الگوی چین‌خوردگی در بخش باختری کمربند چین‌خورده کپه‌داغ (شمال خاور ایران)

امیر نصرالدین پورتقوی [1*]، محسن پورکرمانی [2]، غلامرضا قرابیگلی [3] و شهرام شرکتی [4]

[1] دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[2] استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[3] کارشناس، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران
[4] دکترا، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۰۲

چکیده

کمربند چین‌خورده کپه‌داغ در شمال خاور ایران قرار گرفته است. نیمه جنوبی این کمربند در ایران و نیمه شمالی آن در ترکمنستان قرار دارد. این کمربند از دیدگاه هیدروکربوری به عنوان دومین حوضه مهم ایران به شمار می‌آید. رسوب‌گذاری در این پهنه ساختاری با پیشروی دریای ژوراسیک میانی و شکل‌گیری کافت درون قاره‌ای آغاز و روی رسوبات پالئوزوییک و تریاس به صورت دگرشیب قرار می‌گیرد. این پژوهش با استفاده از گزارش‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های زمین‌شناسی، اطلاعات ژئوفیزیکی موجود و همچنین برداشت اطلاعات در عملیات صحرایی، انجام شده است. در این مطالعه الگوی هندسی چین‌خوردگی در ناحیه بررسی شد. نتایج به دست آمده بیانگر عملکرد دگرشکلی ستبر پوسته (Thick Skin) پس از وارونگی زمین‌ساختی طی فاز کوهزایی پاسادنین و کوتاه‌شدگی در حد ۵ درصد است.

کلیدواژه‌ها: کمربند چین‌خورده کپه‌داغ، وارونگی زمین‌ساختی، کوتاه‌شدگی، دگرشکلی ستبر پوسته

***نویسنده مسئول:** امیرنصرالدین پورتقوی
E-mail: pour_taghavi@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

کمربند کپه‌داغ با روند شمال باختر - جنوب خاور میان صفحه‌های توران از شمال و ایران مرکزی در جنوب قرار گرفته است. این کمربند بیشینه ارتفاعی در حدود ۳۰۰۰ متر از سطح دریا داشته که کم و بیش ۲۰۰۰ متر بالاتر از دشت ترکمن قرار می‌گیرد. کم عرض‌ترین و مرتفع‌ترین بخش این کمربند در بخش خاور و مرکزی آن قرار دارد که به سمت باختر عرض آن بیشتر و در عوض ارتفاع آن کمتر می‌شود تا به سرزمین‌های کم ارتفاع حاشیه جنوب خاوری دریای خزر می‌رسد. این حوضه میان طول‌های جغرافیایی ۵۴ تا ۶۱ درجه خاوری و عرض‌های جغرافیایی ۳۰ /۳۶ تا ۳۹ درجه شمالی قرار گرفته است (Belov, 1981; Alavi, 1991; Jackson et al., 2002; Thomas et al., 1999; Khain, 1994) (شکل ۱).

مجموعه ستبری از رسوبات ژوراسیک - میوسن در این منطقه ته‌نشین شده است (نزدیک به ۱۰ کیلومتر) و همه این سری رسوبات در سمت باختر توسط واحدهای دریایی ستبر پلیوسن پوشیده می‌شوند و این واحدها به سمت خاور به سکانس‌های قاره‌ای با سن مشابه تبدیل می‌شوند (Jackson et al., 2002; Afshar Harb, 1979).

رسوبات شیلی ژوراسیک میانی نقش سطوح گسسته را داشته و بیشتر تاقدیس‌ها روی این افق شکل گرفته‌اند (Jackson et al., 2002). رسوبات ژوراسیک با یک ناپیوستگی زاویه‌دار روی رسوبات پرموتریاس و در برخی نواحی حتی رسوبات کهن‌تر (مقطع نابیا) قرار دارند.

با توجه به اهمیت کپه‌داغ از نظر هیدروکربوری و کشف و تولید هیدروکربور از افق‌های ژوراسیک (سازندهای مزدوران و شوریجه). تله‌های تاقدیسی در این منطقه مورد توجه هستند. هدف از این مقاله با تکیه بر مطالعات صحرایی، اطلاعات چاه و همچنین اطلاعات ژئوفیزیکی شناسایی رفتار مکانیکی واحدهای رسوبی، تأثیر آنها بر الگوی چین‌خوردگی و درک بهتری از سازوکار چین‌خوردگی و میزان کوتاه‌شدگی است.

۲- جایگاه زمین‌شناسی و تاریخچه رسوب‌گذاری

یک دگرشیبی مهم رسوبات پالئوزوییک و تریاس را از رسوبات جوان‌تر جدا می‌سازد. در زمان پالئوزوییک محل کنونی کپه‌داغ بخشی از حاشیه شمالی اقیانوس پالئوتتیس و بخشی از ورق توران بوده است (Alavi, 1991 ;Prozorovshiy, 1985; Davoudzadeh & Schmidt, 1984; Nikishin et al., 2001; Khain ,1994). در مجموع اطلاعات اندکی از موقعیت زمین‌شناسی پالئوزوییک این بخش در دست است.

Thomas et al. (1999) و Ulmishek (2004) نشان دادند که دشت مرغاب که در افغانستان و ترکمنستان گسترش دارد، در زمان پرمین و تریاس کافتی با راستای شمالی -جنوبی گسترش داشته است.

رسوبات پالئوزوییک در بخش ایرانی ناحیه کپه‌داغ تنها در مناطق جنوبی و رسوبات پالئوزوییک زیرین در امتداد جنوبی گسل نابیا و نیز در مسیر جاده بجنورد به اسفراین برونزد دارند. در کپه‌داغ خاوری در رخنمون آق‌دربند نهشته‌های پالئوزوییک بالایی و تریاس در سطح دیده می‌شود که به طور دگرشیب توسط رسوبات ژوراسیک پوشیده شده است.

به طور کلی رسوبات تریاس بالایی و ژوراسیک زیرین - میانی کپه‌داغ (سازند شمشک و سازند باش‌کلاته و معادل آن سازند کشف‌رود) تخریبی هستند. در حوضه کپه‌داغ، پیشروی دریا از باتونین پسین تا کالووین پیشین آغاز شده و به این ترتیب سازندهای چمن‌بید و مزدوران نهشته شده‌اند(Moosavi-harami & Bernner, 1992; Lasemi, 1995; Afshar Harb, 1979) (شکل ۲).

سازند چمن‌بید به صورت هم‌شیب سازند باش‌کلاته را می‌پوشاند و مرز بالایی آن نیز با سازند مزدوران به صورت هم‌شیب پوشیده شده است. محیط رسوبی کلی این سازند حوضه ژرف و شیب فلات قاره (Slope) است. سازند مزدوران با سنگ‌شناسی کربناتی دارای گسترش وسیعی در منطقه کپه‌داغ است و به عنوان سنگ مخزن در کپه‌داغ به ویژه کپه داغ خاوری مطرح است (Afshar Harb, 1979).

رسوبات کرتاسه با ستبرای بسیار زیاد بیشتر در نواحی شمالی حوضه کپه‌داغ نهشته شده‌اند. به باور Afshar Harb (1979) این مسئله بیانگر گسترش یک فروافتادگی با روند تقریبی خاوری- باختری است. ستبرای رسوبات کرتاسه زیرین در کپه‌داغ باختری بیشتر از کپه‌داغ خاوری است و برعکس ستبرای رسوبات کرتاسه بالایی در کپه‌داغ خاوری بیشتر است، همچنین در نواحی شمالی کپه‌داغ ستبرا و تداوم رسوب‌گذاری نسبت به نواحی جنوبی که حاشیه حوضه بوده، بیشتر است.

در ابتدای کرتاسه سازند تبخیری- تخریبی شوریجه در بسیـــاری از نواحی کپه‌داغ نهشته شده، ولی در نواحی باختری سازند زرد که معادل سازند شوریجه است در محیط دریایی نهشته شده است که نشان‌دهنده ژرف‌شدگی حوضه به سمت باختر

است. سازند تیرگان در اثر پیشروی دریا در زمان آپسین پیشین (بارمین پسین؟) در بسیاری از نواحی کپه‌داغ نهشته شده است (شکل ۲). افزون بر تغییرات ستبرای سازند تیرگان در روندهای مختلف، تغییرات سنگ‌شناسی نیز کم و بیش مشهود است. از نظر سنی نیز سن‌های مختلفی برای این سازند ارائه شده‌است (Afshar Harb, 1979). با پیشروی دریا و بالا رفتن سطح آب دریا در آپتین میانی و پسین سازند سرچشمه با سنگ‌شناسی آهک رسی و مارن نهشته شده است. پس از رسوب‌گذاری سازند سرچشمه، سازند سنگانه با سن آلبین نهشته شده است که از شیل‌های یکنواخت خاکستری تیره تا سیاه کمی مایل به سبز تشکیل شده‌است که به‌طور محلی سیلتستون و لایه‌های ناچیزی از ماسه‌سنگ در قاعده دارد. پس از آن سازند آتامیر با سن سنومانین و سنگ‌شناسی شیل و ماسه‌سنگی در کل حوضه رسوب‌گذاری کرده است (شکل ۲).

در طی سنومانین پیشین با آغاز پسروی دریا خط ساحلی به سمت شمال عقب‌نشینی کرده است. در طول این اشکوب شرایط حوضه به صورت پسرونده بوده و رسوبات ماسه‌سنگی در بخش‌های بالایی سازند آتامیر نهشته شده است. به دنبال پسروی عمده در سنومانین، در اثر پیشروی بعدی در تورونین – سنونین رسوبات سازند آبدراز به سن کنیاسین و رخساره آهک چالکی سفید و به دنبال آن سازند آب‌تلخ با سن سانتونین و رخساره آهک رسی تیره تشکیل شده است که با ناپیوستگی روی سازندهای زیرین قرار دارد. این پیشروی احتمالاً از خاور کپه‌داغ به سمت باختر صورت گرفته است. در آغاز مایستریشتین آخرین پیشروی مزوزوییک در ناحیه کپه‌داغ صورت گرفت. تحت تأثیر این پیشروی، دریایی کم ژرفا با رسوب‌گذاری کربناتی منطقه را در بر می‌گیرد که با رسوب‌گذاری سازند کلات مشخص می‌شود. همچنین در همین زمان در بخش‌های از کپه‌داغ خاوری، در زیر سازند کلات سازند تخریبی نیزار تشکیل شده است (Afshar Harb, 1979).

از زمان ژوراسیک حوضه کپه‌داغ باختری همراه با حوضه کاسپین جنوبی در حال فرونشینی بوده و در این مدت دو حوضه به هم مرتبط بوده‌اند، اما در دوران ترشیاری در ناحیه کپه‌داغ و البرز بالاآمدگی رخ می‌دهد، ولی حوضه کاسپین جنوبی همچنان در حال فرونشینی بوده است و ارتباط دو حوضه قطع می‌شود. با بالاآمدگی ناحیه کپه‌داغ در ترشیاری این رسوبات به صورت سیکل‌های پسرونده در داخل ناودیس‌ها نهشته شده‌اند، رسوبات این دوران در کپه‌داغ باختری دارای گسترش کمتری نسبت به کپه‌داغ خاوری است. در حوضه کپه‌داغ نهشته‌های دوران سوم شامل سازندهای پستلیق، چهل‌کمان و خانگیران است. در پالئوسن سازند تخریبی پستلیق تشکیل شده است. گسترش این سازند در کپه‌داغ خاوری بیشتر از کپه‌داغ باختری است.

رسوبات کواترنری در حوضه کپه‌داغ شامل رسوبات تخریبی رودخانه‌ای، لس‌ها و مخروط افکنه‌ها هستند. از گسترده‌ترین رسوبات کواترنری در منطقه مورد مطالعه لس‌ها هستند که در نواحی باختری ناحیه کپه‌داغ مانند تکل‌کوه این رسوبات روی سازند خانگیران قرار دارد. در دشت گرگان نیز نهشته‌های تخریبی جوان خزر تشکیل شده است.

۳- چینه‌شناسی مکانیکی

در ناحیه کپه‌داغ باختری سازند شمشک (معادل کشف‌رود در بخش خاوری) با سن ژوراسیک میانی، دارای رسوبات شیلی- ماسه‌سنگی و میان لایه‌های زغالی است. این سازند به سبب داشتن این رسوبات نقش پایه‌ای در تشکیل افق گسسته اصلی دارد. ستبرای زیاد سازند شمشک که بیش از ۱۸۰۰ متر است که می‌تواند ویژگی شکل‌پذیری آن را تشدید کند (شکل ۳).

ولی افزون‌بر سازند شمشک، سازندهای دیگری نیز توانسته‌اند نقش افق‌های گسستگی میانی و بالایی را داشته باشند. سازند چمن‌بید با رسوبات شیلی خود در خیلی از مناطق توانسته است به عنوان افق گسستگی میانی عمل کند. در ساختمان‌های بزداغ، دنفوزداغ، نابیا و تکل‌کوه شکل نهایی تاقدیس توسط این افق کنترل شده است و می‌توان آن را به عنوان افق گسستگی میانی در نظر گرفت (شکل ۴).

در برخی مناطق مانند جنوب تاقدیس گیفان و یا شمال تاقدیس حاجی‌داغ، چین‌خوردگی‌های کوچک در سازند سرچشمه دیده می‌شود که ژرفای چین‌خوردگی آنها کم به نظر می‌رسد (شکل ۵).

در این تاقدیس‌ها مجموعه سازندهای چمن‌بید، سرچشمه، سنگانه و آتامیر نقش افق‌های گسسته میانی را ایفا می‌کنند. ستبرای این سری در برخی مناطق به ۴۰۰۰ متر می‌رسد و کمترین ستبرای آن چیزی در حدود ۲۰۰۰ متر است رسوبات این سری متشکل از مارن، شیل و ماسه‌سنگ است که قابلیت ایفای نقش سطوح گسستگی را دارد. این سازندها در جنوب منطقه (تاقدیس عرب‌داغ) وجود ندارند. اما در شمال ناحیه تأثیر این افق در شکل‌گیری نهایی چین‌ها کاملاً مشهود است (شکل ۶).

۴- هندسه چین‌خوردگی

ساختمان‌های این ناحیه بیشتر به صورت کشیده و طویل هستند و نسبت طول به عرض آنها بیش از ۳ است (شکل ۱). همچنین این ساختمان‌ها بیشتر در امتداد هم قرار گرفته‌اند و عامل جدایش آنها تنها یک افتادگی زین‌اسبی شکل است که گاه ژرفای قابل توجه و گاه ژرفای کم دارد. بیشتر ساختمان‌های این ناحیه یال شمالی کم‌شیب و یال جنوبی پرشیب دارند ولی ساختمان‌های نزدیک مرز بیشتر متقارن هستند. برای مطالعه الگوی چین‌خوردگی، ۵ مقطع ناحیه‌ای در امتداد عمود بر روند حوضه پیمایش و رسم شد که به ترتیب از خاور به باختر از ۱ تا ۵ نامگذاری شده است، (شکل ۱). طراحی این مقاطع به گونه‌ای انجام گرفت که ساختمان‌های مهم منطقه را پوشش داده و بیشترین اطلاعات سطحی و تحت‌الارضی استفاده شود. برای رسم، اقدام به برداشت اطلاعات شیب و امتداد لایه‌ها، مرز سازندی و اطلاعات گسل‌ها در مسیر مقاطع شد. مقطع شماره ۳ با استفاده از نرم‌افزار Locace 2.4 برای ارزیابی تفسیر، بالانس شد و میزان کوتاه‌شدگی محاسبه شد. کلیه مقاطع به روش Kink رسم شده‌اند.

مقطع ناحیه‌ای تهیه شده شماره ۱ ساختمان‌های گیفان، ناوه باختری، گوزلوداغ، سرچشمه و قره‌کل را قطع می‌کند (شکل ۱ و۷). مقطع ناحیه‌ای شماره ۲ ساختمان‌های غلامان، راز، آقچیل و دونقوزداغ را قطع می‌کند (شکل۸). مقطع ناحیه‌ای شماره ۳ ساختمان‌های کوه پسین، حصارچه، تالو، آق‌چشمه، بزداغ و دنقوزداغ را قطع می‌کند (شکل۹). مقطع ناحیه‌ای شماره ۴ ساختمان‌های خشتی، مراوه‌تپه، حاجی‌داغ، تکل‌کوه و سوقای جنوبی را قطع می‌کند (شکل ۱۰) و بالاخره مقطع ناحیه‌ای شماره ۵ از ساختمان‌های سونگی‌داغ، کرند، کرند جنوبی، حاجی‌داغ ، کرداغ، عرب‌داغ و زاو می‌گذرد (شکل ۱۱).

مقطع شماره ۱: طول موج متفاوت تاقدیس‌ها در این منطقه به وضوح دیده می‌شود. نکته دارای اهمیت دیگر در ارتباط با این مقطع تفاوت در ژرفای ناودیس‌ها است به گونه‌ای که با توجه به رخنمون سازند خانگیران در ناودیس میان تاقدیس‌های گوزلی‌داغ و سرچشمه می‌توان انتظار داشت که این بخش، ژرفای بیشتری نسبت به نواحی مجاور داشته باشد. الگوی تاقدیس‌ها غالباً هندسه‌ای نامتقارن با شیب تندتر به سمت جنوب را نشان می‌دهد. همچنین تاقدیس‌ها در سطح، فرم جعبه‌ای و در افق‌های ژرف فشرده‌تر بوده و به چین‌های جناغی نزدیک می‌شوند (شکل ۷).

شدت چین‌خوردگی و گسلش در بخش جنوبی مقطع نشان می‌دهد میزان کوتاه‌شدگی به سمت جنوب افزایش می‌یابد. تغییر رخساره سازنده شوریجه به زرد در امتداد این مقطع قابل مشاهده است و چنین به نظر می‌رسد که این تغییر رخساره تأثیر چندانی بر هندسه چین‌خوردگی نداشته است. با استناد به تغییرات ستبرای سازندها همان گونه که در شکل مشخص است ستبرای سازندها در بخش جنوبی مقطع بیشتر بوده است که این امر با افزایش نسبی طول موج تاقدیس‌ها همراه شده است.

گفتنی است همه مقاطع تا دگرشیبی زیر سازند شمشک رسم شده‌اند. در زیر این دگرشیبی به دلیل تحمل یک فاز کوهزایی قدیمی‌تر در زمان تریاس امکان پیش‌بینی هندسه چین‌خوردگی بر پایه اطلاعات سطحی میسر نیست.

مقطع شماره ۲: دراین مقطع به طرز چشمگیری از شدت گسلش امتداد لغز کاسته شده است و نیز کماکان طول موج تاقدیس‌ها متفاوت بوده و نشان‌دهنده عملکرد افق‌های متعدد گسستگی در چین‌خوردگی است. عدم تقارن تاقدیس‌ها سمت یکسانی نداشته و بر خلاف مقطع شماره ۱ سمت تقارن‌ها متفاوت است (شکل ۸).

نکته مهم در مورد این مقطع، طول موج تاقدیس غلامان است که عدم تقارن بسیار شدید داشته و همچنین طول موج بسیار بزرگ آن (حدود ۲۰ کیلومتر) با ستبرای سری رسوبی همخوانی نشان نمی‌دهد. این تاقدیس از نظر ابعاد شباهت زیادی به تاقدیس‌های force fold دارد.

مقطع شماره ۳: این مقطع نیز بر پایه اطلاعات سطحی رسم شده است. ژرف‌شدگی قابل توجهی از سمت جنوب به سمت شمال مقطع و افزایش ستبرای سازنده آتامیر چشمگیر است. در بخش شمالی اطلاعات مستندی از ستبرای سازنده‌های ژرفی در دست نبوده و مقطع تنها بر پایه ثابت بودن ستبرا رسم شده و بنابراین به دلیل حفظ این ستبرای ثابت، ژرف‌شدگی پی‌سنگ منطقه که به عبارتی می‌توان آن را رسوبات زیر دگرشیبی ژوراسیک در نظر گرفت اجتناب‌ناپذیر بوده است (شکل ۹).

این مقطع به عنوان مقطع شاهد مورد موازنه‌سازی با نرم‌افزار locace قرار گرفت. کاهش طول سازنده مزدوران نسبت به افق‌های سطحی در مقطع موازنه شده است (شکل ۱۲). نشان می‌دهد هندسه ژرفا، به احتمال پیچیده‌تر از آنچه در مقطع نشان داده شده است، می‌باشد و گسلش راندگی در هندسه تاقدیس‌ها دور از انتظار نیست. عدم همخوانی طول در سازند شمشک ناشی از عملکرد این افق به عنوان افق گسستگی است.

مقطع شماره ۴: در این مقطع مجدداً عملکرد قابل توجه گسلش امتدادلغز به چشم می‌خورد، با این تفاوت که امتداد این گسل‌ها به موازات تاقدیس‌ها بوده و به صورت طولی با راستای شمال خاور- جنوب باختر گسترش دارند. از جمله مهم‌ترین این گسل‌ها گسل مراوه‌تپه است که افت قابل توجهی در شمال آن و گسترش سازنده آتامیر به چشم می‌خورد (شکل ۱۰).

کاهش ستبرا و در نهایت از میان رفتن سازندهای سرچشمه و سنگانه به سمت جنوب و ته‌نشست رسوبات سازند آتامیر روی سنگ‌آهک تیرگان احتمالاً نشان از بالا بودن این بخش از حوضه در زمان رسوب‌گذاری است. نکته مهم دیگر در این مقطع، ناودیس‌های متعددی در حد فاصل تاقدیس‌ها، با سنین مختلف است که نشانگر رسوب‌گذاری همزمان با آغاز حرکات چین‌خوردگی است. با توجه به سن سازند پستلیق می‌توان عنوان کرد که احتمالاً چین‌خوردگی در این ناحیه در زمان پالئوسن صورت پذیرفته است.

مقطع شماره ۵: در مقطع پنجم نکته مهم، تغییر ژرفای ناودیس‌ها و افزایش طول موج چین‌ها از سمت جنوب به سمت شمال مقطع است (شکل ۱۱). این امر احتمالاً با افزایش ستبرای سازندها قابل توجیه باشد که به طور قابل توجهی در شمال تاقدیس به دلیل حضور سازندهای جوان‌تر از ژوراسیک به چشم می‌خورد.

۵- کوتاه‌شدگی افقی

برای محاسبه مقدار کوتاه‌شدگی، مقطع شماره ۳ که کمترین تأثیر گسلش امتدادلغزی را دارد، موازنه شده است. کار موازنه‌سازی این مقطع توسط نرم‌افزار لوکاس (Locace) انجام گرفت و مدل پیش از چین‌خوردگی آن به دست آمد (شکل ۱۱). مقدار کوتاه‌شدگی ۵ درصد محاسبه شد که با مقدار کوتاه‌شدگی در دزفول ۶ درصد (Sherkati et al., 2006) قابل مقایسه است. اختلاف طول سرسازند شمشک و باش‌کلاته به دلیل عملکرد این افق به عنوان افق گسسته قابل صرفنظر است. علت کم بودن مقدار کوتاه‌شدگی ممکن است به دلیل عدم پوشش کامل مقطع از گستره کمربند چین‌خورده باشد.

۶- بحث

الگوی هندسی چین‌خوردگی در ناحیه کپه‌داغ از جمله مواردی است که کمتر در مورد آن بحث شده است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که میزان کوتاه‌شدگی در کپه‌داغ دست‌کم حدود ۵ درصد است. این مقدار کوتاه‌شدگی در مقایسه با کمربند کوهزایی زاگرس با بخش پیشانی آن که کوتاه‌شدگی حدود ۶ درصد نشان می‌دهد (Sherketi et al., 2006) قابل مقایسه است. بنابراین انتظار نمی‌رود که تاقدیس‌ها در ناحیه کپه‌داغ پیچیدگی ساختاری قابل توجهی در ارتباط با کوتاه‌شدگی داشته باشند. بررسی مقاطع ناحیه‌ای نشان می‌دهد که با وجود میزان کوتاه‌شدگی به نسبت اندک، تنوع ساختاری قابل توجهی در منطقه به چشم می‌خورد که از جمله آنها می‌توان به تفاوت طول موج تاقدیس‌ها و تفاوت ژرفای ناودیس‌ها اشاره کرد.

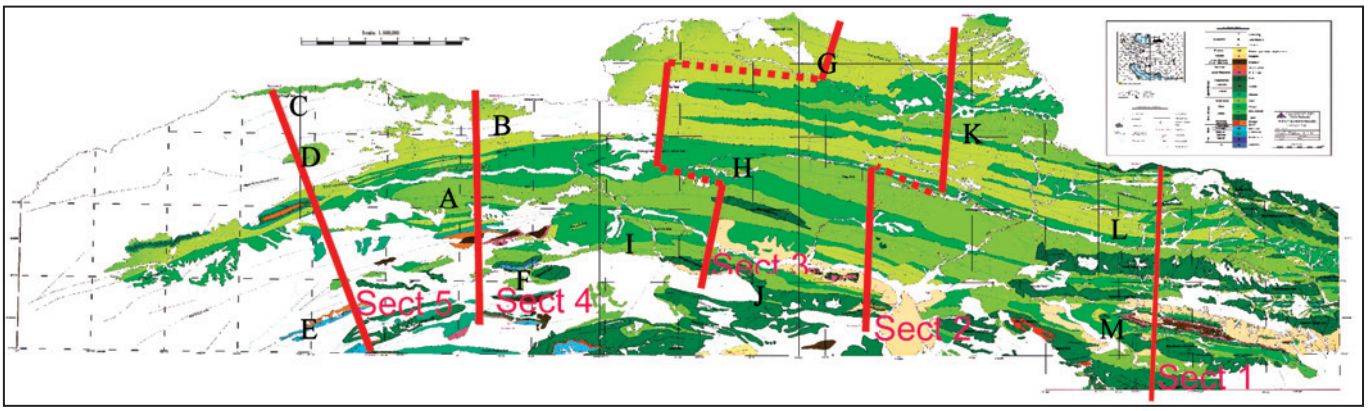
عوامل مؤثر در تغییر طول موج تاقدیس‌ها را در ۳ عامل کنترل‌کننده می‌توان تشریح کرد: ۱) عملکرد افق‌های گسسته میان که با وجود کوتاه‌شدگی اندک در هنگام چین‌خوردگی فعال شده و تا حدودی هندسه چین‌خوردگی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، از جمله این تأثیرات می‌توان به گسترش تاقدیس‌های اقماری اشاره کرد.
۲) عامل دوم تغییر طول موج تاقدیس‌ها، تفاوت ستبرای توالی رسوبی در نقاط مختلف حوضه است. برای نمونه در مقطع شماره ۵ افزایش ستبرای سری رسوبی به سمت شمال تاقدیس کرداغ احتمالاً با تغییر ابعاد تاقدیس‌ها همراه بوده است.
۳) عامل سوم در تغییر طول موج تاقدیس‌ها، عملکرد احتمالی گسل‌های بزرگ زاویه در ژرفا و گسترش تاقدیس‌های force fold مانند تاقدیس غلامان است. اختلاف ژرفای ناودیس‌ها در منطقه که در مقاطع مختلف مشهود است احتمالاً در ارتباط نزدیک با عملکرد گسل‌های امتدادلغز و با خاستگاه ژرف باشد.

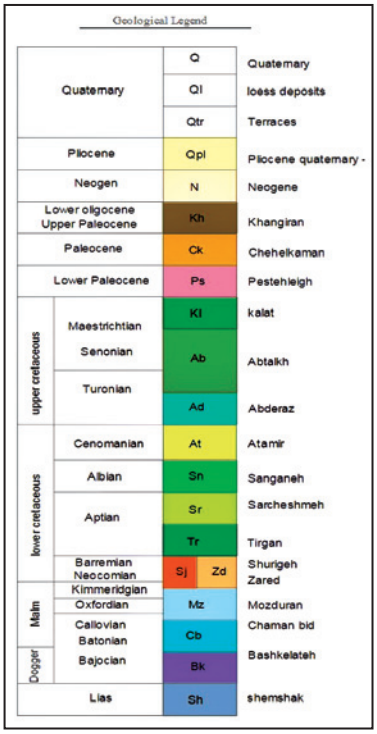
گسل‌های امتدادلغز در ناحیه به دو دسته قابل تقسیم‌بندی هستند؛ دسته اول که راستای شمال باختر ـ جنوب خاور از خود نشان می‌دهند احتمالاً گسل‌های جوانی هستند که پس از آغاز چین‌خوردگی شکل گرفته‌اند. این دسته از گسل‌ها به صورت عرضی تاقدیس‌ها را قطع کرده و گاه اختلاف ژرفای اندکی در میان ناودیس‌ها سبب شده‌اند. ولی دسته دوم که اهمیت بیشتری دارند گسل‌های طولی و به موازات تاقدیس‌ها هستند که در بخش باختری کپه‌داغ راستای شمال خاور ـ جنوب باختر دارند. این گسل‌ها غالباً با تغییرات ستبرای قابل توجهی دست‌کم در سازندهای سرچشمه، سنگانه و آتامیر همراه هستند و چنین به نظر می‌رسد که در زمان رسوب‌گذاری در حوضه کارساز بوده‌اند. این دسته از گسل‌ها اختلاف قابل توجهی در ژرفای ناودیس‌ها را سبب شده و در پی آن با تغییر ستبرای سری رسوبی موجب تغییر طول موج و ابعاد تاقدیس‌ها شده‌اند. احتمالاً سازوکار این گسل‌ها در زمان رسوب‌گذاری مؤلفه چیره کششی داشته و با حاکم شدن نیروهای فشارشی بر منطقه تغییر یافته است.

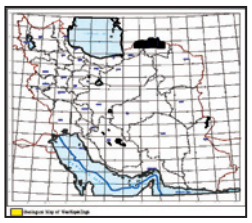
۷- نتیجه‌گیری

مقدار کوتاه‌شدگی در بخش باختری کپه‌داغ با استناد به مقاطع تهیه‌شده دست‌کم حدود ۵ درصد برآورد شده است. سازندهای شمشک، چمن‌بید، سرچشمه و سنگانه با توجه به ماهیت شیلی و مارنی خود به عنوان افق‌های گسسته عمل کرده و هندسه تاقدیس‌ها را تحت تأثیر قرار داده‌اند. هندسه دگرشکلی در زیر دگرشیبی ژوراسیک در رسوبات پالئوزیک و تریاس بر پایه اطلاعات سطحی قابل پیش‌بینی نیست.

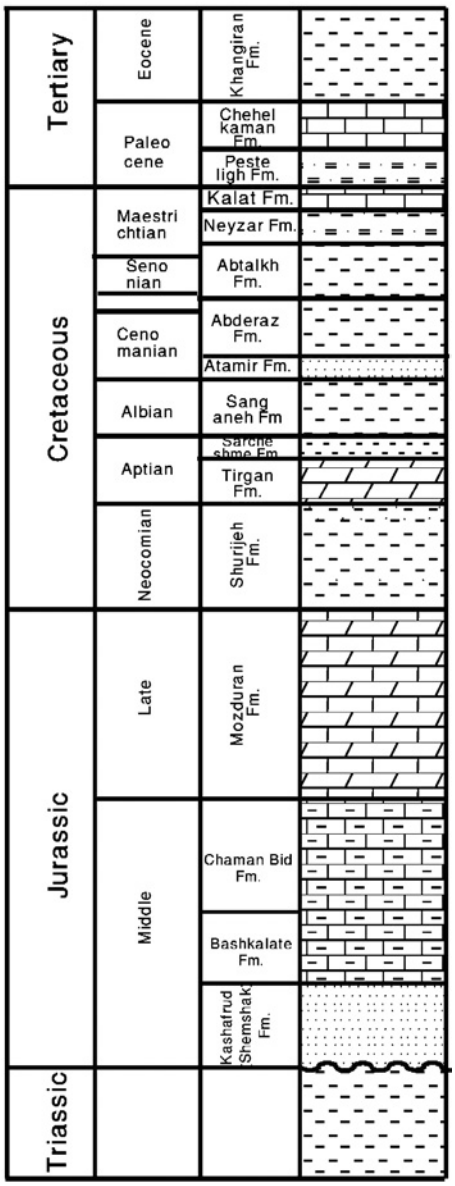
گسل‌های امتدادلغز با دو راستای شمال باختر- جنوب خاور در بخش خاوری منطقه مورد مطالعه و شمال خاور ـ جنوب باختر در بخش باختری کپه‌داغ دیده می‌شوند. دسته اول گسل‌هایی هستند که به صورت عرضی تاقدیس‌ها را قطع کرده و تغییرات ستبرای قابل توجهی در رسوبات پیرامون آنها به چشم نمی‌خورد. ولی دسته دوم نسبت به موقعیت تاقدیس‌ها حالت طولی داشته و تغییرات ستبرای قابل ملاحظه رسوبی در دو طرف آنها دیده می‌شود. شکل هندسی تاقدیس غلامان با فرم نامتقارن و طول موج نزدیک به ۲۰ کیلومتر امکان شکل‌گیری در ارتباط با گسلش پی‌سنگی و سازوکار force fold را در منطقه محتمل نشان می‌دهد.



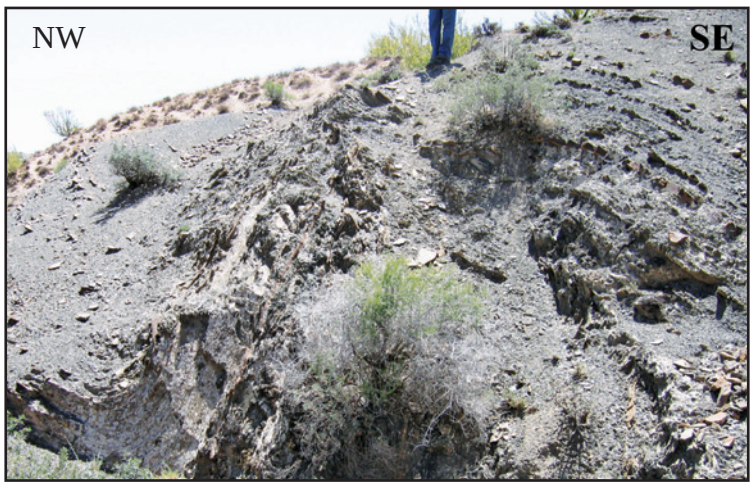




شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ناحیه کپه‌داغ باختری. این نقشه گویای جوان‌تر شدن بیرون‌زدگی سازندی از جنوب به سمت شمال است. این نقشه به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده است. موقعیت مقاطع رسم شده روی نقشه زمین‌شناسی تهیه شده در کپه‌داغ باختری (A: حاجی‌داغ، B: خشتلی، C: سوئنگی‌داغ، D: کرند، E: عرب‌داغ، F: تکل کوه، G: کوه پسین، H: راز، I: بز داغ، J: دونقوز داغ، K: غلامان، L: گیفان، M: سرچشمه) (قرایگلی و همکار، ۱۳۸۸)

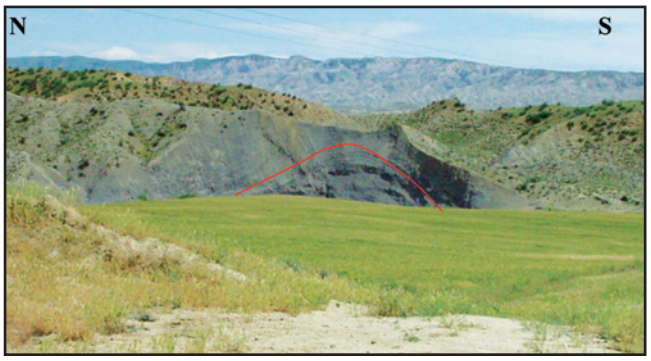


شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازندهای مزوزوییک و سنوزوییک ناحیه کپه‌داغ

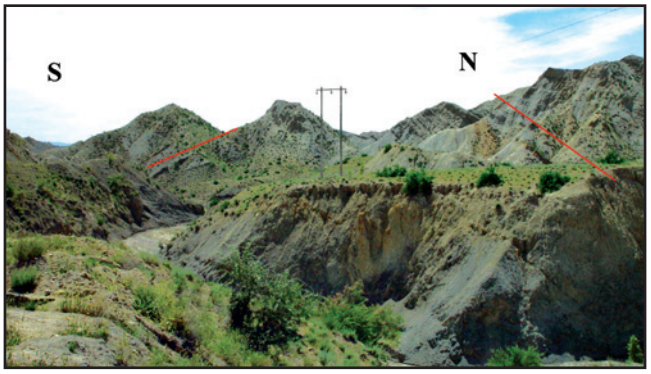


شکل ۳- چین‌خوردگی‌های فرعی در سازند شمشک در تاقدیس نابیا در جنوب تاقدیس دونقوز داغ (دید به سمت شمال خاور)

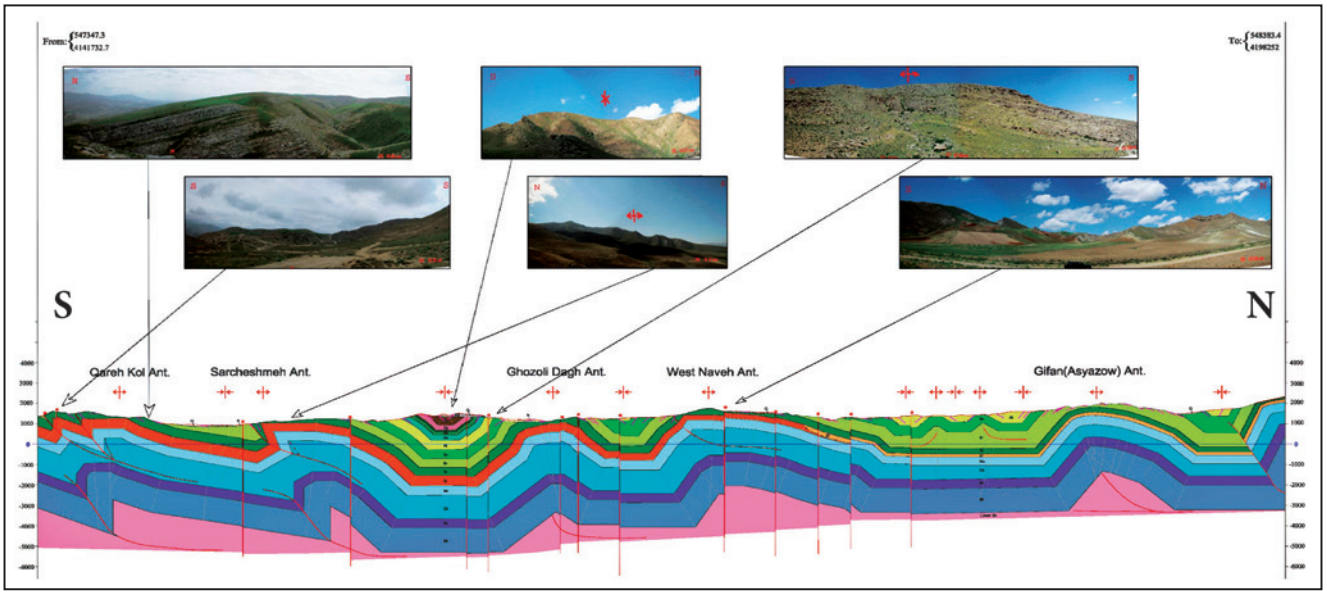
شکل ۴- چین‌های فرعی در سازند چمن‌بید در یال شمالی تاقدیس نایبا. این شواهد نشانه شکل‌پذیر بودن این افق و نقش آن در شکل‌گیری ساختارهای اقماری پیرامون ساختارهای اصلی است (دید به سمت جنوب).



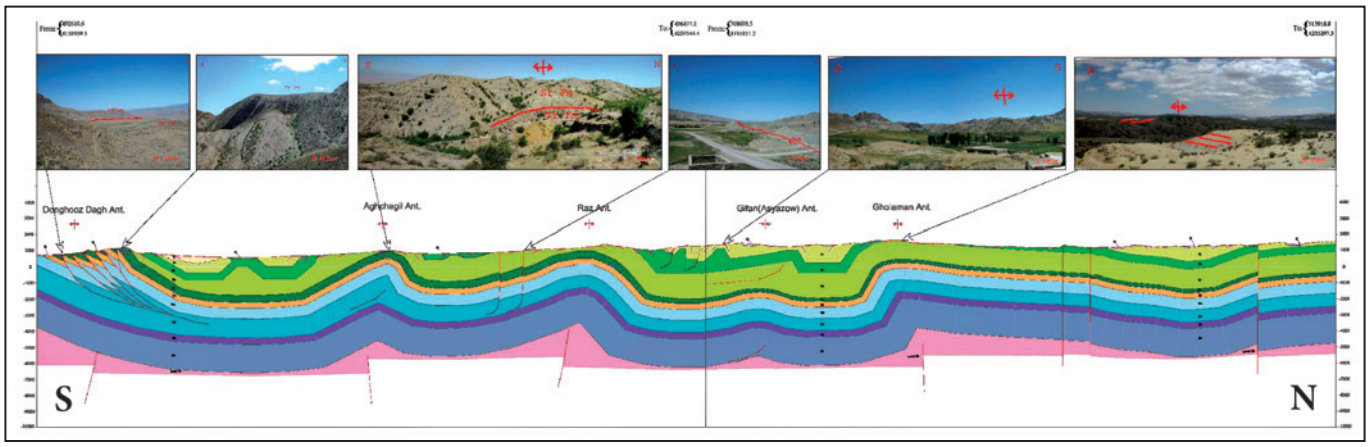
شکل ۵- چین‌خوردگی سطحی در سازند سرچشمه- شمال تاقدیس حاجی‌داغ. ابعاد تاقدیس نشان می‌دهد فرم تاقدیسی تا قاعده سری رسوبی گسترش نداشته و احتمالاً در افق سرچشمه خاتمه می‌یابد (دید به سمت خاور).



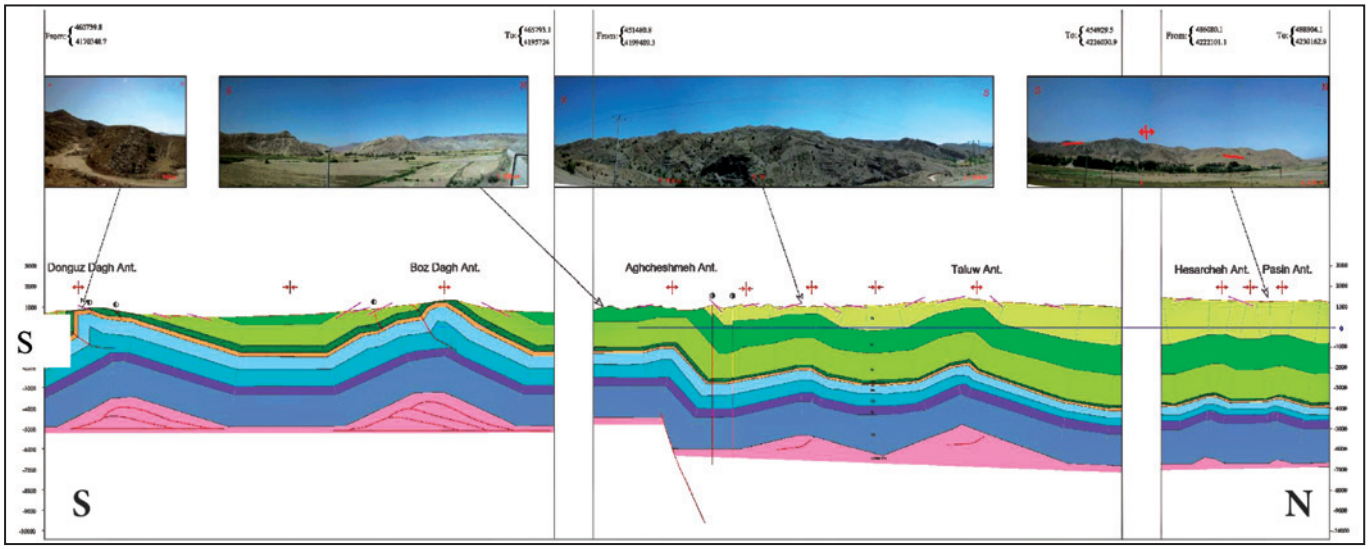
شکل ۶- چین‌خوردگی سطحی در شمال تاقدیس حاجی‌داغ به‌گونه‌ای که ژرفای چین‌خوردگی در آن به افق گسستگی بالایی (مجموعه سازندهای سرچشمه، سنگانه و آنامیر) محدود می‌شود (دید به سمت باختر).



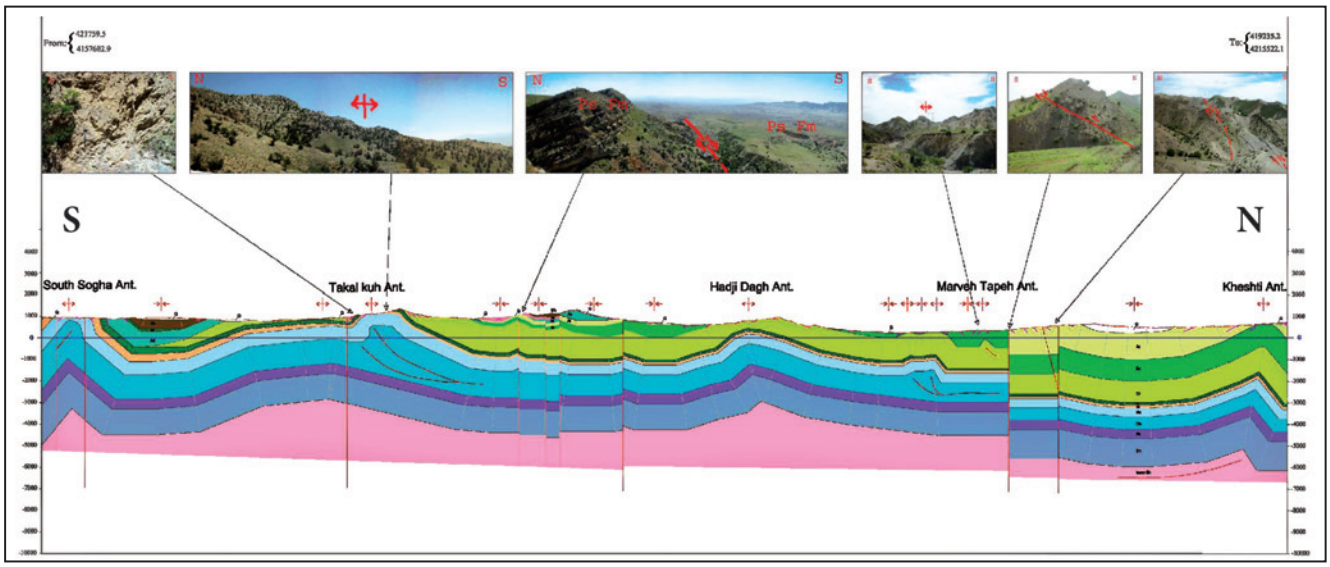
شکل ۷- مقطع شماره ۱ که تا افق تریاس رسم شده است، تصاویر بالای مقطع از محل‌هایی که نشان داده شده تهیه شده است. افق گسستگی اصلی سازند شمشک و افق‌های بالایی چمن‌بید و مجموعه سازندی سرچشه، سنگانه و اتامیر است. گسل‌های امتدادلغز زیادی در این مقطع فعال بوده‌اند که در شکل رسم شده‌اند. مقدار تغییر شکل از جنوب به سمت شمال کمتر می‌شود. همان‌گونه که در جنوب تاقدیس گیفان دیده می‌شود عملکرد افق گسستگی بالایی با ایجاد ریزچین‌هایی با ژرفای چین‌خوردگی سازند سرچشمه نمایان است. در این مقطع تغییر رخساره سازند شوریجه در جنوب به سازند زرد در شمال نشان داده شده است.



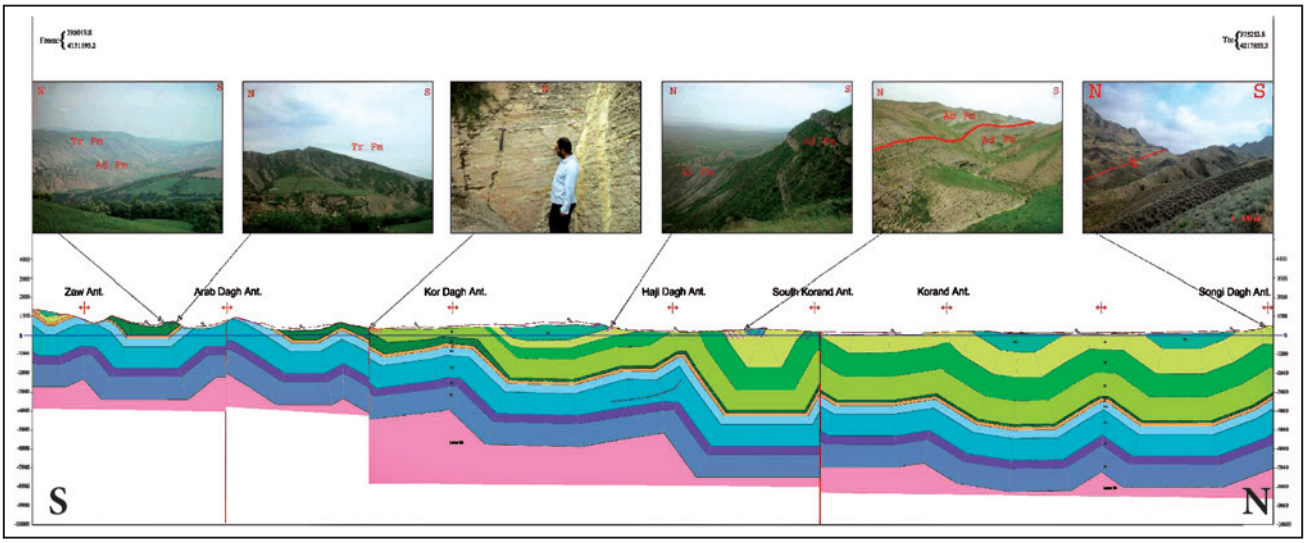
شکل ۸- مقطع شماره ۲ که تا افق تریاس رسم شده افق گسستگی اصلی سازند شمشک و افق‌های بالایی چمن‌بید و مجموعه سازندی سرچشه سنگانه و اتامیر است. کاهش ستبرای سازند سرچشمه از شمال به جنوب کاملاً مشهود است. گسلش در تاقدیس دونقوز داغ در انتهای جنوبی مقطع باعث تکرار در سازندهای زرد و تیرگان شده است.



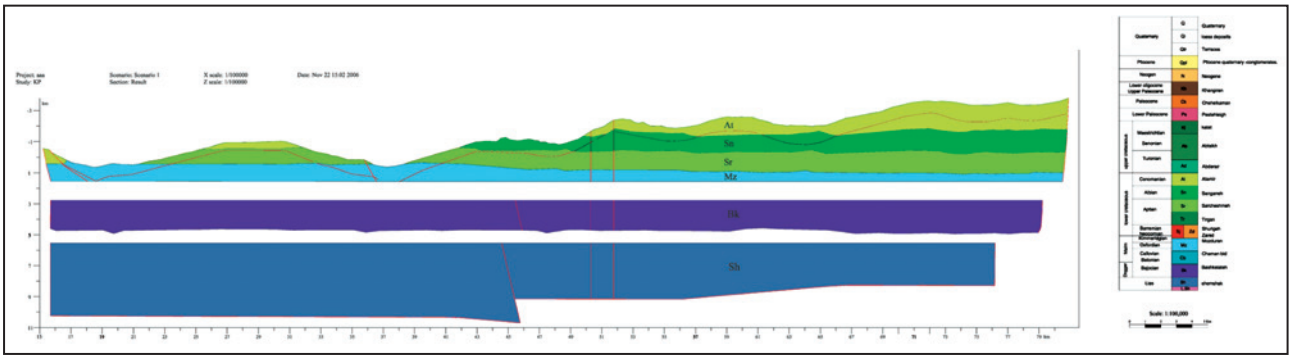
شکل ۹- مقطع شماره ۳ که در سه بخش رسم شده است و جابه‌جایی برای گرفتن بهترین مسیر بوده است. همان‌گونه که دیده می‌شود از جنوب به سمت شمال ستبرای سازندها زیاد می‌شود. عملکرد افق چمن‌بید به عنوان افق گسستگی میانی در تاقدیس‌های بز داغ و دونقوز داغ باعث شکل‌گیری فرم کنونی چین شده است. ابعاد تاقدیس‌ها به سمت شمال کمتر می‌شود.



شکل ۱۰- مقطع شماره ۴ نیز گویای افزایش ژرفای حوضه به سمت شمال است و گسل‌های مهم منطقه ژرفای حوضه را کنترل کرده‌اند. جابه‌جایی محور ناودیس در شمال تاقدیس تکل‌کوه گویای ایجاد حوضه پشته خوکی (رسوب‌گذاری همزمان با چین‌خوردگی) در این ناحیه است. ابعاد تاقدیس‌ها به سمت شمال کوچک‌تر می‌شود.



شکل ۱۱- مقطع شماره ۵ نیز گویای افزایش ژرفای حوضه به سمت شمال است و گسل‌های مهم منطقه ژرفای حوضه را کنترل کرده‌اند. مقدار تغییر شکل به سمت شمال که مرکز حوضه بوده است کمتر می‌شود و ابعاد تاقدیس‌ها به سمت شمال بیشتر می‌شود. فعالیت افق چمن‌بید به عنوان افق گسستگی میانی در انتهای باختری تاقدیس حاجی‌داغ نمایان است.



شکل ۱۲- وضعیت پیش از چین‌خوردگی در امتداد مقطع شماره ۳ که توسط نرم‌افزار Locace 2.0 بالانس شده است. کاهش طول قابل توجه سازندهای شمشک و باش‌کلاته به واسطه عملکرد آنها به عنوان افق گسسته زیرین است.

کتابنگاری

قرابیگلی، غ. و آریافر، ا.، ۱۳۸۸- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ناحیه کپه داغ

References

Afshar Harb, A., 1979- The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kopet Dagh region, northern Iran. PHD thesis, Imperial college , London , 316 PP.

Alavi, M.,1991 - Sedimentary and structural characteristics of the paleo- Tethys remnants in northeastern Iran. Geological society of America Bulletin 103,983 – 992.

Belov, A. A., 1981- Tectonic history of the Alpine fold belt in the Paleozoic Nauka, Moscow. In Russian.

Davoudzadeh, M. & Schmidt, K., 1984- A review of the Mesozoic paleogeography and paleotetonic evolution of Iran. Neues Jahrbuch fuer Geologie und palaontologie, A Abhandlungen 168, 182 – 207.

Jackson, J., Priestley, K., Allen, M. & Jachson, M., 2002- Active tectonics of the south Caspian basin. Geophysics J. Int. 148, 214-245.

Khain, V. E., 1994- Geology of the northern Evrasia (ex- USSR).Second parts of the geology of the USSR.Phanerozoic fold Belts and young platforms. Gebruder Borntraeger, Berlin. 390 PP .

Lasemi, Y., 1995- Platform carbonates of the Upper Jurassic Mozduran Formation in the Kopet Dagh basins NE Iran – facies, palaeoenvironments and sequences. Sedimentary Geology 99, 151-164.

Moussavi-Harami, R. & Brenner, R. L., 1992- Geohistory annlysis and petroleum reservoir characteristics of lower etaceous (Neocomian) sandstones, eastern kopet – Dagh basin, northeastern Iran. American Association of petroleum Geologists Bulletin 76, 1200 – 1208.

Nikishin, A., Ziegler, P. A., Panov, P. I., Nazarevich, B. P., Brunet, M. F., Stephenson, R. A., Bolotov, S. N., Korotaev, M. V. & Tikhomiror, P. L., 2001- Mesozoic and Cenozoic evolution of the Scythian platform – Black sea – cavcasusus domain. In Vol . 186, PP-295-346.

Prozorovskiy, V. A., 1985- Role of kimmerian movements in structural development of west – central Asia. Geotectonics 19, 491- 496 .

Sherkati, S., Letouzey, J. & Frizon de Lamotte, D., 2006- Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation, and sandbox modeling. Tectonics, 25, doi: 10.1029/2004TC001766.

Thomas, J. C., Grasso, J. R., Bossu, R., Martinod, J. & Nortaev, B., 1999- Recent deformation in the Turan and south Kazakh platforms, western central Asia , and its relation to Arabia – Asia and India – Asia collisions. Tectonics 18 201-214.

Ulmishek, G. F., 2004- Petroleum, Geology and resources of the Amu – Darya Basin, Turkmenistan, Vzbekistan Afghanistan, and Iran. U.S. geological survey Bulletin 2201- H.

Folding Style in Western Kopet Dagh Region (Northeast of Iran)

A. N. Pourtaghavi [1*] , M. Pourkermani [2] , G. R. Gharabeigli [3] & S. Sherkati [4]

[1] Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[2] Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[3] Master, National Iranian Oil Co. Exploration Directorate, Tehran, Iran
[4] Ph. D., National Iranian Oil Co. Exploration Directorate, Tehran, Iran

Received: 2011 May 31 Accepted: 2011 November 23

Abstract

The western part of Kopet Dagh fold belt is located in NE of Iran. The southern half of this belt is located in Iran and the northern half in Turkmenistan. The Kopet Dagh fold belt can be considered as the second important hydrocarbon province of Iran. Sedimentation in this zone began in Middle Jurassic due to the intercontinental rifting. The Middle Jurassic sediments lay unconformably on the Paleozoic and Triassic sediments. The geometric pattern of the folds has been studied based on the field work, geological maps, and geophysical data. The results show a thick skin deformation with shortening of about 5% during the tectonic inversion caused by the Pasadenian orogeny phase, which governing the deformation of the region.

Keywords: Kopet Dagh Fold Belt, Tectonic Inversion, Shortening, Thick Skin Deformation

For Persian Version see pages 153 to 160

*Corresponding author: A. N. Pourtaghavi; E-mail: pour_taghavi@yahoo.com