				
غير هارمو نيک	هارمونی			
ييچيده	هندسه سطح محوري			
• /\\\\	P=A/M	Ś		
-•/۶١	LogP	$(\hat{\mathbf{P}}, \hat{\mathbf{E}})$		
يەن	واژه توصيفي			
1/9	rc (سانتیمتر)			
۲/۶	ro (سانتیمتر)			
•/81	rc/ro = b	ل کند		
نيمه گردشده	واژه توصيفي			
۳V	α (درجه)			
•/۴	Τα (سانتىمتر)			
•/۴	To (سانتىمتر)			
٠/٣	tα (سانتیمتر)	amsa		
•/۴	to (سانتىمتر)	ی y and		
١	$T'\alpha = T\alpha / To$	ردەبنىك ا Hut		
 /٧۵ 	$t'\alpha = t\alpha / to$) per (1		
$t\alpha < to$	tα, to	987)		
$T'\alpha > Sec \alpha$	$T'\alpha$, Sec α			
$\uparrow t'\alpha < 1C$	ιu			
10	ردہ چین			
۲.	تى (α) (درجه)	شيب يال يشا		

جدول ۱. نتایج حاصل از تحلیل هندسی تاقدیس سیاهکوه بر اساس (Twiss and Moores (1992) (حاجی علی بیگی و همکاران، ۱۳۸۸). این تحلیل ها بر روی مقطع عرضی 'AA (شکل ۳) انجام شد است. برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه شود.

مراجعه شود.	توضيحات بيشتر به متن	و همکاران، ۱۳۸۸). برای	، سیاہکوہ (حاجی علی بیگی	گسلهای برداشت شده در تاقدیس	جدول ۲. دادههای مربوط به
-------------	----------------------	------------------------	--------------------------	-----------------------------	--------------------------

گسل	طول گسل	امتداد	نوع گسل				
	(كيلومتر)	گسل					r
F1	٢	N55E	نرمال	F31	۲/۴	N30W	نرمال
F2	۲/۸	N53E	نرمال	F32	٣/١	N42W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F3	۲/۸	N78E	نرمال	F33	۵/۵	N10W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F4	٣/٢	N48E	نرمال	F34	٣/٣	N25W	امتدادلغز با مولفه چپگرد
F5	۴/٣	N64W	نرمال	F35	٣/۵	N13E	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F6	٩/٨	N75W	نرمال	F36	۴/۸	N10W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F7	۵/۵	N60W	نرمال	F37	۴/۱	N15W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F8	۲/۵	N74W	نرمال	F38	۲/۵	N25W	امتدادلغز با مولفه راست گرد
F9	١/٣	N82W	نرمال	F39	٣/٣	N40W	امتدادلغز با مولفه چپگرد
F10	١/٩	N75W	نرمال	F40	٣	N40W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F11	۲/۵	N75W	نرمال	F41	٣/٧	N45W	نرمال
F12	4/4	N65W	نرمال	F42	٣/٣	N35W	نرمال
F13	١/٨	N68W	نرمال	F43	۲/۲	N68W	نرمال
F14	٣/۴	N64W	نرمال	F44	٣	N72W	نرمال
F15	٣/۵	N42E	نرمال	F45	۱/V	N30W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F16	۲/۴	N53W	امتدادلغز	F46	۲/۵	N60W	امتدادلغز با مولفه راستگرد
F17	1/4	N52W	نرمال	F47	۲/۳	N54W	نرمال
F18	۲/۵	N15E	امتدادلغز	F48	۲/V	N40W	نرمال
F19	۴/۱	N40E	نرمال	F49	۲/۵	N40W	نرمال
F20	٣/١	N24E	امتدادلغز	F50	۲/۱	N72W	نرمال
F21	١/۵	N22W	امتدادلغز	F51	۵/۴	N25W	نرمال
F22	١/٧	N25E	نرمال	F52	١/٢	N42E	نرمال
F23	۲	N30E	امتدادلغز با مولفه چپگرد	F53	٣	N65W	نرمال
F24	۲/۹	N43E	نرمال	F54	١/٨	N52W	نرمال
F25	۲/۵	N25W	امتدادلغز با مولفه راستگرد	F55	4/4	N55W	نرمال
F26	۲/۱	N10E	امتدادلغز با مولفه راستگرد	F56	٢	N50W	نرمال
F27	٣/٣	N40W	امتدادلغز با مولفه چپگرد	F57	۲/۹	N22E	نرمال
F28	7/4	N30W	امتدادلغز با مولفه راستگرد	F58	٣/۶	N20E	نرمال
F29	۲/۲	N40W	امتدادلغز با مولفه راستگرد	F59	٣/٩	N20E	نرمال
F30	٣/۵	N40W	امتدادلغز با مولفه چپگرد				



شکل ۶. نمودارهای گل سرخی تهیهشده برای نمایش شکستگیهای تاقدیس سیاهکوه از امتداد کل گسل.ها الف و گسل.های نرمال ب و گسل.های امتدادلغز ج (حاجی علی بیگی و همکاران، ۱۳۸۸). برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه شود.

با رسم پارامترهای هندسی مربوطه ([°]i=82 و [°]α=20) در نمودار نازکشدگی و ضخیمشدگی یال جلویی در چینهای انتشاری گسلی انتقالیافته (Jamison, 1987) می توان ۳۰ درصد ضخیمشدگی برای یال جلویی در نظر گرفت (شکل ۷).

بررسی وضعیت روسطحی تاقدیس (شکل های ۱ و ۲) حکایت از یک پیچش در روند محور تاقدیس اولیه دارد. ضمن اینکه تفاوت چشمگیری در نوع و تعداد شکستگیهای یالهای شمال خاوری و جنوب باختری تاقدیس مشاهده می شود (شکل های ۲ و ۵).

قبلا نیز برش اعمالشده بر ساختار فرادیواره گسل راندگی بالارود یعنی تاقدیس اناران (در باختر تاقدیس سیاهکوه) محاسبه شده است (حاجی علی بیگی و همکاران، ۱۳۸۷). این مقدار برش (ea=87°) در تاقدیس اناران که ناشی از عملکرد برشی

با مؤلفه چپگرد منطقه گسلی راندگی بالارود است، با راستای نسبتا خاوری – باختری این منطقه گسلی، همخوانی خوبی دارد. به نظر می رسد عملکرد منطقه گسلی بالارود بر تاقدیس سیاهکوه نیز مشابه تاقدیس اناران باشد. به گونهای که منطقه گسلی بالارود با راستای نسبتا خاوری–باختری، ساختار تاقدیس را تحت تاثیر عملکرد خود قرار داده و موجب تغییر روند آن شده است. روند فعلی این تاقدیس (شکل ۲) نیز مشابه روندهای ساختارهای چین خورده واقع در مناطق برشی با مولفه چپگرد است. ضمن اینکه این برش منجر به ایجاد شکستگیهای متعددی در یالهای تاقدیس شده که روند اغلب آنها همخوانی خوبی با شکستگیهای R و 'R و ۲ دارند (شکل های 8 - 7 - 9 - 9).

نمودار گل سرخی تهیهشده از جهت گیری روند شکستگیهای تاقدیس سیاهکوه، نشان میدهد که احتمالاً این امکان وجود دارد



شکل ۷. نمودار (Jamison (1987 برای تعیین میزان نازکشدگی و ضخیمشدگی یال جلویی در چینهای انتشار گسلی انتقالیافته (حاجی علی بیگی، ۱۳۸۸). نماد مثلث موقعیت تاقدیس سیاهکوه را نشان میدهد.

تا بتوان برخی از این شکستگیها را به عنوان شکستگیهای برشی ریدل و آنتیریدل معرفی و تفکیک کرد. مقایسه نمودار گل سرخی تهیه شده به صورت جداگانه برای گسلهای نرمال و کل دادهها حاکی از آن است که امتداد اصلی شکستگیها در حاکمیت گسلهای نرمال است. همچنین گسلهای نرمال احتمالاً متأثر از فرآیندهای کششی در یک سامانه انبساطی عمود بر جهت تنش بیشینه ناحیهای ایجاد شدهاند. همچنین مقایسه نمودار گل سرخی تهیهشده برای گسلهای امتدادلغز با گسلهای نرمال نشان اسرخی تهیهشده برای گسلهای امتدادلغز با گسلهای نرمال نشان می دهد که شکستگیهای نوع P در راستای ۳۵0% تا ۳۵0% مقایسه این نمودارها نشان می دهد که شکستگیهای نوع P در راستای ۳۰۵%-۳۵0% در جهت عکس ساعتگرد به اندازهی بین مقایسه این نمودارها نشان می دهد که شکستگیهای نوع P در راستای ۳۰۵ چرخش یافتهاند. این چرخش را می توان متأثر از حرکت برش چپگرد منطقه گسلی بالارود دانست (شکلهای

نتیجه گیری

تاقدیس سیاه کوه با محور دارای روند متغیر، یک چین نامتقارن، غیراستوانه ای، ناهماهنگ با همگرایی به سوی جنوب باختر است. این تاقدیس در زیررده 1C ردهبندی (Ramsay and Huber (1987) قرار می گیرد. برای تعیین نوع یا هندسه ساختار سیاه کوه، از نظر فشردگی، واژه باز و با توجه به نسبت ابعادی محاسبه شده، واژه پهن و برای توصیف خمیدگی نسبی چین واژه نیمه گرد شده پیشنهاد می شود.

با توجه به محل قرار گرفتن این تاقدیس در کمربند چین خورده-رانده شده زاگرس و با مراجعه به برش عرضی تهیهشده از تاقدیس، نامگذاری و تعیین نوع چین خوردگی مرتبط با گسلش در این تاقدیس انجام شده است. به این ترتیب که تاقدیس ممکن است یک چین مرتبط با گسلش از نوع انتشاری گسلی انتقال یافته متاثر از عملکرد منطقه گسلی بالارود باشد. مقایسه این تاقدیس با مدلهای قبلی ارائهشده برای چین های مرتبط با گسلش و تحلیل پارامترهای هندسی این نوع چین های مرتبط با گسلش می دهد که این تاقدیس یک نمونه از چین های انتشار گسلی انتقال یافته است که دچار برش تحت تاثیر عملکرد منطقه گسلی بالارود نیز شده است. متاثر از عملکرد این برش، شکستگیهای متعددی خوبی با شکستگی های ریدل و آنتی ریدل در مناطق برشی با مولفه چپ گرد دارند.

منابع

حاجی علی بیگی، ح.، علوی، ا.، افتخار نژاد، ج.، مختاری، م.
 و آدابی، م.ح. ۱۳۸۶. استفاده از شکستگیها در تفسیر ساختاری
 یک تاقدیس، مطالعه موردی: تاقدیس چناره، جنوب باختر ایران.
 فصلنامه علمی – پژوهشی علوم زمین، ۳۳، ۷۴–۴۴.
 حاجی علی بیگی، ح.، علوی، ا.، افتخارنژاد، ج. و مختاری،

م.، ۱۳۸۷. تحلیل هندسی چینخوردگی مرتبط با گسلش مدفون فعال، تاقدیس اناران، جنوب باختر ایران. فصلنامه علمی – پژوهشی زمین شناسی ایران، ۸، ۸۳–۷۱. – حاجی علی بیگی، ح.، ۱۳۸۸. زمین ساخت و الگوی دگرریختی منطقه گسلی بالارود (شمال دزفول). پایان نامه دکتری زمین شناسی – تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۵. – مطیعی، ه.، ۱۳۷۴. چینه شناسی زاگرس. طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی ایران، ۵۴۰.

- Alavi, M., 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. American Journal of Science, 304, 1-20.

- Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. American Journal of Science, 307, 1064-1095.

- Berberian, M., 1995. Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. Tectonophysics, 241, 193-224.

- Chester, J.S. and Chester, F.M., 1990. Fault-propagation folds above thrust with constant dip. Journal of Structural Geology, 12, 903-910.

- Dahlstrom, C.D.A., 1969. Balanced cross sections. Canadian Journal of Earth Sciences, 6, 743-757.

- Erickson, S.G., Strayer, L.M. and Suppe, J., 2001. Initiation and reactivation of faults during movement over a thrust-fault ramp: numerical mechanical models. Journal of Structural Geology, 23, 11-23.

- Hajialibeigi, H., Alavi, S.A., Eftekharnezhad, J. Mokhtari, M. and Adabi, M.H., 2010. The geometric effects of the Balarud deep seated fault zone on Khushab anticline, SW Iran, An integrated study. Journal of sciences, Islamic Republic of Iran, University of Tehran, In press.

- James, G.S. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49, 2182-2245.

- Jamison, W.R., 1987. Geometric analysis of fold development in overthrust terrains. Journal of Structural Geology, 9, 207-219.

- Laubscher, H. P., 1977. Fold development in the Jura. Tectonophysics, 37, 337-362.

- Mitra, S., 1990. Fault-propagation folds: Geometry, kinematics evolution, and hydrocation traps. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 74, 921-945.

- Mitra, S., 1992. Balanced structural interpretation in fold and thrust belts. In S. Mitra and G. W. Fisher (eds). Structural Geology of Fold and Thrust Belts, 33-77.

- N.I.O.C., 1969. Geological map of Iran. South-west Iran, Scale 1:1 000 000, National Iranian Oil Company. Exploration and Production, Tehran.

- Pattinson, R. and Takin, M., 1971. Geological significance of the Dezful Embayment boundaries. Iranian Oil Operation Companies (unpublished).

- Suppe, J., 1983. Geometry and kinematics of faultbend folding. American Journal of Science, 283, 684-721.

- Suppe, J., 1985. Principles of Structural Geology. Prentice Hall, Englewood cliff, New Jersey, 537.

- Suppe, J. and Medwedeff, D. A., 1990. Geometry and kinematics of fault-propagation folding. Eclogae Geologi-

cae Helveticae, 83, 409-454.

- Talbot, C. J. and Alavi, M., 1996. The past of a future syntaxis across the Zagros, In: Alsop, G. I., Blundell, D. J. and Davison, I. (eds.) 1996. Salt Tectonics, Geological Society Special Publication, 100, 89-109.

- Thorbjornsen, K. L. and Dunne, W. M., 1997. Origin of a thrust-related fold: Geometric vs. kinematics tests. Journal of Structural Geology, 19, 303-319.

- Twiss, R. J. and Moores, E. M., 1992. Structural Geology. W. H. Freedman and Co., New York, 532.

- Wallace, W. K. and Homza, T. X., 2004. Detachment folds versus fault-propagation folds and their truncation by thrust faults. In: McClay, K. R. (ed.), Thrust tectonics and hydrocarbon systems. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir, 82, 324-355.