

تحلیل هندسی چین‌خوردگی تپال در ماشیه جنوبی البرز خاوری- شاهرود

علی رادفر^{۱*} و عزیز رمیمی‌پاکدل^۲

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد تکنونیک، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، Radfar1986@yahoo.com

(۲) استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان

(*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۱۰/۲۵؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۵/۱۵؛ پذیرش: ۹۱/۶/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۷/۲۰

هکیده

چین‌خوردگی تپال در باختر شهرستان شاهرود در حاشیه جنوبی البرز خاوری مورد مطالعه قرار گرفت. سازندهای موجود در منطقه در محدوده سنی پالئوزوئیک تا اواخر ژوراسیک قرار دارند. بررسی ساختارهای زمین‌شناسی برای درک بهتر تاریخچه تکاملی البرز در منطقه انجام گرفت. پس از بررسی هندسی چین‌های بزرگ مقیاس و میان مقیاس، مشخص شد که چین‌های بزرگ مقیاس با داشتن سطح محوری متمایل به سمت جنوب و جنوب خاوری با ساختار گل‌مانند در نظر گرفته شده برای البرز مطابقت دارند. این ساختار در اثر کوتاه‌شدگی البرز خاوری با فشارش شمالی- جنوبی و همچنین عملکرد گسل‌های اصلی سامانه گسلی شاهرود ایجاد شده است. چین‌های میان مقیاس دارای دو روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری و خاوری-باختری هستند. داده‌های اندازه‌گیری شده از چین‌ها نشان می‌دهد که چین‌های با روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری ساختارهای مرتبه دوم مربوط به چین‌های بزرگ مقیاس نظیر تاقدیس و ناودیس تپال هستند در حالیکه چین‌های با روند خاوری- باختری مرتبط با گسلش می‌باشند. با توجه به شباهت شیب و امتداد سطح محوری چین‌های دارای روند خاوری-باختری با گسل‌های رانده موجود می‌توان پیشنهاد کرد که این چین‌ها در اثر فشارش شمالی-جنوبی حاکم بر منطقه بوجود آمده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ساختار گل‌مانند، سطح محوری، گسل‌های رانده، ناودیس تپال.

۱- مقدمه

در این مقاله، چین‌خوردگی بزرگ مقیاس تپال از نظر هندسی مورد بررسی قرار گرفته است. دلیل انتخاب این منطقه، وجود سنگ‌هایی با سن پرکامبرین و کامبرین پیشین در منطقه می‌باشد. به دلیل وجود سنگ‌های با بازه زمانی گسترده، درک تاریخچه تکامل زمین‌ساختی، می‌تواند راهنمای مناسبی برای بازسازی تاریخ تکاملی البرز خاوری باشد. بر همین اساس سعی شده تا با تعیین مشخصات هندسی چین‌خوردگی مذکور، و سازوکار چین‌خوردگی در منطقه به این هدف دست یافت. برای این منظور علاوه بر تهیه مقطع عرضی برای چین‌خوردگی بزرگ مقیاس، چندین چین میان مقیاس نیز مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه به تفصیل به آنها خواهیم پرداخت.

۲- روش مطالعه

در این مقاله پس از برگذاری چندین روز عملیات صحرایی و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز توسط کمپاس، و سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) به جهت تحلیل هندسی چین‌ها، داده‌ها را در محیط نرم‌افزاری ژئورینت (GEOrient) ترسیم کرده و با توجه به اثر سطح محوری در نقشه برای چین‌های بزرگ مقیاس، و اثر سطح محوری اندازه‌گیری شده در عملیات صحرایی برای چین‌های میان مقیاس، مشخصات محور و سطح محوری آنها محاسبه شد. همچنین به منظور تحلیل تصویری توازن (تحلیل فوریه)، با استفاده از تصویر چین و مقیاس مناسب، اندازه‌گیری‌های لازم انجام شده و پس از محاسبه و بدست آوردن ضرایب مورد نیاز و ترسیم نتایج به صورت نمودار، آنها

چین خوردگی گذشته و در برخی نقاط باعث بریده شدن و جابجایی محلی در توالی‌های ناودیس تپال گردیده است. لازم به ذکر است که در حال حاضر در بخش غربی منطقه مورد مطالعه (منطقه طزره) به مقدار قابل ملاحظه‌ای زغال سنگ (۷۲ رگه) در حال استخراج است که البته این توالی‌های زغالی در منطقه مورد مطالعه به حداقل (۳ رگه) رسیده و در منطقه دهملا هیچگونه استخراجی صورت نمی‌پذیرد (کنگی ۱۳۸۶).

۵- تحلیل هندسی چین خوردگی تپال

هر دوی تاقدیس و ناودیس تپال با روند عمومی ENE-WSW می‌باشند. رخنمون سنگی آن شامل تناوب شیل زغال‌دار و ماسه سنگ (شمشک)، مارن و آهک نازک لایه (دلیچای)، آهک ضخیم لایه و آهک‌های دولومیتی و چرتی (لار) می‌باشد.

۵-۱- ناودیس تپال

این ناودیس در قسمت هسته از آهک‌های سازند لار و دلیچای تشکیل شده و به دلیل قرار گرفتن این سازندها در کنار گروه شمشک، و همچنین عملکرد گسل شمال شاهرود این ناودیس به صورت یک ناودیس برآمده ظاهر گشته است (تصویر ۲).

را با الگوی تصویری مقایسه کرده و در نهایت با توجه به دستاوردهای تحلیل‌ها، به نتیجه‌گیری پایانی پرداخته شده است.

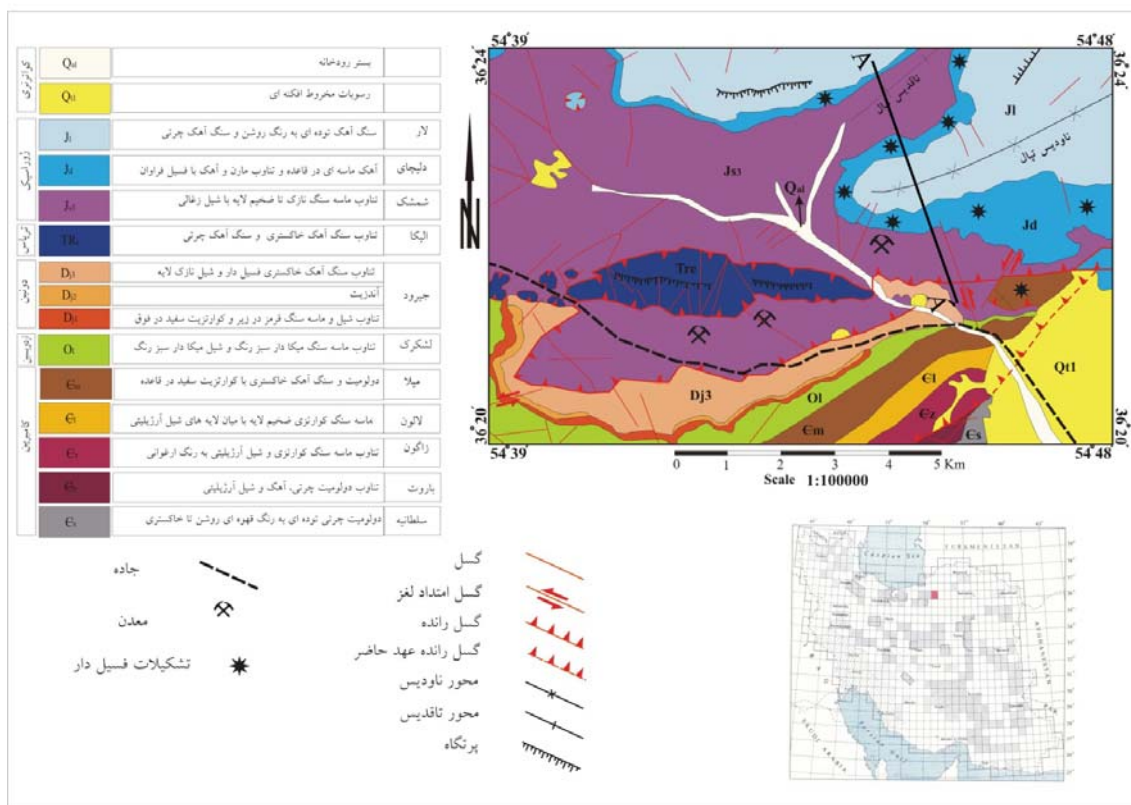
۳- موقعیت مغرافیایی

چین خوردگی تپال با طولی بالغ بر ۱۷ کیلومتر و عرض حدود ۷ تا ۱۰ کیلومتر، در بخش باختری شهرستان شاهرود و حاشیه جنوبی البرز خاوری و بین عرض‌های جغرافیایی ۲۲' ۳۶° تا ۲۸' ۳۶° شمالی و طول جغرافیایی ۴۳' ۵۴° تا ۵۵' ۵۴° خاوری، قرار گرفته است (تصویر ۱).

مرتفع‌ترین قله در این چین ۲۲۰۰ متر و در بخش مرکزی ناودیس تپال می‌باشد. این چین خوردگی از باخترشهر بسطام در شمال شاهرود آغاز و تا دهستان دهملا در ۲۰ کیلومتری باختر شاهرود ادامه پیدا کرده است (وزیری و مجیدی فرد ۱۳۷۹).

۴- موقعیت زمین‌شناسی

چین خوردگی تپال در حاشیه جنوبی البرز خاوری قرار گرفته و از نظر چینه شناسی دارای توالی‌هایی با سن ژوراسیک زیرین تا کرتاسه بالائی و در برخی نقاط رسوبات عهد حاضر می‌باشد این چین خوردگی متشکل از یک ناودیس و تاقدیس و با روندی شمال‌خاوری- جنوب‌باختری و تقارن نسبی برای هر دوی تاقدیس و ناودیس ظاهر گشته است. گسل شمال‌شاهرود از جنوب این



تصویر ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (وزیری و مجیدی فرد ۱۳۷۹)، مقطع عرضی از خط AA' تهیه شده است.



تصویر ۲- نمایی تاقدیس تپال در سمت چپ و ناودیس تپال در سمت راست تصویر (دید رو به شمال خاوری).

شمالی ناودیس، در توالی‌های گروه شمشک توسعه یافته و به دلیل مقاومت کم توالی‌های شیلی گروه شمشک در برابر فرسایش، مورفولوژی با ارتفاع کم را ایجاد کرده است (تصویر ۲). مشخصات یال جنوبی به صورت میانگین، (Dip/Dip Direction) 46/132 و برای یال شمالی 28/331 است. زاویه بین یالی (γ) ۱۰۶ درجه و زاویه چین خوردگی (φ) ۷۴ درجه بوده و چین در طبقه بندی فلوتی جزو چین‌های باز طبقه‌بندی می‌شود. پس از ترسیم داده‌های برداشت شده در شبکه هم‌مساحت، مشخصات محور 15-053 و مشخصات سطح محوری 054/86NW بدست آمد (تصویر ۳-ب). بنابراین تاقدیس تپال در طبقه‌بندی فلوتی جزو چین‌های ایستاده با میل ملایم دسته‌بندی می‌شود (Fleuty 1964). با توجه به تصویر استریوگرافیک بدست آمده، به نظر می‌رسد چین دارای تقارن نسبی باشد (مارشاک و میترا ۱۳۸۱). همچنین بدلیل اینکه بیش از ۹۰٪ قطب لایه‌ها در فاصله کمتر از ۲۰ درجه از دایره عظیمه π قرار دارند، چین نیمه استوانه‌ای است (Ramsay & Huber 1987). تراکم یکنواخت قطب لایه‌ها در شبکه هم‌مساحت بیانگر گرد بودن لولای چین است (مارشاک و میترا ۱۳۸۱) که با توجه به این موضوع و علم به این که بین لایه‌های گروه شمشک اختلاف شکل‌پذیری زیادی وجود دارد، می‌توان گفت که تاقدیس مورد نظر تحت شرایط شکل‌پذیری پایین و سازوکار خمشی- لغزشی ایجاد شده است (مارشاک و میترا ۱۳۸۱). در چنین شرایطی لایه‌های مقاوم تحت حالت ۱B و لایه‌های نامقاوم در حالت ۳ طبقه بندی رمزی دچار چین خوردگی می‌شوند و بنابراین چین در حالت میانگین ۱C طبقه- بندی رمزی قرار می‌گیرد (Ramsay & Huber 1987, Hudleston & Treagus 2010).

۵-۳- ناودیس Fo1

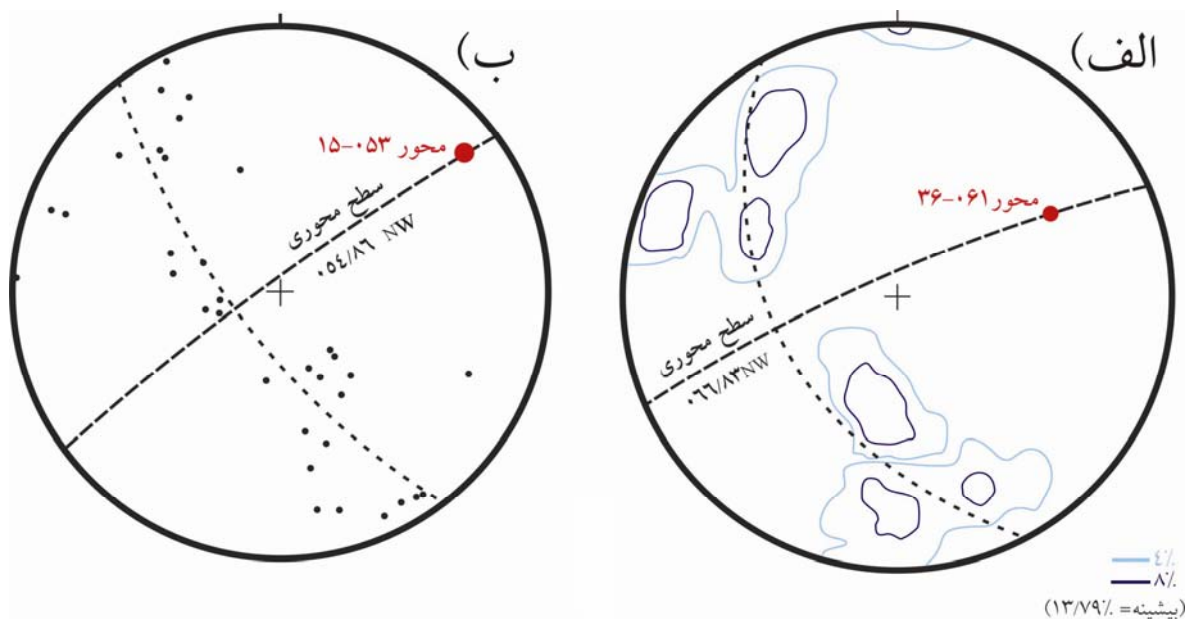
این ناودیس در بخش ماسه‌سنگی گروه شمشک قرار گرفته (تصویر

بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که مشخصات یال جنوبی به صورت میانگین (Dip/Dip Direction) 53/002 و مشخصات یال شمالی 46/132 می‌باشد. بنابراین زاویه بین یالی (γ) ۸۱ درجه و زاویه چین خوردگی (φ) ۹۹ درجه بوده و چین در طبقه بندی فلوتی، جزو چین‌های باز طبقه‌بندی می‌شود (Fleuty 1964). با توجه به داده‌های برداشت شده در صحرا و ترسیم این داده‌ها بر روی استریونت، ناودیس تپال یک ناودیس نیمه‌استوانه‌ای متقارن (مارشاک و میترا ۱۳۸۱) است. مشخصات محور 36-061 و سطح محوری با در نظر گرفتن امتداد اثر سطح محوری در نقشه 66E/83NW بدست آمد (تصویر ۳-الف). از این رو ناودیس تپال در طبقه‌بندی فلوتی بر اساس تمایل محور و سطح محوری، در گروه چین‌های ایستاده با میل متوسط قرار می‌گیرد (Fleuty 1964). با توجه به تصویر استریوگرافیک ناودیس تپال، به نظر می‌رسد که دارای تقارن نسبی باشد (وزیری و مجیدی‌فرد ۱۳۷۹، مارشاک و میترا ۱۳۸۱)، و همچنین بدلیل اینکه بیش از ۹۰٪ قطب لایه‌های ناودیس در شبکه هم‌مساحت در فاصله کمتر از ۲۰ درجه از دایره عظیمه π قرار گرفته‌اند (تصویر ۳-الف)، حالت نیمه استوانه‌ای بر چین حکمفرماست (Ramsay & Huber 1987). برای مشخص کردن نوع چین در طبقه‌بندی رمزی باید به این نکته اشاره کرد که به دلیل قرار گرفتن ناودیس تپال در سازندهای دلچای و لار (آهک و دولومیت) و مجاورت این سازندها با توالی‌های گروه شمشک، حالت توالی لایه‌های مقاوم و نامقاوم به وجود آمده، که در این صورت لایه‌های مقاوم تحت حالت ۱B طبقه‌بندی رمزی دچار چین خوردگی می‌شوند (Huber 1987, Hudleston & Treagus 2010).

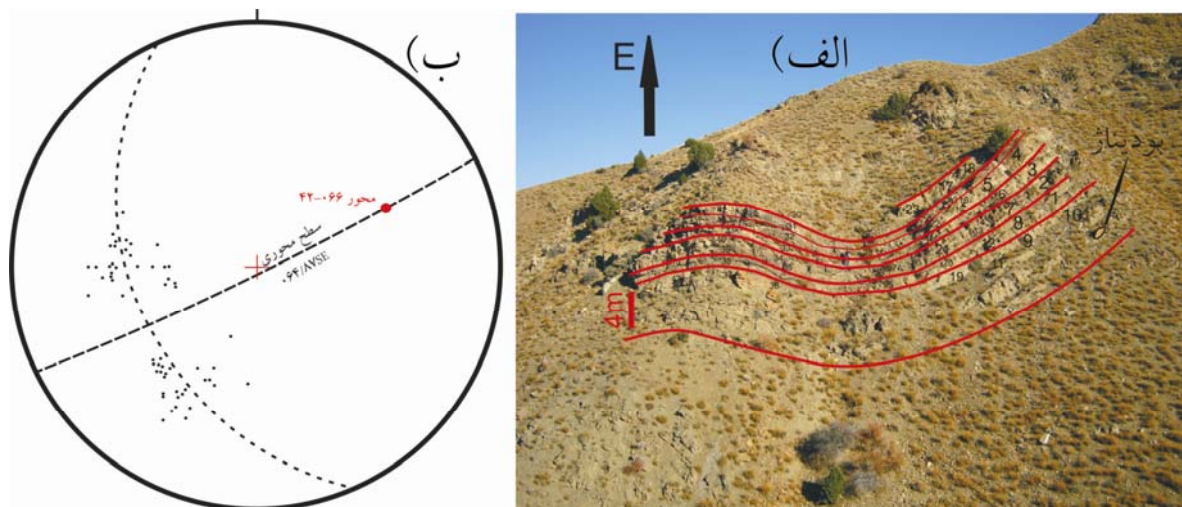
۵-۲- تاقدیس تپال

این تاقدیس به صورت تقریباً هم‌روند با ناودیس تپال و در قسمت

۴-الف) و نشانگرهای ژئوپتال بیانگر واقعی بودن ناودیس هستند. 45/099 و مشخصات یال جنوبی 48/032 است. مشخصات میانگین یال شمالی به صورت (Dip/Dip Direction)



تصویر ۳- الف) نمودار هم‌تراز ناودیس تپال و ب) نمودار نقاط قطبی لایه‌ها برای تاقدیس تپال (به همراه محور و سطح محوری).



تصویر ۴- الف) نمایی از چین Fo1 دید رو به خاور، ب) تصویر استریوگرافیک چین به همراه محور و سطح محوری.

چین، این چین نوع ۱B طبقه‌بندی رمزی را به خود اختصاص داده است (مارشاک و میترا ۱۳۸۱، Ramsay & Huber 1987). ضرایب b1، b3 و b5 بدست آمده بر اساس تحلیل فوریه برای قسمت‌های مختلف چین در جدول ۱ نشان داده شده و با توجه به این ضرایب و نیز تصویر ۸-الف و ۹، این چین در حالت بینابینی گروه-های D1 و E1 قرار داشته و دارای ظاهری با خصوصیات سهمی‌های باز با لولای باریک می‌باشد (Ramsay & Huber 1987, Bastida et al. 2005).

بنابراین زاویه بین یالی (γ) ۸۷ درجه و زاویه چین خوردگی (φ) ۹۳ درجه بوده و چین در طبقه بندی فلوئی جزو چین‌های باز طبقه‌بندی می‌شود (Fleuty 1964). مشاهدات صحرائی و تصویر استریوگرافیک، هر دو بیانگر متقارن و نیمه‌استوانه‌ای بودن ناودیس هستند (مارشاک و میترا ۱۳۸۱، Ramsay & Huber 1987). مشخصات محور 42-066 و مشخصات سطح محوری 064/87SE می‌باشد (تصویر ۴-ب) و چین در گروه چین‌های ایستاده با میل متوسط قرار می‌گیرد (Fleuty 1964). همچنین به دلیل ثابت بودن ضخامت هر لایه در طول مقطع

آمده (جدول ۲)، تصویر ۸-ب را بدست می‌دهد و بنابراین، این چین در گروه E2 با تمایل کمی به سمت حالت جناغی قرار می‌گیرد (Ramsay & Huber 1987, Bastida et al. 2005).

۵-۵- ناودیس Fo3

این چین به صورت یک ناودیس و در بخش شیلی گروه شمشک (شکل ۶-الف) قرار گرفته است. مشخصات یال شمالی به صورت میانگین (Dip/Dip Direction) 79/170 و مشخصات یال جنوبی 41/090 است. بنابراین زاویه بین یالی (γ) ۶۰ درجه و زاویه چین-خوردگی (φ) ۱۲۰ درجه بوده و در طبقه‌بندی فلوتی جزو چین‌های بسته قرار می‌گیرد (Fleuty 1964).

پس از ترسیم داده‌ها بر روی استریونت مشخص شد که چین استوانه‌ای است (Ramsay & Huber 1987). مختصات محور 41-094 و مختصات سطح محوری 122/60NE بدست آمد (تصویر ۶-ب) و بنابراین چین در گروه چین‌های با تمایل و میل متوسط قرار می‌گیرد (Fleuty 1964). به دلیل قرار گرفتن این چین در بخش شیلی (ومقاومت کم شیل نسبت به ماسه‌سنگ) گروه شمشک، به نظر می‌رسد که چین در گروه ۳ طبقه‌بندی رمزی قرار گیرد (Hudleston & Treagus 2010). ضرایب b1, b3 و b5 محاسبه شده برای این چین (جدول ۳) در تحلیل فوریه و تصاویر ۸-ج و ۹ نشان‌دهنده قرار گرفتن این چین در حالت بینابینی D2 و C2 و دارا بودن ظاهری سهمی‌وار تا نیمه بیضی برای چین می‌باشد (Ramsay & Huber 1987, Bastida et al. 2005).

۵-۶- ناودیس Fo4

این چین به صورت یک ناودیس با یک یال برگشته در تناوبی از ماسه سنگ ضخیم لایه و شیل و زغال نازک لایه قرار گرفته است (شکل ۷-الف). مشخصات یال شمالی به صورت میانگین (Dip/Dip Direction) 83/337 و مشخصات یال جنوبی 35/341 است. بنابراین زاویه بین یالی (γ) ۴۸ درجه و زاویه چین‌خوردگی (φ) ۱۳۲ درجه بوده و چین در طبقه بندی فلوتی جزو چین‌های بسته قرار می‌گیرد (Fleuty 1964). پس از ترسیم داده‌های بر روی استریونت مشخص شد که چین استوانه‌ای است (Ramsay & Huber 1987). مختصات محور 07-249 و مختصات سطح محوری 066/66NW بدست آمد و بنابراین چین در گروه نیمه افقی با تمایل زیاد قرار می‌گیرد (تصویر ۷-ب). همچنین ضخامت واقعی لایه‌ها ثابت بوده و چین در گروه ۱B طبقه‌بندی رمزی قرار می‌گیرد (Ramsay & Huber 1987). با توجه به ضرایب b1, b3 و b5 بدست آمده در تحلیل فوریه

جدول ۱- ضرایب بدست آمده توسط محاسبات فوریه برای چین Fo1.

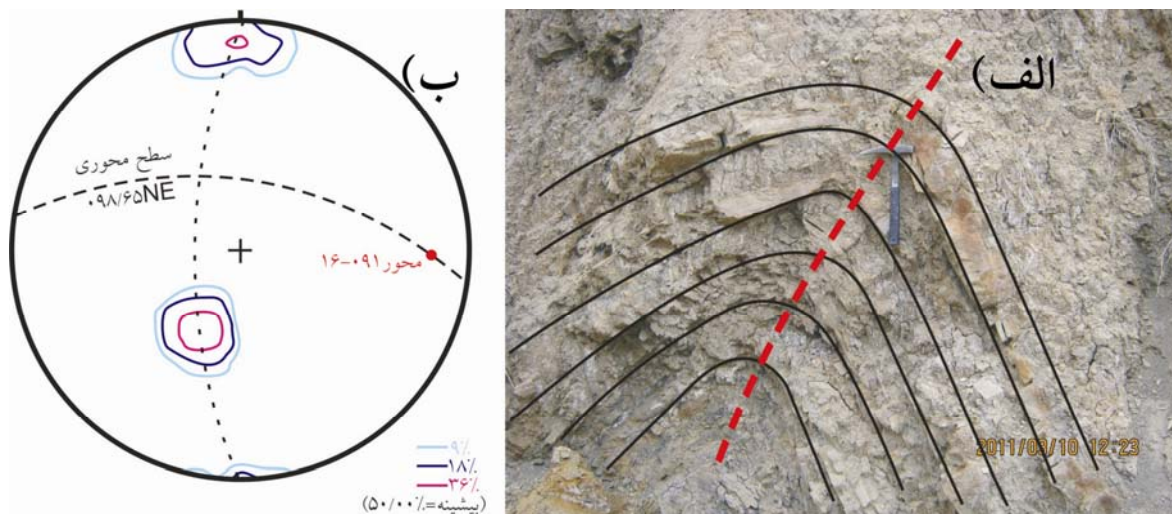
	b ₅	b ₃	b ₁	
۱	+۰/۱۴	-۰/۰۲	۰/۳۱	
۲	+۰/۰۰۶	-۰/۰۱	۰/۴۰	
۳	+۰/۰۰۳	-۰/۰۰۵	۰/۴۹	
۴	-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۳	۰/۴۷	
۵	-۰/۰۱	+۰/۰۰۳	۰/۴۶	
۶	۰۰۰	-۰/۰۲۳	۰/۴۳	
۷	+۰/۰۱۳	-۰/۰۰۲	۰/۴۹	
۸	-۰/۰۰۳۳	+۰/۰۰۳	۰/۴۹	
۹	۰۰۰	+۰/۰۰۳	۰/۳۳	
۱۰	۰۰۰	+۰/۰۰۱	۰/۳۱	
۱۱	+۰/۰۰۱	+۰/۰۱۳	۰/۲۸	
۱۲	۰۰۰	+۰/۰۲۳	۰/۲۳	
۱۳	+۰/۰۰۲	+۰/۰۳۶	۰/۷۵	
۱۴	+۰/۰۰۶	+۰/۰۰۱	۰/۷۱	
۱۵	۰۰۰	-۰/۰۱۶	۰/۶۱	
۱۶	+۰/۰۱۳۳	-۰/۰۰۶۶	۰/۵۸	
۱۷	+۰/۰۰۶۶	+۰/۰۰۳۳	۰/۵۵	
۱۸	+۰/۰۰۳۳	-۰/۰۰۱	۰/۵۰	

۵-۴- تاقدیس Fo2

این تاقدیس در گروه شمشک و به صورت تناوب ماسه‌سنگ با میان لایه‌های شیلی رخ داده است (تصویر ۵-الف). مشخصات یال شمالی به صورت میانگین (Dip/Dip Direction) 31/024 و مشخصات یال جنوبی 80/178 است. بنابراین زاویه بین یالی (γ) ۶۹ درجه و زاویه چین‌خوردگی (φ) ۱۱۱ درجه بوده و چین در طبقه‌بندی فلوتی جزو چین‌های بسته طبقه‌بندی می‌شود (Fleuty 1964). مشاهدات صحرائی و آرایش قطب صفحات در تصویر استریوگرافیک و همچنین قرار گرفتن بیش از ۹۰٪ درصد قطب لایه‌ها از دایره π بیانگر متقارن و استوانه‌ای بودن این چین هستند (مارشاک و میترا ۱۳۸۱، Ramsay & Huber 1987).

مشخصات محور 16-091 و مشخصات سطح محوری 098/65NE می‌باشد (تصویر ۵-ب)؛ بنابراین چین در گروه چین‌های با میل ملایم و سطح محوری با تمایل زیاد قرار می‌گیرد (Fleuty 1964). همچنین به دلیل ثابت بودن ضخامت لایه‌ها در طول مقطع عرضی، چین در طبقه‌بندی رمزی در گروه ۱B قرار می‌گیرد (Ramsay & Huber 1987). تحلیل فوریه انجام شده برای این چین و ضرایب b1, b3 و b5 بدست

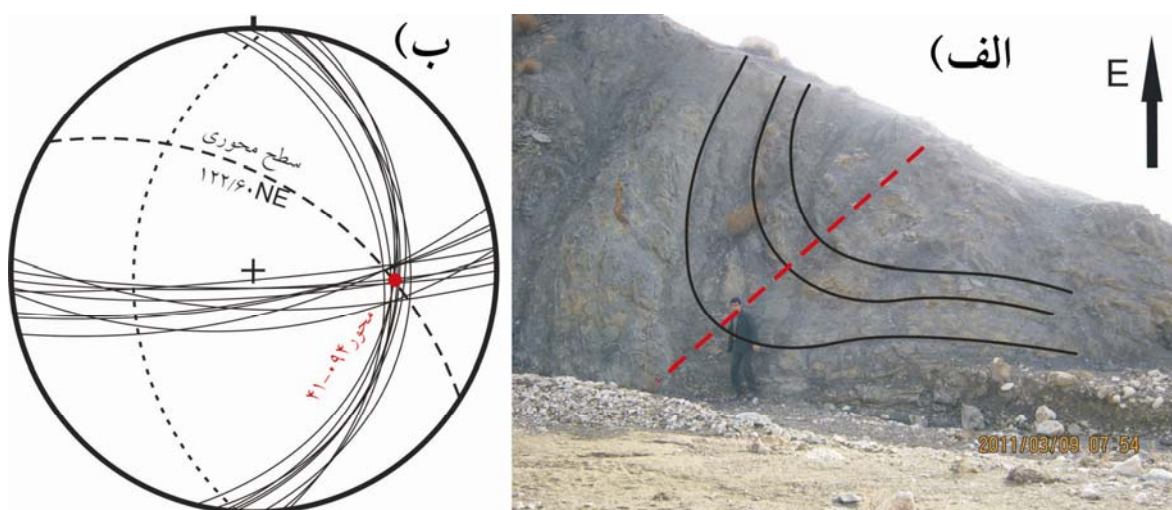
برای چین (جدول ۴) و تصاویر ۸-د و ۹، این چین در حالت بینابینی تا نیمه بیضی با شیب دامنه زیاد قرار می‌گیرد (Ramsay & Huber گروه‌های D3 و C3 قرار گرفته و دارای ظاهری با خصوصیات سهمی (Bastida et al. 2005, 1987).



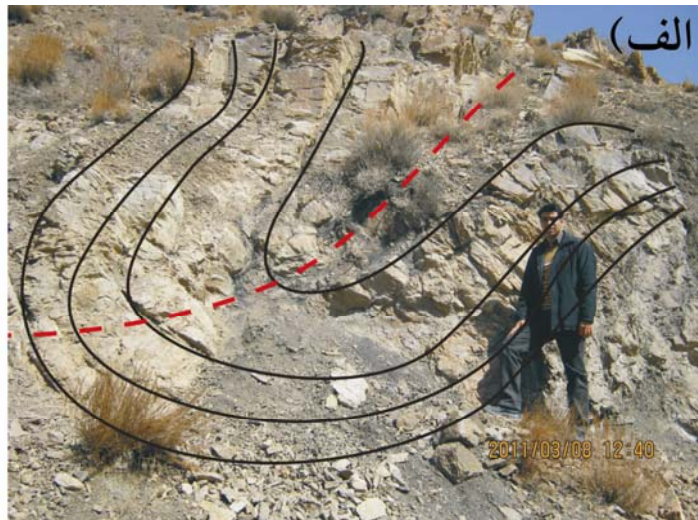
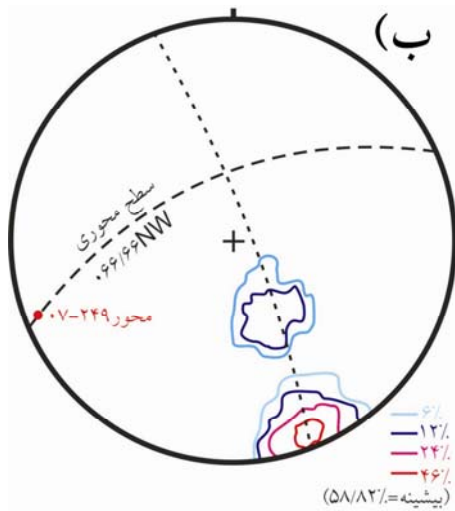
تصویر ۵- الف- نمایی از چین F02 (دید رو به خاور)، و ب- نمودار هم‌تراز مربوط به چین به همراه محور و سطح محوری.

جدول ۲- ضرایب فوریه محاسبه شده برای چین F02.

b_5	b_3	b_1	
-۰/۰۰۳۳	-۰/۰۰۳۳	۰/۰۱	۱
-۰/۰۰۷	-۰/۰۳۳	۱/۱۷	۲
+۰/۰۳۷	-۰/۰۸۷	۱/۳	۳
+۰/۰۱	-۰/۰۱۳	۱/۴۸	۴
+۰/۰۱	-۰/۰۳۷	۱/۶۶	۵
+۰/۱۹	-۰/۰۸۳	۱/۱۶	۶
+۰/۰۱۳	-۰/۰۹۳	۱/۳۵	۷
+۰/۰۳	-۰/۱۲	۱/۳۴	۸
+۰/۰۲	-۰/۱	۱/۳	۹



تصویر ۶- الف- نمایی از چین F03 (دید رو به خاور) و ب- نمودار بتا مربوط به چین به همراه محور و سطح محوری.



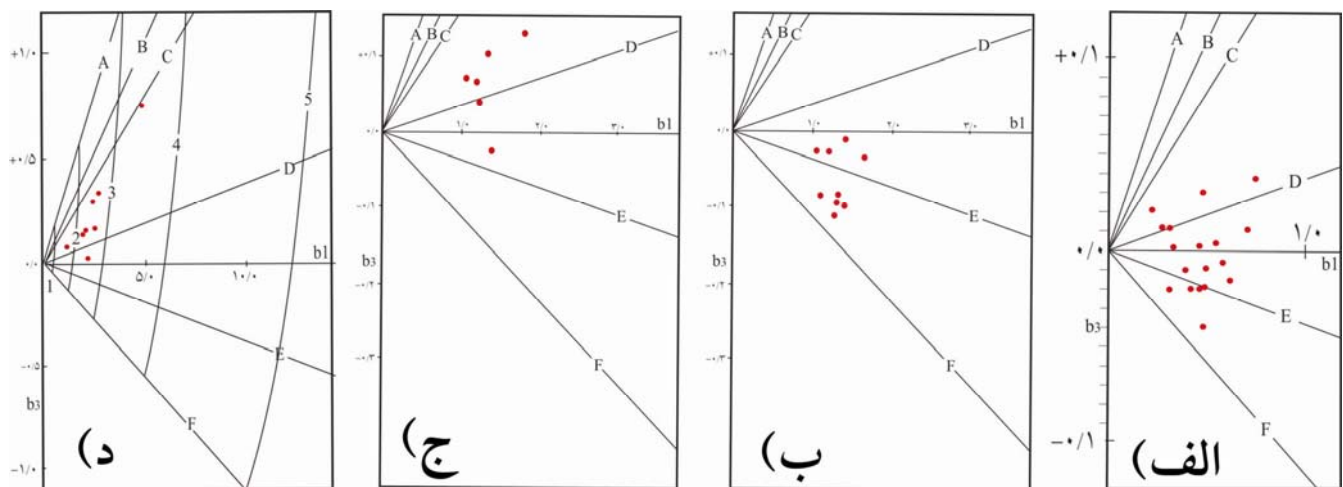
تصویر ۷- الف نمای از چین Fo4 (دید رو به شمال خاوری) و ب- نمودار هم تراز مربوط به چین به همراه محور و سطح محوری.

جدول ۴- ضرایب بدست آمده برای چین Fo4 در محاسبات فوریه.

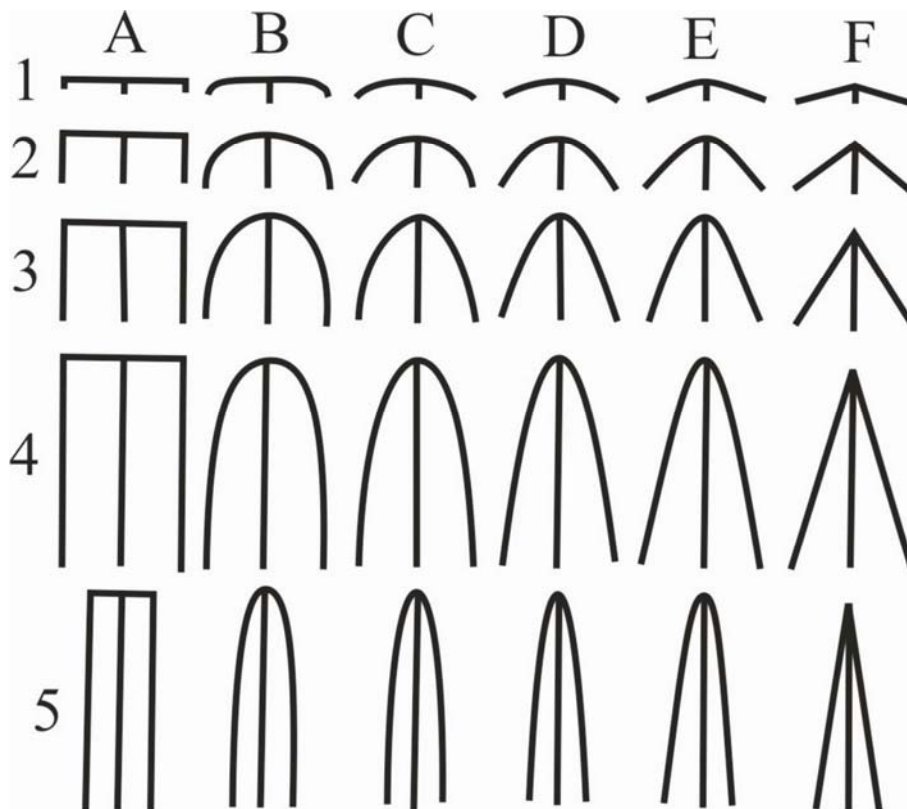
b_5	b_3	b_1	
+۰/۰۴	+۰/۱۴	۱/۹۱	۱
-۰/۰۰۳۳	+۰/۰۲۳	۲/۰۲	۲
+۰/۰۲	+۰/۱۵	۲/۶	۳
+۰/۰۱۳	+۰/۰۶۳	۱/۰۲	۴
+۰/۱۹	+۰/۷۸	۴/۸۲	۵
+۰/۰۵	+۰/۱۴	۱/۹۳	۶
+۰/۱	+۰/۳۵	۲/۷۱	۷
+۰/۰۷	+۰/۳	۲/۳۹	۸

جدول ۳- ضرایب فوریه محاسبه شده برای چین Fo3.

b_5	b_3	b_1	
+۰/۰۱۳۳	+۰/۰۷۳۳	۱/۰۴	۱
+۰/۰۱	+۰/۰۷	۱/۱۹	۲
+۰/۰۱۷	+۰/۰۴	۱/۲۰	۳
+۰/۰۰۷	-۰/۰۲۷	۱/۳۷	۴
+۰/۰۱۷	+۰/۱۰۳	۱/۳	۵
+۰/۰۲۳۳	+۰/۱۱۷	۱/۸	۶



تصویر ۸- اشکال ترسیمی برای پیاده کردن شکل چین (با اقتباس از Ramsay & Hubber 1987)، الف- برای چین Fo1، ب- برای چین Fo2، ج- برای چین Fo3 و د- برای چین Fo4.



تصویر ۹- الگوی چین‌ها با اشکال مختلف جهت استفاده برای تحلیل تصویری توازن (Ramsay & Hubber 1987).

همچنین علاوه بر چین‌های توضیح داده شده چندین چین دیگر نیز مورد تحلیل قرار گرفته‌اند که نتایج آنها در جدول ۵ درج گردیده‌اند.

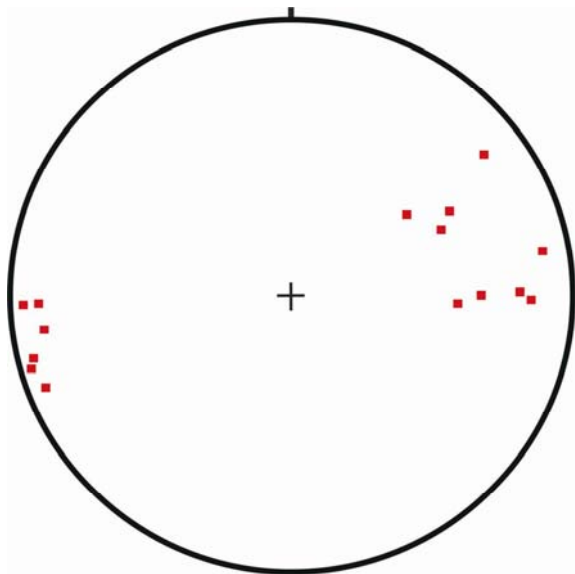
جدول ۵- خصوصیات بدست آمده برای چین‌های موجود در حوزه چین خوردگی تپال.

شماره چین	(γ)	(ϕ)	فشردگی	شکل مقطع	محور	سطح محوری	طبقه‌بندی فلوئی	طبقه‌بندی رمزی
Fo5	90	90	باز	استوانه‌ای	20-089	093/75NE	تمایل زیاد و میل ملایم	B1
Fo6	74	106	باز	نیمه استوانه‌ای	33-090	117/53NE	میل و تمایل متوسط	B1
Fo7	43	137	بسته	نیمه استوانه‌ای	48-054	068/78NW	میل متوسط و تمایل زیاد	C1
Fo8	85	97	باز	استوانه‌ای	10-080	081/85NW	ایستاده نیمه افقی	B1
Fo9	42	138	بسته	نیمه استوانه‌ای	05-268	087/83NW	ایستاده نیمه افقی	B1
Fo10	53	127	بسته	نیمه استوانه‌ای	06-256	076/85NW	ایستاده نیمه افقی	B1
Fo11	119	61	باز	استوانه‌ای	11-268	087/88NW	ایستاده با میل ملایم	B1
Fo12	90	90	باز	نیمه استوانه‌ای	04-254	074/88SE	ایستاده نیمه افقی	B1
Fo13	85	95	باز	نیمه استوانه‌ای	12-262	082/88SE	ایستاده با میل ملایم	B1

۶- بحث

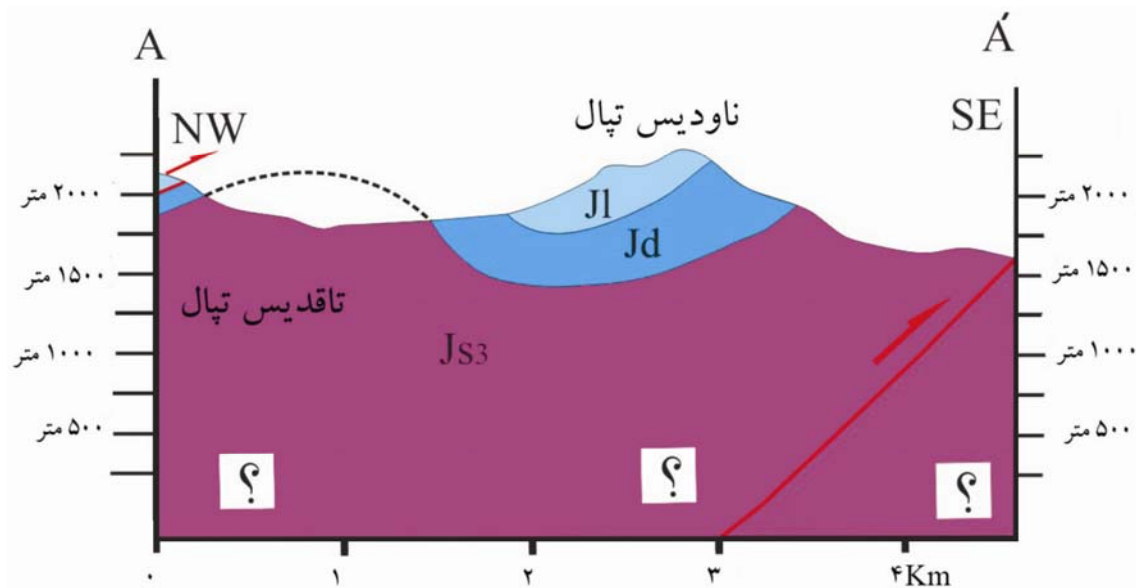
تاقدیس و ناودیس تپال به همراه ریزچین‌های مربوطه هستند. این چین‌ها با داشتن خصوصیات هم‌چون دارا بودن زاویه بین یالی زیاد (چین باز)، میل ملایم تا متوسط و سطح محوری ایستاده، مشخص می‌شوند و از روند کلی گسل‌های اصلی سامانه گسلی شاهرود یا به عبارت دیگر از روند کلی البرز شرقی تبعیت می‌کنند (Hollingsworth

بررسی و تحلیل چین‌های منطقه حاکی از آن است که در این منطقه دو گروه چین وجود دارد (تصویر ۱۰). گروه اول که از نظر سنی قدیمی تر با روند شمال‌خاوری - جنوب‌باختری دارای میل به سمت شمال خاوری هستند. این گروه از چین‌ها بزرگ‌مقیاس بوده و شامل



تصویر ۱۰- تصویر استریوگرافیک مربوط به محور چین خوردگی‌ها در حوزه تپال.

et al. 2010). با توجه به وجود چین خوردگی در سازندهای کرتاسه این چین‌ها از لحاظ زمانی بعد از این دوره تشکیل شده‌اند (تصویر ۱۱). بدین صورت که در آغاز چین‌های میان مقیاس و در ادامه و با بیشتر شدن کوتاه‌شدگی تاقدیس و ناودیس تپال با روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری بوجود آمده‌اند (Treagus & Fletcher 2009, Treagus & Hudleston 2010). گروه دوم چین‌ها تماماً در اندازه میان مقیاس دارای روند خاوری- باختری با میل خیلی ملایم و به هر دو سمت خاور و باختری می‌باشند. سطح محوری تمامی چین‌های فوق رو به شمال می‌باشد. لازم به ذکر است که تمام این چین‌ها در فرادیواره سیستم گسلی آستانه (گسل طزره) (Safari & Gholami 2011) قرار گرفته‌اند و شیب سطح محوری آنها از شیب گسل طزره تبعیت می‌کند.



تصویر ۱۱- مقطع عرضی تهیه شده از چین خوردگی تپال.

راندگی‌های موجود همگی حاکی قرار گرفتن این چین‌ها در گروه چین‌های انتشار گسلی (Fault Propagation Fold) یعنی چین‌های همزمان با گسلش هستند. این مسئله بیانگر آن است که چین‌های فوق (چین‌های دارای روند خاوری- باختری) از نظر تکاملی بعد از چین‌های گروه اول با روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری به وجود آمده‌اند.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از تحلیل‌های انجام شده در پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. بدین وسیله از کلیه اساتید و عزیزانی که

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به داده‌های برداشت شده نتیجه می‌شود که سازوکار ایجاد چین‌های شمال‌خاوری- جنوب‌باختری در نتیجه کوتاه‌شدگی البرز خاوری با روند فشارش شمالی- جنوبی و همچنین عملکرد گسل‌های اصلی سامانه گسلی شاهرود بوجود آمده‌اند. عملکرد گسل‌های اصلی سامانه گسلی شاهرود در نتیجه برخورد صفحه عربی به صفحه اوراسیا بوده است. همچنین موازی بودن محور چین‌های خاوری- باختری با امتداد گسل طزره و راندگی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه و دارا بودن یال پیشانی پرشیب و ناودیس‌های به سمت بیرون در فرادیواره

اینجانبان را در طی عملیات صحرایی، مطالعات و تجزیه و تحلیل‌ها یاری فرمودند مخصوصاً آقای مهندس مهدی هاشمی، مهندس محمدرضا قاسمی و مهندس مجید غلامی سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

- کنگی، ع.، ۱۳۸۶، "تکامل درزه‌ها در رسوبات گروه شمشک (منطقه معدنی طزره)"، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، سال ۳ (۲): ۱۴۴-۱۵۰.
- مارشاک، س.، و میترا، گ.، ۱۳۸۱، "روش‌های اساسی زمین‌شناسی ساختمانی"، ترجمه: پورکرمانی، م.، و معتمدی، ح.، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۵۲۰ ص.
- وزیری، س. ح. و مجیدی‌فرد، م. ر.، ۱۳۷۹، "نقشه زمین‌شناسی شاهرود (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰) همراه با گزارش"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه شماره ۶۹۶۲.
- Bastida, F., Aller, J., Bobillo-Ares, N. C. & Toimil, N. C., 2005**, "Fold geometry: a basis for their kinematical analysis", *Earth-Science Reviews*, Vol. 70 (1-2): 129-164.
- Fleuty, M. J., 1964**, "The description of Folds", *Geological Association Proceeding*, Vol. 75 (4): 461-492.
- Hollingsworth, J., Nazari, H., Ritz, J. F., Salamati, R., Talebian, M., Bahroudi, A., Walker, R., T., Rizza, M., & Jackson, J., 2010**, "Active tectonics of the east Alborz mountains, NE Iran: Rupture of the left-lateral Astaneh fault system during the great 856 A.D. Qumis earthquake", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, B12313.
- Hudleston, P. J. & Treagus, S. H., 2010**, "Information from folds: A review", *Journal of Structural Geology*, Vol. 32 (12): 2042-2071.
- Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1987**, "The Techniques of Modern Structural Geology, Volume 2: Folds and Fractures", *Academic Press*, 391 pp.
- Safari, H. O. & Gholami, M., 2011**, "Tectonic evolution of southern Limb of eastern Alborz, Iran", *International Geoinformatics Research and Development Journal, (Abstracts)*, Vol. 2 (1).
- Treagus, S. H. & Fletcher, R. C., 2009**, "Controls of folding on different scales in multilayered rocks", *Journal of Structural Geology*, Vol. 31 (11): 1340-1349.