

تاثیر گسل های راندگی و راستالغز پی سنگی بر هندسه ساختاری تاقدیس امیران در زیرپهنه لرستان، باختر زاگرس

زهرا قاسمی^۱، رضا علی پور^{۲*}، سعید معدنی پور^۳

- ۱- کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
- ۲- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
- ۳- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۳۱



چکیده

تاقدیس امیران با درازای حدود ۵۰ کیلومتر و با راستای شمال باختری-جنوب خاوری در کمربند چین خورده-رانده زاگرس و در زیرپهنه لرستان واقع شده است. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر گسل های راندگی و راستالغز پی سنگی بر هندسه ساختاری این تاقدیس است و بدین منظور سه نیمرخ ساختاری عمود بر راستای تاقدیس در بخش های شمال باختری، مرکزی و جنوب خاوری تاقدیس ترسیم شده است. یک گسل راندگی پی سنگی در یال جنوب باختری این تاقدیس و دو سطوح جدایشی بالایی (سازند امیران) و میانی (سازند گرو) بر هندسه چین خوردگی تاثیر گذار بوده و باعث عدم انطباق چین خوردگی سطحی و عمقی شده است. علاوه بر گسل راندگی در یال جنوبی، یک گسل راستالغز پی سنگی با راستای شمالی-جنوبی در بخش میانی تاقدیس باعث تغییر راستای محور تاقدیس از N50W در بخش جنوب خاوری است به N65W در بخش های شمال باختری شده است. عدم انطباق چین خوردگی سطحی و عمقی و همچنین برگشته بودن یال جنوبی تاقدیس در بخش های جنوب خاوری تاقدیس ناشی از تاثیر ساختارهای پی سنگی بر روی هندسه ساختاری منطقه مورد مطالعه است. بنابراین گسل های راستالغز پی سنگی به بخش های داخلی کمربند چین خورده-رانده در زیرپهنه لرستان انتشار یافته و باعث دگرریختی تاقدیس های سطحی و عمقی شده است.

واژه های کلیدی: زاگرس، لرستان، تاقدیس امیران، نیمرخ ساختاری، پی سنگ



۱- پیش‌نوشتار

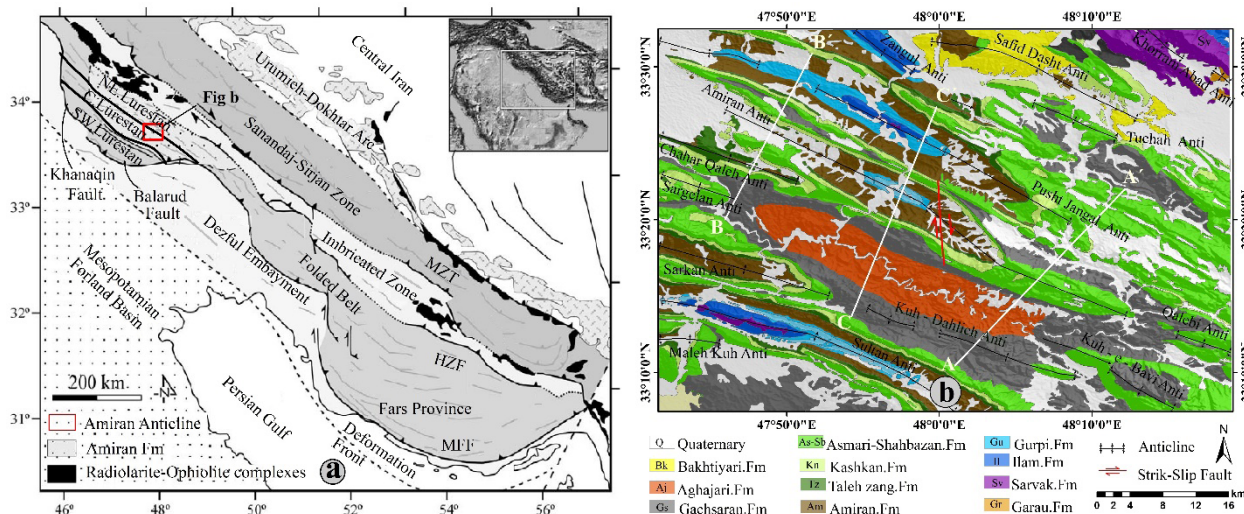
کمر بند چین خورده-رانده زاگرس به عنوان بخشی از کمر بند کوهزایی آلپ-همالیایا، یکی از جوان‌ترین و فعال‌ترین مناطق برخورد قاره‌ای در روی زمین است (Bahroudi and Koyi, 2004; Farzipour et al., 2009). این کمر بند به دلیل بسته شدن اقیانوس تیسس جوان و برخورد ورق‌های اوراسیا و عربی در اواخر کرتاسه تا سنوزوئیک تشکیل شده است (Alavi, 2007; McQuarrie and Van Hinsbergen, 2013). Vernant et al., 2004) و شامل یک توالی از پوشش رسوبی به ضخامت ۷-۱۲ کیلومتر با ترکیبی از لایه‌های مقاوم و نامقاوم می‌باشد که بر روی پی‌سنگ زاگرس نهشته است (Alavi, 2007; Allen and Talebian, 2011). در کمر بند زاگرس وجود سطوح جدایش متعدد و گسلش راندگی طی مراحل مختلف دگرشکلی پیش‌رونده، هندسه چین‌های مرتبط با گسل را پیچیده کرده‌اند (McQuarrie et al., 2004). گسل‌های راندگی و چین‌های در ارتباط با آن‌ها هم‌روند با روند عمومی کمر بند یعنی شمال‌باختری- جنوب‌خاوری هستند (Berberian, 1995). بیشتر گسل‌های راندگی در یال جنوب‌باختری چین‌ها واقع شده‌اند و عموماً باعث دگرریختی و رخدادهای لرزه‌ای در کمر بند چین خورده-رانده زاگرس شده‌اند. زلزله ۱۲ نوامبر ۲۰۱۷ از گله-سرپل ذهاب با بزرگای ۷/۳ ریشتر یکی از بزرگترین حوادث لرزه‌ای ثبت شده در این کمر بند است که مسبب آن گسل راندگی و پی‌سنگی جبهه کوهستان بوده است. (Tavani et al, 2018) زمین‌لرزه‌های بزرگ دیگری نیز در کمر بند زاگرس روی داده که عموماً بر روی قطعات گسل جوان اصلی زاگرس (MRF) رخ داده‌اند. این گسل یک گسل راستالغز راستگرد بزرگ با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری است که بخش زیادی از دگرشکلی راستالغز راستگرد زاگرس را در خود جذب کرده است (Talebian and Jackson, 2002; Alipoor et al., 2012). مطالعات جدیدتر نشان می‌دهد که گسلش امتداد لغز در کمر بند زاگرس فقط مربوط به گسل‌های شمال‌باختری- جنوب‌خاوری موازی کوهزایی نیست و برخی گسل‌های فعال با روند شمالی- جنوبی در بخش خارجی کمر بند چین خورده-رانده زاگرس باعث دگرشکلی شده‌اند (Sadeghi and Yassaghi, 2016; Yassaghi and Marone, 2019). علاوه بر این سازوکار کانونی برخی از پس‌لرزه‌های زلزله از گله-سرپل ذهاب

حرکت راستالغز راستگرد با راستای شمالی - جنوبی را نشان می‌دهند. این گسل‌های راستالغز پی‌سنگی در کمر بند باعث ایجاد پدیده‌هایی چون کج‌شدگی روند عمومی تاقدیس‌ها و دگرشکلی کلی ساختارهای چین‌خورده شده است. در مطالعات زیادی که راجع به ساختار کلی و تاقدیس‌های زیرپهنه لرستان انجام شده است عموماً معطوف به گسلش راندگی و تغییرات سطوح جدایشی و چین خوردگی ناهماهنگ بوده است. بنابراین هدف از این پژوهش علاوه بر تاثیر این گسل‌های راندگی ارتباط سطوح جدایشی بالایی و پایینی و چین خوردگی‌های ناهماهنگ در بالا و پایین این سطوح، بررسی نقش گسلش راستالغز پی‌سنگی با راستای شمالی - جنوبی در قسمت داخلی کمر بند چین خورده-رانده زاگرس در زیرپهنه لرستان بر هندسه ساختاری تاقدیس امیران است.

۲- جایگاه زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه و چینه‌شناسی

عمومی و مکانیکی

کمر بند چین خورده-رانده زاگرس با درازای حدود ۱۸۰۰ کیلومتر از کوه‌های تاروس در جنوب‌خاوری ترکیه تا گسل میناب در خاور تنگه هرمز در جنوب ایران امتداد می‌یابد (Falcon, 1969; Haynes and McQuillan, 1974). از نظر تنوع رخساره‌ها این کمر بند را به واحدهای تکتونیکی- چینه‌ای از شمال‌باختری به جنوب‌خاوری به پنج زیرپهنه شامل: زیرپهنه لرستان، زیرپهنه ایذه، فروافتادگی دزفول، زیرپهنه فارس و زاگرس مرتفع تقسیم‌بندی شده است (Motiei, 1995; Sherkati and Letouzey, 2006). زیر پهنه لرستان از سمت خاور به وسیله‌ی گسل بالارود از فروافتادگی دزفول و از سمت شمال‌باختری به وسیله‌ی گسل خانقین از فروافتادگی کرکوک جدا شده است. افزون بر این، از جنوب‌باختری و شمال‌خاوری به ترتیب با گسل‌های پیشانی کوهستان و زاگرس مرتفع دربر گرفته شده است. زیرپهنه لرستان بر پایه ویژگی‌های زمین‌ساخت- چینه‌نگاری و هندسه ساختاری در راستای SW- NE به ۳ بخش جنوب‌باختری، مرکزی و شمال‌خاوری تقسیم شده است. (Hessami et al., 2001; Blanc et al., 2003) مورد مطالعه در زیرپهنه مرکزی لرستان، در شمال‌باختری فروافتادگی دزفول در کمر بند چین خورده-رانده زاگرس قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱: (a) نقشه جایگاه ساختاری و زیرپهنه‌های تکتونیکی کمربند چین‌خورده رانده زاگرس در جنوب‌باختر ایران که چهارگوش قرمز رنگ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (Homke et al., ۲۰۰۴). (b) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در پهنه لرستان، موقعیت نیمرخ‌های ساختاری با خطوط سفید رنگ مشخص شده است.

عنوان سطوح جدایشی بالایی و ۲) سازند شیلی گرو به عنوان سطوح جدایشی میانی به ترتیب بر هندسه چین‌خوردگی تاقدیس‌های سطحی و تاقدیس‌های عمقی تأثیر گذار هستند. (Farzipour et al., 2009)

۳- روش پژوهش

در این پژوهش به منظور بررسی سبک ساختاری، هندسه چین‌خوردگی، سطوح جدایشی، گسل‌های راندگی و راستالغز پی‌سنگی از داده‌های سطحی و زیرسطحی استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه‌های زمین‌شناسی یک صد هزار، اطلاعات چاه‌های منطقه و نقشه‌های مدل ارتفاع رقوم (DEM) است که برای ترسیم نیمرخ‌های عرضی ساختاری استفاده شده است. نیمرخ‌های عرضی ترسیم شده در جهت عمود بر روند عمومی تاقدیس امیران و با حفظ ضخامت لایه‌ها ترسیم شده و در نهایت از این نیمرخ‌ها برای بررسی هندسه ساختاری، سطوح جدایشی و سبک چین‌خوردگی استفاده شده است. محاسبه پارامترهای هندسی چین‌خوردگی در راستای هر نیمرخ نیز با استفاده از روش تیویس و مورس (Twiss and Moores, 1992) انجام گرفته است.

برای ترسیم ستون چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه از مطالعات صحرایی ضخامت واحدهایی جوان‌تر از کرتاسه که در منطقه رخنمون داشته استفاده شده است و همچنین برای واحدهای مزوزوئیک با استفاده از داده‌های چاه‌های حفاری شده و واحدهای پالئوزوئیک از گزارش‌های چینه‌شناسی زاگرس استفاده شده است (James and Wynd, 1965; Szabo and Kheradpir, 1978; Ghavidel, 1996) (شکل ۲). به‌طور کلی بیش‌ترین رخنمون در منطقه بررسی شده را سازند آهکی آسماری به سن الیگومیوسن تشکیل می‌دهد. که در زیر آن سازند کشکان شامل ماسه‌سنگ و سیلتستون به سن ائوسن میانی، سازند تله‌زنگ به سن پالئوسن-ائوسن میانی و همچنین سازند امیران شامل آهک شیلی و ماسه‌سنگ به سن پالئوسن قرار دارد و سازند گورپی که قدیمی‌ترین سازند در محور تاقدیس امیران است. با توجه به اطلاعات چاه‌های حفاری شده در تاقدیس امیران سازندهای گروه بنگستان که شامل سازندهای ایلام با آهک‌های نازک لایه و سورگ‌گاه حاوی شیل‌های پیریت‌دار و سروک با لایه‌بندی نازک سنگ آهک است قرار دارند. در بخش مرکزی ناحیه لرستان با توجه به هندسه ساختاری چین‌های شکل گرفته در عمق و سطح، دو سطوح جدایشی (۱) سازند فلیشی امیران به



۴- نیمرخ‌های عرضی و هندسه ساختاری

به طور کلی سبک چین خوردگی منطقه مورد مطالعه باتوجه به برش‌های ساختاری ترسیمی شامل دو تاقدیس عمقی و سطحی است که به وسیله سطح جدایش بالایی (سازند امیران) از هم جدا می‌شوند. تاقدیس عمقی امیران در توالی‌های مقاوم گروه بنگستان و بر روی سطح جدایش میانی (سازند گرو) شکل گرفته و تاقدیس سطحی بر روی سطح جدایش بالایی تشکیل شده است (شکل ۳). بنابراین برای بررسی دقیق هندسه سطحی و عمقی تاقدیس و همچنین ساختارهای عمیق پی‌سنگی، سه نیمرخ ساختاری عرضی و عمود بر محور تاقدیس با روش کینک ترسیم شده است.

تاقدیس امیران با راستای شمال‌باختری-جنوب‌خاوری با درازای حدود ۵۰ کیلومتر و عرض ۸ کیلومتر بین تاقدیس‌های چهارقلعه و سرگلان در قسمت باختر، تاقدیس‌های سلطان و سرکان در جنوب‌باختر و تاقدیس پشت‌جنگل در شمال، تاقدیس کوه‌دهلیق در جنوب و تاقدیس قالبی در جنوب‌خاور قرار گرفته است (شکل ۱b). از نظر چینه‌شناسی سازندهای رخنمون یافته در هسته و یال‌های این تاقدیس شامل آسماری، کشکان، تله‌زنگ است و سازند گچساران نیز در هسته ناودیس‌های مجاور رخنمون دارد (شکل ۱b).

Strata			Formation	Thick(m)	Stratigraphy	Lithology	
Era	System	Series					
Cenozoic	Quaternary	Pleistocene	Aghajari			Sandstone	Stiff layers
		Tertiary	Pliocene	Gachsaran	300		Evaporite
	Miocene						Limestone
	Oligocene		Asmari-Shahbazan	350			
	Eocene		Kashkan	250			
	Paleocene	Taleh Zang	150			Weak layers	
Amiran	1400			Flysch			
Mesozoic	Cretaceous	Gurpi	700			Shales , Marls	Weak layers
		Ilam	300			Limestone, Shales , Marls	Stiff layers
		Surgah	150			Shales , Marls	
		Sarvak	700			Limestone	
		Garau	850			Limestone, Shales , Marls	
	Jurassic	Jurassic evaporites	600			Evaporite	Weak layers
		Surmah	500			Dolomite	
		Neyriz	100			Limestone, Shales , Marls	
	Triassic	Khaneh kat	150			Dolomite	
		Dashtak					
Paleozoic	Permian	Dalan	650			Limestone	Stiff layers
		Faraghan	100			Argillaceous Sandstone	Weak layers
	Carboniferous	Lower paleozoic rocks	1300		Sandstone Limestone Shales		
	Devonian						
	Silurian						
	Ordovician						
Cambrian							
Neoproterozoic		Pan - African basement					

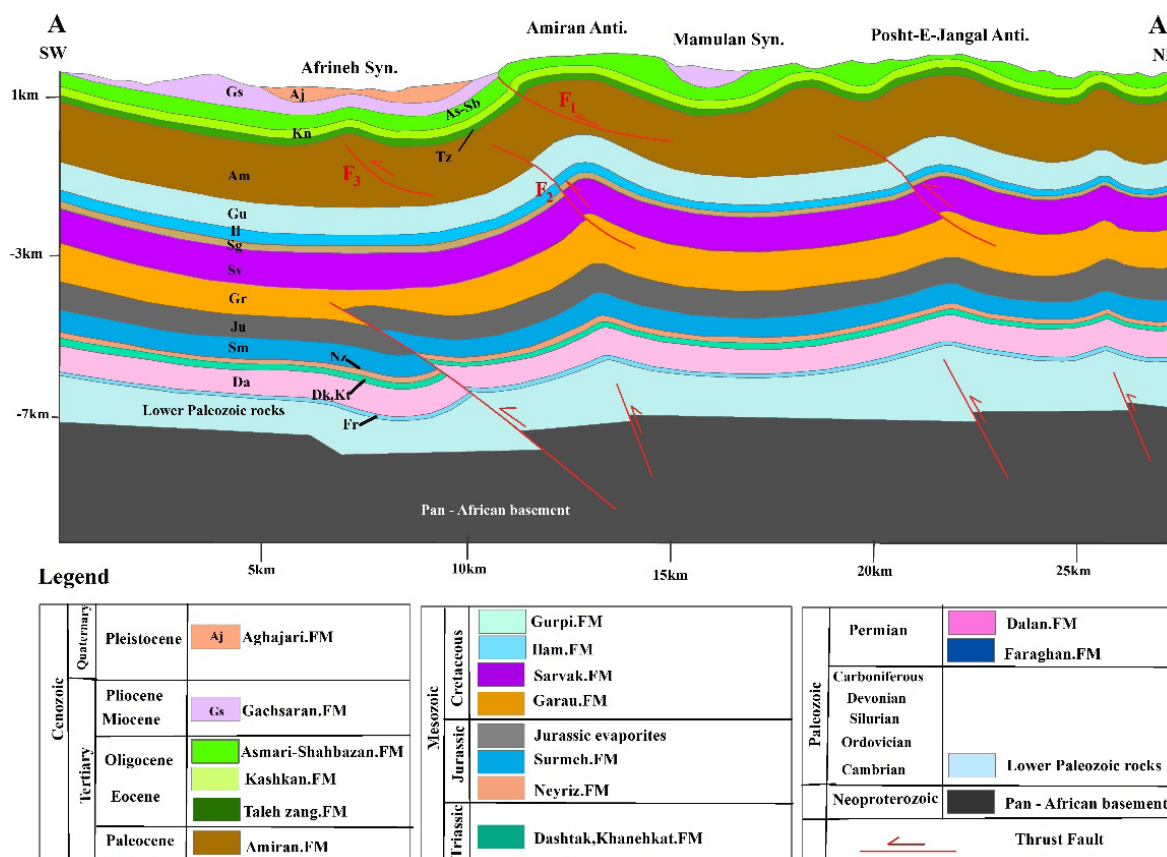
شکل ۲: ستون چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه در زیربینه لرستان (James and Wynd, 1965; Motiei, 1994)



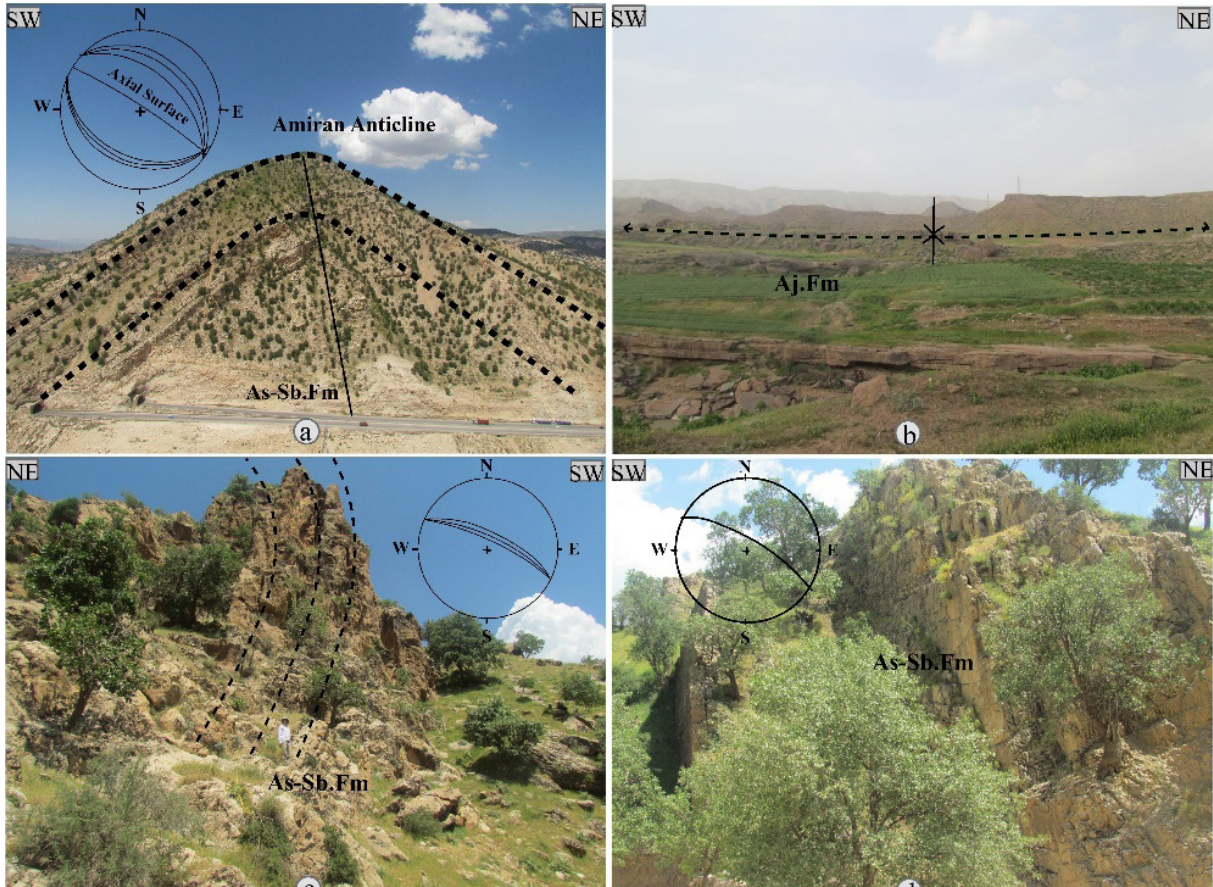
۴-۱- نیمرخ AA'

بین یالی نشان می‌دهد که این تاقدیس از نظر فشردگی از نوع چین‌های باز است. محاسبات لازم برای به‌دست آوردن کندی چین (Bluntness) در این نیمرخ ساختاری نشان می‌دهد که $b < 4/0 < 0/8$ و اصطلاح توصیفی آن نیمه گرد شده می‌باشد و همچنین مقادیری که از نسبت ابعادی به‌دست آمده این نیمرخ در محدوده $0/5 < p < 2$ می‌باشد که اصطلاح توصیفی آن هم‌بعد بودن چین (Equant fold) است (Twiss and Moores, 1992). هندسه چین خوردگی تاقدیس امیران در راستای این نیمرخ بدلیل تفاوت شیب یال جنوبی و یال شمالی از نوع چین جدایشی نامتقارن است. راندگی عمقی در یال جنوبی تاقدیس امیران (F_2F_2) با جابه‌جایی زیاد، سبب دگرریختی و جابجایی در توالی‌ها گردیده و علاوه بر این راندگی، یک راندگی کم عمق سطحی (F_3F_3) با ریشه در سطح جدایش بالایی نیز با حرکت به سمت بالا باعث ایجاد یک ساختار تاقدیسی در زیر ناودیس افرینه و چین خوردگی ناهماهنگ شده است.

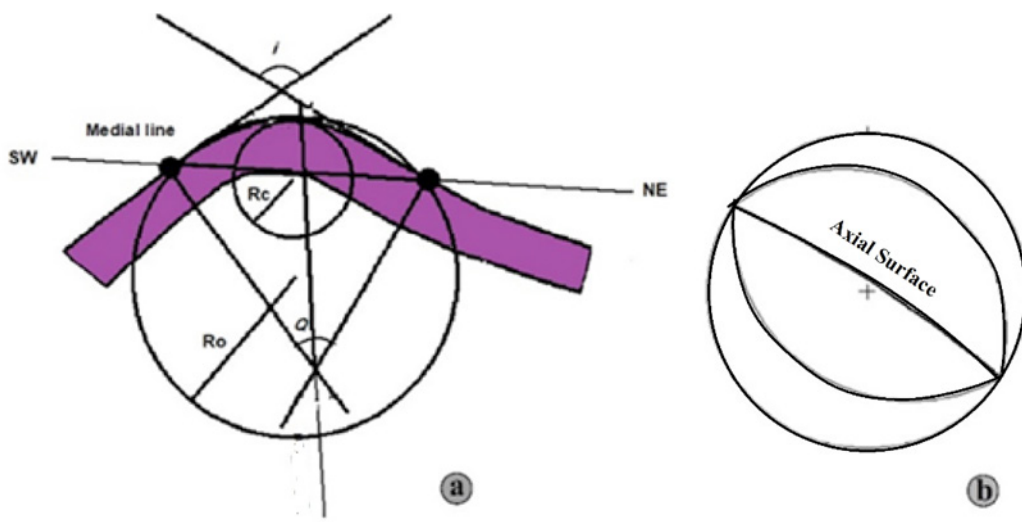
نیمرخ ساختاری AA' با درازای ۲۶ کیلومتر و با راستای شمال‌خاوری-جنوب‌باختری در بخش جنوب‌خاوری تاقدیس‌های امیران و پشت‌جنگل و ناودیس‌های افرینه و معمولان ترسیم شده است (شکل ۳). در امتداد این نیمرخ رخنمون سطحی تاقدیس‌های امیران و پشت‌جنگل سازند آسماری است (شکل ۲a) و جوان‌ترین رخنمون سطحی مربوط به سازند آغاچاری و گچساران در ناودیس افرینه می‌باشد (شکل ۲b). راندگی که ریشه در سازند امیران دارد (F_1F_1) باعث پرشیب و برگشته شدن یال جنوبی تاقدیس (شکل ۲c و ۲d) شده است و در سازندهای تله‌زنگ، کشکان و آسماری به صورت تاقدیسی نامتقارن است. با توجه به پارامترهای هندسی و ترسیم استریوگرام چین، در امتداد این نیمرخ تاقدیس عمقی امیران دارای موقعیت محوری $135/0$ (میل/روند) و شیب سطح محوری $0/45/88$ (شیب/جهت شیب) است (شکل ۲a و ۲b). مقادیر به‌دست آمده برای زاویه



شکل ۳: نیمرخ ساختاری AA' که عمود بر روند تاقدیس‌های امیران و پشت‌جنگل و ناودیس‌های معمولان و افرینه ترسیم شده است. راندگی‌های پی‌سنگی و راندگی‌های تشکیل شده در پوشش رسوبی به همراه سطوح جدایشی (سازند امیران و گرو) باعث دگرریختی در ساختارهای چین خورده شده است.



شکل ۴: (a) نمای کلی از پلانژ تاقدیس امیران در جنوب خاوری نیمرخ ساختاری 'AA' با رخنمون سازند آسماری. (b) ناودیس باز افرینه در امتداد نیمرخ ساختاری 'AA' با رخنمون سازندهای گچساران و آغا جاری. (c و d) یال جنوبی و برگشته امیران با رخنمون سازند آسماری در امتداد نیمرخ ساختاری 'AA'



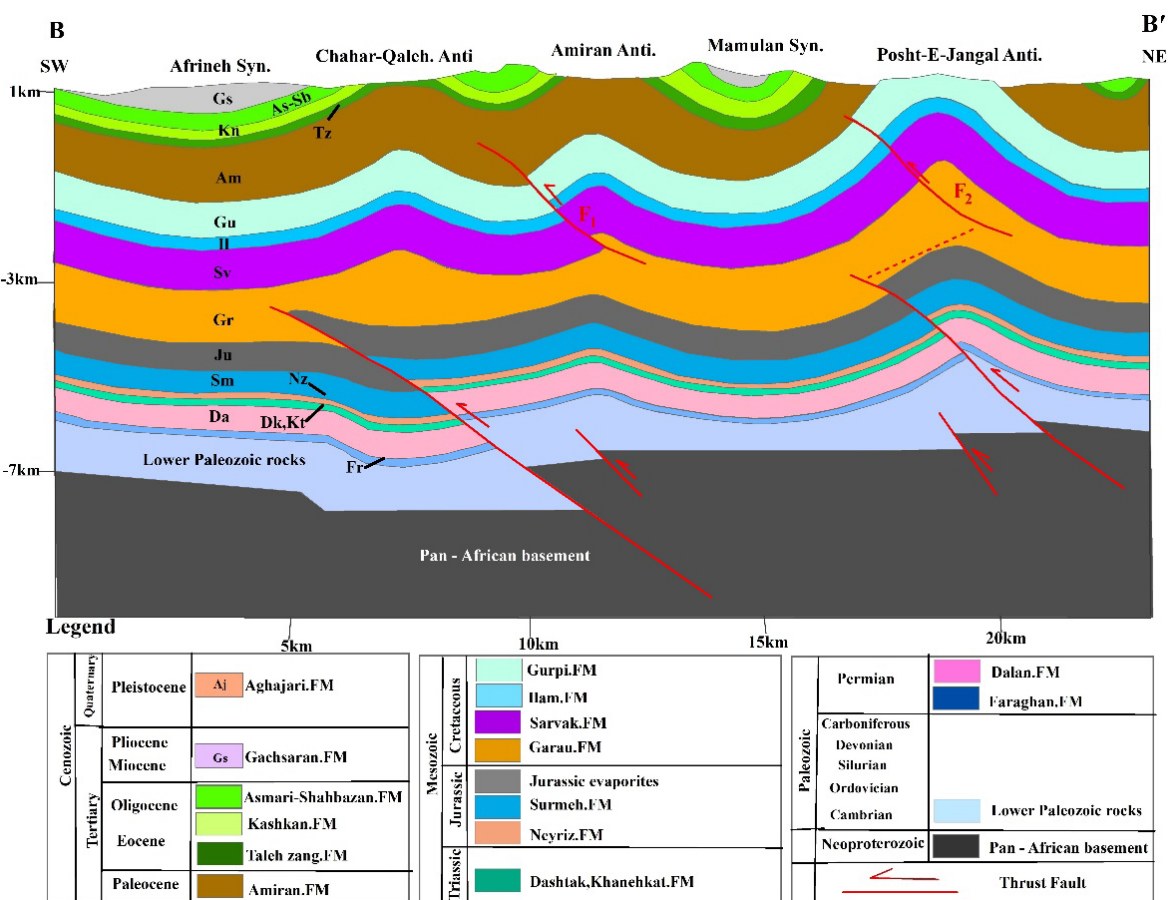
شکل ۵: (a) پارامترهای هندسی و (b) تصویر استریوگرام تاقدیس امیران در راستای نیمرخ ساختاری 'AA'



۴-۲- نیمرخ BB'

امتداد این نیمرخ تاقدیس عمقی امیران دارای موقعیت محوری ۰ و ۱۱۶ (میل لروند) و شیب سطح محوری آن ۷۸ و ۲۶ (شیب/ جهت شیب) است (شکل b و a). مقادیر به دست آمده برای زاویه بین یالی نشان می‌دهد که این تاقدیس از نظر فشردگی از نوع چین‌های باز است. محاسبات لازم برای به دست آوردن کندی (Bluntness) چین در این نیمرخ ساختاری $0.4 > <$ می‌باشد که اصطلاح توصیفی آن نیمه زاویه دار می‌باشد و همچنین مقادیری که از نسبت ابعادی به دست آمده در این نیمرخ $0.5 < p < 2$ می‌باشد که اصطلاح توصیفی آن هم بعد بودن چین (Equant fold) است (Twiss and Moores, 1992). گسلش راندگی در یال جنوبی تاقدیس امیران (F_1) که ریشه در سازند گرو دارد به سمت بالا انتشار یافته و باعث دگرریختی توالی‌ها و تغییر ضخامت سطوح جدایشی شده است. جابه‌جایی زیاد راندگی یال جنوبی تاقدیس پشت جنگل (F_1) سبب رخنمون یافتن سازند گورپی شده است.

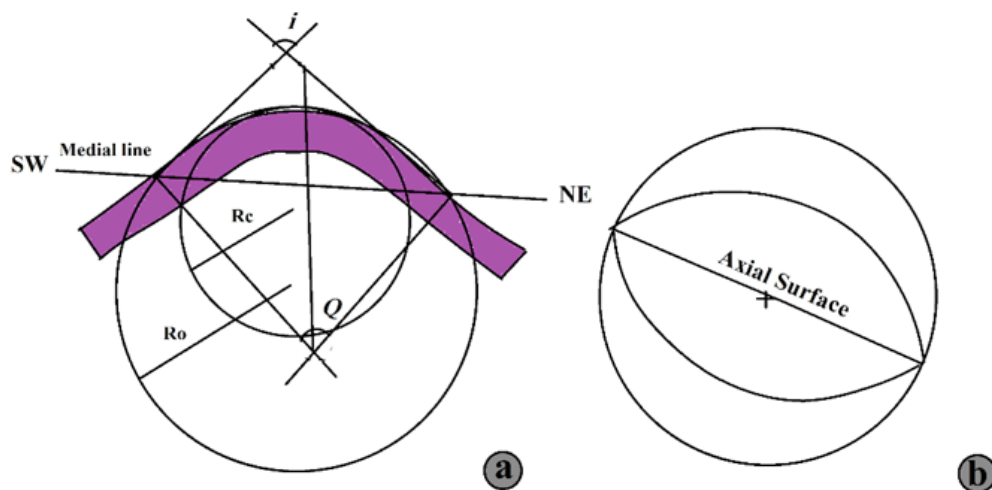
این نیمرخ ساختاری با درازای حدود ۲۵ کیلومتر عمود بر راستای تاقدیس امیران ترسیم شده است که فاصله‌ای حدود ۱۶ کیلومتر با نیمرخ CC' دارد (شکل ۶). در امتداد این نیمرخ رخنمون سطحی تاقدیس را سازند امیران در هسته (شکل av) و سازندهای آسماری-شهبازان، کشکان، تله‌زنگ و امیران در یال‌ها (شکل bv و cv) و رخنمون سطحی در تاقدیس پشت جنگل را سازند گورپی در هسته و سازندهای آسماری-شهبازان، کشکان، تله‌زنگ و امیران در یال‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل dv). راندگی کم عمق بالایی که در نیمرخ قبلی در سازند امیران ریشه داشته و با حرکت به سطح باعق دگرریختی شده در راستای این نیمرخ و در یال جنوبی تاقدیس امیران دیده نمی‌شود. این موضوع باعث شده که یال جنوب باختری تاقدیس امیران حالت عادی داشته و دچار برگشتگی نشده است. با توجه به پارامترهای هندسی و ترسیم استریو گرام چین، در



شکل ۶: نیمرخ ساختاری BB' که عمود بر روند تاقدیس‌های امیران و پشت جنگل و ناودیس‌های معمولان و افرینه ترسیم شده است. فعالیت راندگی‌ها که با جابه‌جایی بسیار زیاد سبب رخنمون یافتن بخش‌هایی از گروه بنگستان در تاقدیس پشت جنگل شده‌اند.



شکل ۷: (a) محور تاقدیس امیران در امتداد نیمرخ ساختاری BB' با رخنمون سازند امیران. (b) یال شمالی تاقدیس امیران در امتداد نیمرخ ساختاری BB' با رخنمون سازندهای آسماری، کشکان، تله‌زنگ و امیران. (c) یال جنوبی تاقدیس امیران در امتداد نیمرخ ساختاری BB' با رخنمون سازندهای آسماری، شهبازان و کشکان. (d) یال شمالی تاقدیس پشت جنگل در امتداد نیمرخ ساختاری BB' با رخنمون سازندهای آسماری-شهبازان، کشکان، تله‌زنگ و امیران.



شکل ۸: (a) پارامترهای هندسی و (b) تصویر استریوگرام تاقدیس امیران در راستای نیمرخ ساختاری BB'

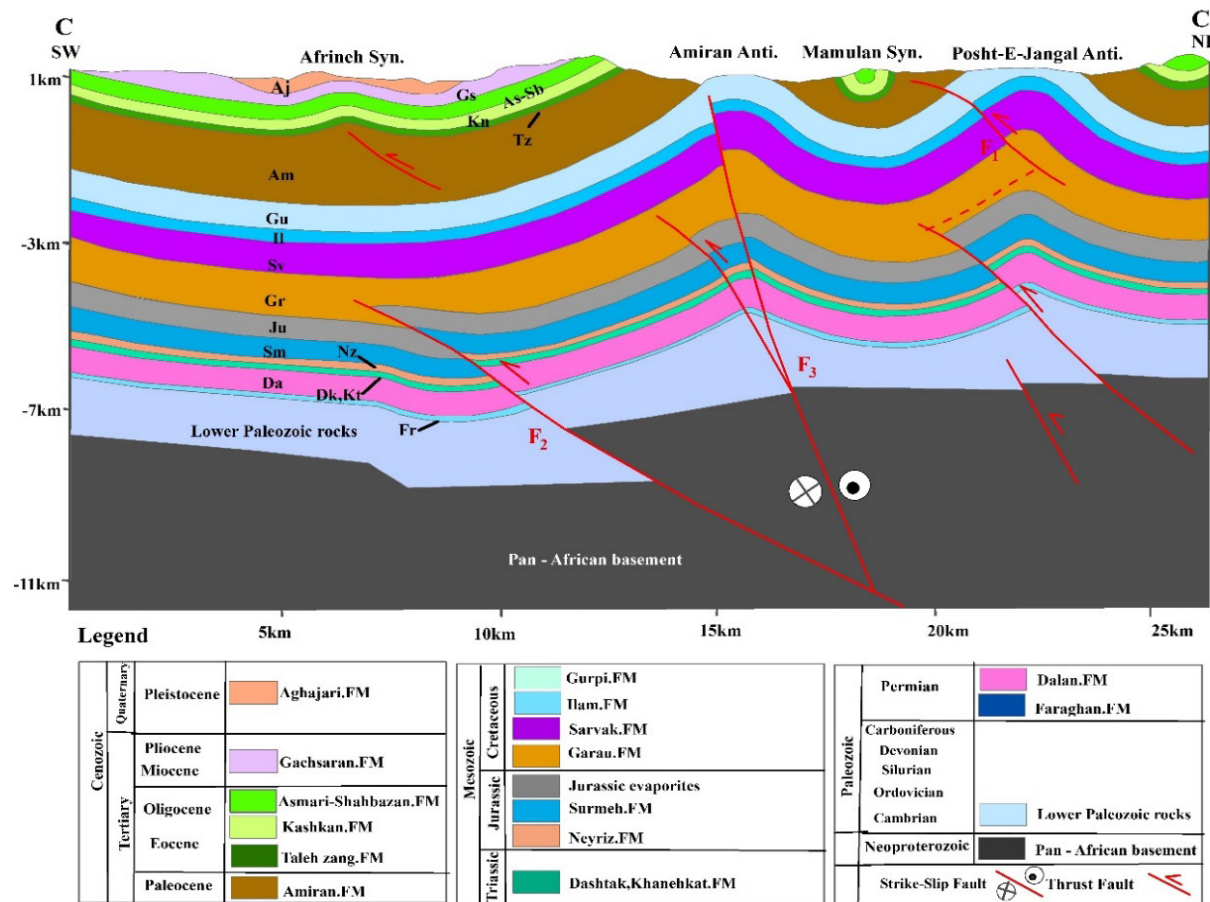


۴-۳- نیمرخ CC'

امتداد این نیمرخ تاقدیس عمقی امیران روی این مقطع دارای موقعیت محوری ۰ و ۱۱۳ (میل/روند) و شیب سطح محوری آن ۰/۲۳ و ۸۷ (شیب/جهت شیب) است (شکل b و a۱۱). مقادیر به دست آمده برای زاویه بین یالی نشان می‌دهد که این تاقدیس از نظر فشردگی از نوع چین‌های باز است. محاسبات لازم برای به دست آوردن کندی (Bluntness) چین در این نیمرخ ساختاری $0/8 < b < 0/4$ می‌باشد که اصطلاح توصیفی آن نیمه گرد شده می‌باشد و همچنین مقادیر به دست آمده برای نسبت ابعادی این نیمرخ $2 < p < 0/5$ می‌باشد که نشان دهنده‌ی هم‌بعد بودن چین (Equant fold) است (Twiss and Moores, 1992).

در تفسیر نیمرخ ساختاری به دلیل اینکه سازند امیران و گرو از واحدهای نامقاوم تشکیل شدند به عنوان سطح جدایش بالایی و میانی معرفی شده‌اند که در این بخش از منطقه مورد مطالعه فعالیت راندگی‌های عمقی در یال جنوبی تاقدیس

نیمرخ ساختاری CC' در قسمت مرکزی تاقدیس امیران با درازای حدود ۲۷ کیلومتر و در فاصله تقریباً ۱۷ کیلومتری نیمرخ AA' عمود بر راستای تاقدیس‌های امیران و پشت‌جنگل و ناودیس‌های افرینه و معمولان ترسیم شده است (شکل ۹). در امتداد این نیمرخ رخنمون سطحی تاقدیس‌های امیران و پشت‌جنگل را سازند گورپی و سازند امیران تشکیل داده است (شکل a۱۰). رخنمون سازند آسماری و کشکان و تله‌زنگ در یال شمالی و جنوبی هر دو تاقدیس نمایان است (شکل c و b۱۰). شیب یال‌های تقریباً تند در سازندهای آسماری، کشکان و تله‌زنگ و همچنین تفاوت شیب یال‌ها و گسترش ناودیس‌های فشرده‌ی معمولان (شکل d۱۰) و باز افرینه در دو سوی آن به صورت تاقدیسی نامتقارن و هندسه چین خوردگی آن از نوع چین جدایشی نامتقارن می‌باشد. با توجه به پارامترهای هندسی و ترسیم استریوگرام چین، در



شکل ۹: مقطع ساختاری CC' که عمود بر روند تاقدیس‌های امیران و پشت‌جنگل و ناودیس‌های معمولان و افرینه ترسیم شده است. راندگی‌ها عمقی به سمت بالا منتشر شده و راندگی کم عمق بالایی باعث دگرریختی شده‌اند. گسل‌های پی‌سنگی و گسل‌های راستالغز که باعث اختلاف عمق پی‌سنگ و تغییر ضخامت توالی‌ها شده‌اند.

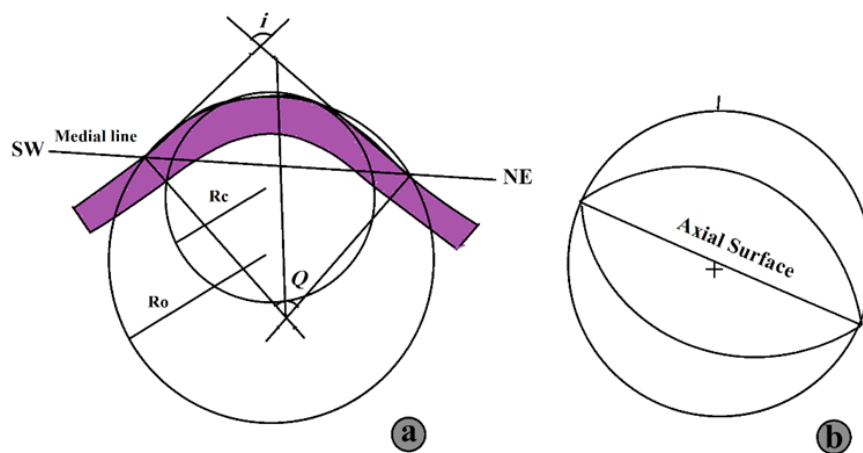


در جنوب‌خاوری به N65W در شمال‌باختری تغییر پیدا است. دگرریختی ناشی از عملکرد این گسل باعث جابجایی توالی رسوبی و تغییر ضخامت سازندهای شکل پذیر مثل سازند گرو شده است. همچنین تغییر شیب یال‌های تاقدیس عمقی و سطحی و تغییر ضخامت سازندها ناشی از عملکرد این گسل تقریباً عمودی است که از پی‌سنگ منشأ می‌گیرد. بنابراین پی‌سنگ این نیمرخ و تجزیه آن در قسمت داخلی تاقدیس امیران به طور فعال در کوتاه شدن این نیمرخ نقش داشته و فعالیت سطح جدایش میانی در پوشش رسوبی باعث تغییر شکل جزئی شده است. اختلاف عمق پی‌سنگ و افزایش ضخامت رسوبات ناشی از گسل‌های پی‌سنگی در این نیمرخ باعث حرکت یا تشدید حرکت گسل‌های امتدادلغز شده که نشانگر فعالیت گسل‌های پی‌سنگی می‌باشد.

(F_1) که از سطح جدایش میانی منشأ گرفته به سمت بالا منتشر شده باعث دگرریختی و تغییرات ضخامت توالی‌ها در سطوح جدایشی شده و در نهایت در سطح جدایشی بالایی حالت افقی پیدا کرده‌اند. چین‌ها، راندگی‌ها و گسل امتدادلغز باعث کوتاه‌شدگی فرودپواره شده و نشان می‌دهد که اتصال بین پی‌سنگ و پوشش رسوبی با توسعه کوتاه‌شدگی ارتباط دارد (Tavani et al., 2018). یال جنوبی تاقدیس امیران از زیر تحت تاثیر یک راندگی پی‌سنگ با شیب زیاد (F_2F_2) قرار دارد و باعث اختلاف عمق پی‌سنگ در محدوده‌ی مورد مطالعه شده و به دنبال آن ضخامت رسوبات روی پی‌سنگ در محل گسل‌ها افزایش یافته است. الگوی تغییر شکل در قست میانی این تاقدیس به صورت یک گسل امتدادلغز با روند شمالی-جنوبی (F_3F_3) است که باعث کج‌شدگی روند عمومی تاقدیس شده و راستای محور این تاقدیس از N50W



شکل ۱۰: (a) هسته ی تاقدیس امیران در امتداد نیمرخ ساختاری 'CC' با رخنمون سازند گورپی (b). یال جنوبی تاقدیس پشت جنگل در امتداد نیمرخ ساختاری 'CC' با رخنمون سازندهای آسماری-شهبازان، کشکان، تله‌زنگ و امیران. (c) یال شمالی تاقدیس امیران در امتداد نیمرخ ساختاری 'CC' با رخنمون سازندهای آسماری-شهبازان، کشکان، تله‌زنگ و امیران (d). ناودیس تنگ و فشرده معمولان که بین تاقدیس‌های پشت جنگل و امیران در امتداد نیمرخ ساختاری 'CC' با رخنمون سازند آسماری.



شکل ۱۱: (a) پارامترهای هندسی و (b) تصویر استریوگرام تاقدیس امیران در راستای نیمرخ ساختاری 'CC'

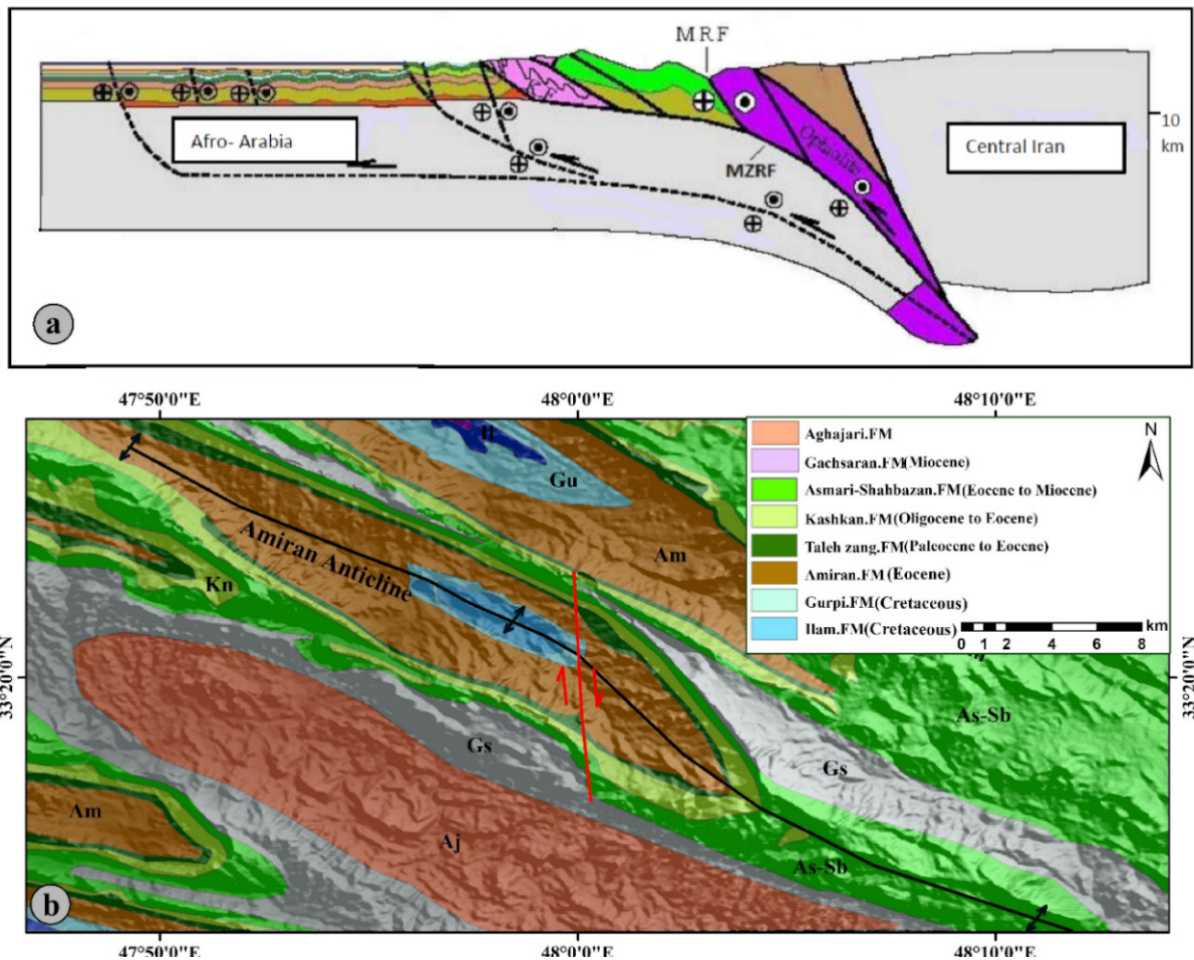
جنوبی می‌باشد. بنابراین دگرریختی راستالغز راستبر فقط به MRF محدود نیست بلکه به بخش‌های خارجی کمر بند نیز منتشر می‌شود تا حدی که در جبهه کوهستان و در نزدیکی مرز سیاسی ایران و عراق این گسلش راستالغز باعث زلزله‌های بزرگ نیز می‌شود (Sadeghi and Yas-saghi, 2016). بنابراین بعد از این رخداد لرزه‌ای بزرگ در مطالعات ساختارهای چین‌خورده و گسل‌های زیرپهنه لرستان گسل‌های راستالغز پی‌سنگی نیز مطرح شده مانند گسل‌هایی که در زیر تاقدیس‌های مارخیل، میرینگه و شیخ صالح باعث دگرریختی شده‌اند (Tavani et al., 2018) در کمر بند زاگرس علاوه بر گسل‌های امتدادالغز شمال‌باختری-جنوب‌خاوری و موازی کوهزایی، برخی از گسل‌های امتدادالغز فعال با روند شمالی-جنوبی در بخش خارجی کمر بند چین‌خورده-رانده زاگرس وجود داشته و باعث دگرریختی شده‌اند (Yassaghi and Ma-ron, 2019) (شکل ۱۲a).

در منطقه مورد مطالعه که در بخش‌های میانی زیرپهنه لرستان واقع شده است با توجه به کج‌شدگی روند عمومی تاقدیس و عدم تطابق شیب یال‌ها در طرفین تاقدیس و تغییر ضخامت توالی‌ها با توجه به شواهدی چنین به نظر می‌رسد در بخش مرکزی تا جنوبی یک گسل راستالغز راستبر باعث دگرریختی تاقدیس از N50W در جنوب‌خاوری به N65W در شمال‌باختری شده است (Sadeghi and Yassaghi, 2016) (شکل ۱۲b).

۵- دگرریختی راستالغز راستبر در کمر بند چین‌خورده-رانده زاگرس

اندازه‌گیری‌های GPS نشان می‌دهند که حرکت کنونی و مورب ورق عربی به سمت ورق ایران باعث تشکیل پهنه‌های ترفشارشی و گسل‌های امتدادالغز بزرگ در کمر بند زاگرس شده است (Vernant et al., 2004). مهمترین گسل امتدادالغز در این کمر بند، گسل جوان اصلی زاگرس است که به سمت شمال‌باختر تا گسل آناطولی در ترکیه ادامه پیدا کرده است. همچنین در کمر بند زاگرس، دگرریختی راستالغز راستبر از Main Re-cent Fault به گسل شمالی-جنوبی مانند گسل کازرون منتقل شده است ولی در فروافتادگی دزفول و زیرپهنه لرستان عموماً دگرشکلی به صورت چین‌خوردگی گسل‌های راندگی بوده است (Talebian and Jackson, 2002; Alipoor et al., 2012).

در منطقه کرمانشاه و کردستان در مرز بین عراق و ایران گسل‌های راستالغز شمالی-جنوبی باعث جابجایی سطحی تاقدیس‌های مارخیل و روانسر شده است (Sadeghi and Yassaghi, 2016) بعد از زلزله ۱۲ نوامبر ۲۰۱۷ از گله-سرپل‌ذهاب با بزرگی ۷/۳ ریشتر که در راستای یکی از قطعات گسل جبهه کوهستان اتفاق افتاده است با حرکت راندگی و شیب به سمت شمال باعث تخریب زیاد درون منطقه شده است. سازوکار کانونی یکی از پس‌لرزه‌های این زلزله با بزرگی ۶/۳ ریشتر که در تاریخ ۱۳۹۸/۹/۴ رخ داده است یک گسل راستالغز راستبر با راستای شمالی-



شکل ۱۲: (a) رابطه بین گسل جوان اصلی و گسل معکوس اصلی زاگرس بین صفحات ایران مرکزی و عربستان (Yassaghi and Marone, ۲۰۱۹). (b) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، گسل راستالغز بی‌سنگی باعث انتقال دگرریختی توالی‌ها به بخش‌های درونی تاقدیس شده‌است.

۶- نتیجه‌گیری

هم‌بعد و همچنین از نظر کندی چین در نیمرخ ساختاری AA' و CC' در رده نیمه‌گردشده و در نیمرخ ساختاری BB' در رده نیمه‌زاویه‌دار قرار دارد. در منطقه مورد مطالعه با ادامه همگرایی ورق‌های عربی و اوراسیا گسلش راندگی از هسته کوهزاد به سمت جنوب باختر انتشار یافته و در یال جنوبی تاقدیس باعث دگرریختی شده‌است. همچنین ادامه این همگرایی مایل باعث تشکیل گسلش امتدادلغز با روند شمال باختری - جنوب خاوری شده و در ادامه با انتقال دگرریختی به بخش‌های داخلی کمر بند چین خورده - رانده زاگرس شده‌است. در منطقه مورد مطالعه شواهد این گسلش امتدادلغز شمالی - جنوبی تغییر روند تاقدیس امیران از N50W در جنوب خاوری به N65W شمال باختری است.

با توجه به سه نیمرخ عرضی ساختاری ترسیم‌شده و شواهد صحرایی وجود اختلاف مقاومت بین واحدها و توسعه راندگی در یال جنوبی تاقدیس و عدم گسترش پس‌راندگی در یال شمالی، الگوهای مطرح‌شده در مورد چین‌های مرتبط با گسل نشان می‌دهند که تاقدیس امیران از نوع چین جدایشی نامتقارن است. به طور کلی دو سطح جدایش شامل سازند امیران به عنوان سطح جدایش بالایی و سازند گرو به عنوان سطح جدایش میانی نقش مهمی در دگرشکلی ایجاد کرده‌اند، چنان‌که ساختارهای بالا و پایین این سطوح جدایشی هندسه متفاوتی را نشان می‌دهند. با توجه به پارامترهای هندسی در تاقدیس امیران این تاقدیس از نظر فشردگی باز، از نظر نسبت ابعادی از نوع چین‌های



Reference

- Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American journal of science*. 307,1064–1095.
- Alipoor, R., Zaré, M., and Ghassemi, M. R., 2012. Inception of activity and slip rate on the main recent fault of Zagros Mountains, Iran, *Geomorphology*, 175–176, 86–97.
- Allen, M. and Talebian, M., 2011. Structural variation along the Zagros and the nature of the Dezful Embayment. *Geological Magazine*, 148, 911-924.
- Bahroudi, A., Hemin A. Koyi., 2004. Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin. *Marine and Petroleum Geology* 21.10, 1295-1310.
- Berberian, M., 1995. Master “Blind” thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics* 241, 193–224.
- Blanc E. P., Allen M. B., Inger S., Hassani H., 2003. Structural styles in the Zagros simple folded and folding style of the Lurestan region in the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Journal of the Geological Society*. 166, 1101-1115.
- Falcon, N. L., 1969. Problems of the relationship between surface structure and deep displacements illustrated by the Zagros Range. *Geological Society, London, Special Publications*, 31, 9-21.
- Farzipour-Saein A., Yassaghi A., Sherkati S., Koyi H., 2009. basin evolution of the Lurestan region in the Zagros fold and thrust belt, Iran, *Journal of Petroleum Geology*, 5-19.
- Ghavidel-Syooki, M., 1996. Acritarch biostratigraphy of the Paleozoic Rock units in the Zagros Basin, Southern Iran *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*. 40, 385-411.
- Haynes S. J., McQuillan H., 1974. Evolution of the Zagros suture zone, southern Iran, *Geological Society of America Bulletin*. 739-744.
- Hessami, K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H., Shabanian, E., 2001. Progressive unconformities within an evolving foreland fold-and-thrust belt, Zagros Mountains: *Geological Society, London*, 969-981.
- Homke, S., J. Vergés, M. Garcés, H. Emami, and R. Karpuz, 2004. Magnetostratigraphy of Miocene–Pliocene Zagros foreland deposits in the front of the Push-e Kush Arc (Lurestan Province, Iran): *Earth and Planetary Science Letters*, 225, 397-410.
- James, G. A., Wynd, J. G., 1965. Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area: *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 2182-2245.
- McQuarrie N., 2004. Crustal scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran. *Journal of Structural Geology* 519-535.
- McQuarrie N., Van Hinsbergen D. J., 2013. Retrodeforming the Arabia-Eurasia collision zone: Age of collision versus magnitude of continental subduction. *Geology* 315-318.
- Motiei, H., 1994. Stratigraphy of Zagros. *Geological Survey of Iran Publications*. (In Persian).
- Motiei, H., 1995. *Petroleum Geology of Zagros*. Geological Society London Special Publications. Iran (in Persian), 589.
- 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.
- Sherkati S., Letouzey. J., Frizon de Lomotte D., 2006. Central Zagros fold-thrust belt Iran: New insights from seismic data, field observation, and sandbox modeling. *Tectonics* TC4007.
- Szabo, F., Kheradpir, A., 1978. Permian and triassic stratigraphy, Zagros basin, south-west Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 57-82.
- Talebian, M. and Jackson, J, 2002. Offset on the Main Recent Fault of the NW Iran and implications for the late Cenozoic tectonics of the Arabia-Eurasia collision zone, *Geophysical Journal International*, 150, 422–439.
- Tavani, S., Parente, M., Puzone, F., Corradetti, A., Gharabeigli, Gh., Valinejad, M., Morsalnejad, D., Mazzoli, S, 2018. The seismogenic fault system of the 2017 Mw 7.3 Iran–Iraq earthquake: constraints from surface and subsurface data, cross-section balancing, and restoration: *Solid Earth*, 9, 821–831.
- Twiss, R. J., Moores, E. M., 1992. *Structural geology*. W. H. Freeman and Company New York.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M.R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H.R., Martinod, J., Ashtiany, A., Bayer, R., Tavakoli, F., Chéry, J., 2004. Present-day deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophysical Journal International*. 157, 381–398.
- Yassaghi, A., Marone, C., 2019. The relationship between fault zone structure and frictional heterogeneity, insight from faults in the High Zagros, *Tectonophysics*. TECTO 128101.



Influence of thrust and basement strike-slip faults on the geometry of the Amiran anticline structure in Lurestan subzone, West Zagros

Zahra Ghasemi¹, Reza Alipoor^{2*}, Saeed Madanipour³

1. MSc student of geology, Bu Ali-Sina university, Hamedan, Iran
2. Assistant professor of geology, Bu Ali-Sina university, Hamedan, Iran
3. Assistant professor of geology, Tarbiat Modares university, Tehran, Iran



Abstract

The Amiran anticline with about 50 km length is located in NW-SE of the Zagros fold and thrust belt and the Lurestan sub-zone. The aim of this study was to investigate the role of thrust and basement strike-slip faults on the structural geometry of this anticline. For this purpose, three cross-section perpendicular to the anticline axis have been constructed in the NW, central, and SE parts of the anticline. A basement thrust fault in the southwestern limb of this anticline and two upper (Amiran Formation) and Middle (Garau Formation) detachment levels affect the folding geometry and led to the formation of disharmonic folding. In addition to the thrust fault at the southern limb, an N-S basement strike-slip fault in the middle part of the anticline has shifted the anticline axis from N50W in the southeast to N65W in the northwest. The disharmony of fold axis across the surface and deep structures and migration of the southern limb of the anticline is due to the effect of the basement structures on structural geometry of the study area. Therefore, basement strike-slip faults propagate to the inner parts of the fold-thrust belt in the Lurestan sub-zone and cause deformation of surface and deep anticlines.

Key Words: Zagros, Lurestan, Anticline Amiran, Cross-section, Basement