بهار ۹۵، سال بیست و پنجم، شماره ۹۹، صفحه ۱۳۳ تا ۱۴۲

تحلیل الگوی ساختاری تاقدیس احمدی

مریم حمیدیان شیرازی [۱*]، عبداله سعیدی [۲]، علی سلگی [۳] و کورس یزدجردی [۴]

[۱] دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲] دکترا، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[۳] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۴] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۳

چکیده

کوهزاد زاگرس بخش مرکزی کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا یکی از جوان‌ترین سامانه‌های کوهزایی دنیاست. ویژگی‌های زمین‌شناسی و دگرشکلی این کوهزاد به‌طور کامل متفاوت با بخش‌های دیگر کمربند کوهزایی آلپی است. از آشکارترین ویژگی ساختاری کوهزاد زاگرس می‌توان به چین‌های بزرگ مقیاس اشاره کرد. مهم‌ترین ویژگی چین‌ها در این پهنه نبود یکنواختی در هندسه آنهاست. روند عمومی ساختارهای شکل گرفته در پهنه زاگرس (چین‌ها و گسل‌های بزرگ) شمال باختر- جنوب خاور است که به دلایل گوناگون از جمله جای گرفتن در پهنه گسل‌های بزرگ این روند دچار انحراف و خمش شده است. تغییر الگوی اولیه چین‌ها گاه ممکن است به بیش از یک عامل زمین ساختی مربوط باشد. عملکرد همزمان دو یا چند عامل همچون گسلش و یا نفوذ و رشد نمک در ساختمان یک چین نیز امکان دارد الگوی چین را دچار تغییر چشمگیرتری کند. از چین‌هایی که می‌توان این ویژگی را در آن بررسی کرد، تاقدیس کوه احمدی است که در ۵۰ کیلومتری خاور شیراز شکل گرفته است. این چین دارای الگوی یک چین جعبه‌ای با روند محوری شمال شمال باختر، باختر- جنوب خاور، خاور است که در گستره جنوبی و نزدیک به گسل راندگی اصلی زاگرس و به موازات آن در پهنه زاگرس چین خورده خودنمایی می‌کند و مرز شمالی دشت سروستان را تشکیل می‌دهد. تاقدیس احمدی، چینی باز و متقارن است که دارای راستای محوری به سوی شمال باختر- جنوب خاور و نزدیک به خاوری- باختری است. در درازای تاقدیس، محور آن در چند نقطه دچار انحراف شده است و هیچ‌گاه به‌صورت یک ساختار مستقیم دیده نمی‌شود. بزرگ‌ترین انحراف محور تاقدیس احمدی در پایانه خاوری آن دیده می‌شود. در این بخش محور تاقدیس یک انحراف نزدیک به ۶۲ درجه به سوی جنوب از خود نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: تاقدیس احمدی، تحلیل ساختاری، چین جعبه‌ای، گسل سروستان، زاگرس.

***نویسنده مسئول:** مریم حمیدیان شیرازی
E-mail: hamidian.shirazi@gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

کمربند کوهزایی زاگرس در حاشیه شمال خاوری صفحه عربی با راستای شمال- جنوب از ترکیه تا تنگه هرمز به درازای بیش از ۲۰۰۰ متر گسترش یافته است (شکل ۱). در این رشته‌کوه، صدها تاقدیس شناخته شده (شرکتی و مقصودی، ۱۳۸۰) است. پهنای پهنه بخش چین خورده این کوهزاد از ۲۰۰ کیلومتر در شمال باختر تا ۳۵۰ کیلومتر در جنوب خاور تغییر می‌کند. گر چه روند کلی محور چین‌های شکل گرفته در گستره زاگرس شمال باختر- جنوب خاور است ولی تغییر روند و انحراف محور چین‌های فراوانی وجود دارد که می‌تواند دلایل ویژه خود را داشته باشد. یکی از چین‌های بزرگی که محور آن در بخش جنوبی دچار انحراف شده، تاقدیس بزرگ کوه احمدی است که در ۵۰ کیلومتری جنوب خاور شیراز جای گرفته است.

ویژگی‌های دگرشکلی پوسته زاگرس بر پایه ویژگی‌های زمین‌ساخت صفحه‌ای و ناشی از برخورد صفحه عربی با صفحه ایران تفسیر می‌شود (Sherkati& Letouzey, 2004; Verrall, 1978; Berberian, 1995; Alavi, 2004).

Verrall (1978) هندسه روند محور چین‌ها در زاگرس را بر پایه فرایندهای زمین‌ساختی بررسی کرده است. وی گستره چین‌های زاگرس در فارس را در فاصله‌ای بیش از ۲۰۰ کیلومتر از جنوب گسل- راندگی اصلی زاگرس (Zagros Main Thrust Fault) می‌داند و پیدایش آن را به ۶/۸ میلیون سال پیش نسبت داده و انحراف در محور تاقدیس‌ها را ناشی از تغییرات و چرخش جهت تنش ناشی از حرکت صفحه عربی نسبت به صفحه ایران به شمار آورده است. به باور Verrall (1978)، تاقدیس‌های جوان در فارس بیشتر میل به سوی باختر دارند؛ در حالی که در تاقدیس‌های کهن‌تر این میل کمتر به چشم می‌خورد. از سوی دیگر باید توجه داشت که نبود یکنواختی سنگ‌های درگیر چین‌خوردگی و نقش هندسه لبه صفحه عربی و یا به گفته دیگر فرودیواره راندگی اصلی زاگرس می‌توانسته است هندسه گوناگون در چین‌خوردگی ایجاد کند. Verrall (1978) بر پایه تفسیر زمین‌ساخت صفحه‌ای راستای چین‌خوردگی در فارس را بررسی کرده است که به‌طور کوتاه به آن اشاره می‌شود.

- **روند ۱:** کهن‌ترین روند سامانه ساختمانی که بیشتر شمالی است. منظره زمین‌شناسی این روند به‌طور عمومی چین‌خوردگی نیست بلکه گسل‌های راستالغز راست‌بر جوان است که به احتمال می‌توان آنها را نتیجه دوباره فعال شدن چین‌های کهن‌تر که برجستگی کمی داشته‌اند دانست.
- **روند ۲:** روندی بیشتر شمالی است که به‌طور انحصاری به‌صورت سامانه‌ای از چین‌ها آشکار می‌شود و به احتمال، کهن‌ترین سامانه چین‌خوردگی است.
- **روند ۳:** این روند در برگیرنده سامانه چین‌های حاشیه خلیج فارس است.
- **روند ۴:** تاقدیس‌های این روند از شمال باختری تا جنوب خاوری امتداد دارند.
- **روند ۵:** این روند نسبت به روند ۴ ساحلی‌تر و جوان‌تر است.
- **روند ۶:** در این روند تعدادی تاقدیس با راستای شمال- شمال باختر در ناحیه جنوب خاوری زاگرس پدیدار شده است. این روند ساختمان‌های کهن‌تر را دچار دگرشکلی کرده است.

در ناحیه فارس با در نظر گرفتن موارد ویژه، تاقدیس‌های جنوبی از تاقدیس‌های شمالی جوان‌تر هستند (مطیعی، ۱۳۷۴). همچنین از بلندی تاقدیس‌های زاگرس در پهنه فارس از شمال به جنوب کاسته می‌شود. مرز شمال خاوری کمربند زاگرس به وسیله گسل‌های اصلی زاگرس که پهنه سنندج- سیرجان را از کمربند کوهزایی زاگرس جدا می‌کند مشخص شده است.

در تحلیل ساختاری پوسته، چین‌ها از ساختارهای متداول هستند که مطالعه هندسی و جنبشی آنها می‌تواند به تحلیل دگریختی ناحیه‌ای و همچنین پی بردن به وضعیت زمین‌ساختی در زمان زمین‌شناسی دست پیدا کرد. روند عمومی محور چین‌ها و گسل‌های راندگی در کمربند چین خورده- رانده زاگرس شمال باختر- جنوب خاور

Archive of SID
www.SID.ir

است که با برخورد به پهنه‌های گسلی بزرگ، این روند خمش راست‌بری را با تغییر روند شمال باختر نشان می‌دهد.

۲- زمین‌شناسی منطقه

کمربند چین‌خورده زاگرس با توجه به الگوی ساختاری و تاریخچه رسوب‌گذاری آن از شمال به جنوب به پهنه‌های زاگرس بلند، زاگرس چین‌خورده، فروافتادگی دزفول و پهنه ساحلی تقسیم شده است که به وسیله مجموعه‌ای از گسل‌های عرضی بریده می‌شود (Berberian, 1995). این گسل‌های عرضی، کمربند چین‌خورده زاگرس را در طول و از شمال باختر به جنوب خاور به زیرپهنه‌های لرستان، فروافتادگی دزفول، ایذه و فارس تقسیم می‌کنند (Sepehr & Cosgrove, 2004). این گروه از گسل‌های عرضی و مورب لغز راست‌بر، بخش‌های مختلف منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند (Tatar et al., 2004; Authemayou et al., 2006; Oveisi et al., 2008; Talebian & Jackson, 2004).

زیرپهنه فارس از جنوب باختر به شمال خاور خود به سه بخش فارس ساحلی، فارس نزدیک به ساحل و فارس داخلی بخش شده است که منطقه مورد مطالعه در پهنه فارس داخلی جای گرفته است.

وجود سازند تبخیری ساچون روی سنگ‌آهک‌های تاربور که به سوی نواحی جنوب باختری به تدریج به‌صورت جانبی با سازند پابده جانشین می‌شود، ویژگی رخساره‌ای فارس داخلی است و این پهنه را از زیرحوضه فارس ساحلی متمایز می‌کند. از ساختارهای مهمی که نقش آشکاری در ایجاد ریخت‌زمین‌ساخت منطقه فارس دارند، وجود گسل‌های راستالغز کره‌بس، سبزپوشان و سروستان با راستای شمالی- جنوبی است.

۳- تحلیل ساختاری تاقدیس احمدی

این تاقدیس در ۵۰ کیلومتری خاور شهر شیراز پدید آمده است. درازای این ساختمان در رخنمون سطحی آسماری و جهرم ۴۳ کیلومتر و پهنای آن از ۶ کیلومتر پیرامون محل پیچیدگی محور تا ۱۱ کیلومتر در برش عرضی چاه‌انجیر- دودج متغیر است. آزیموت سطح محوری آن N ۱۰۰- ۱۴۰ درجه و دارای ۲ برجستگی است. این ساختمان به‌صورت یک چین جعبه‌ای، با روند شمال خاور، خاور- جنوب باختر و باختر است. مرز شمالی آن در فاصله نزدیک از گسل- راندگی اصلی زاگرس و به موازات آن در پهنه زاگرس چین‌خورده تشکیل شده است؛ مرز جنوبی آن نیز به دشت سروستان محدود است. شیب عمومی لایه‌های آن در یال شمالی ۵۰ درجه و در یال جنوبی ۶۰ درجه است. زاویه میل در انتهای شمال- شمال باختر ساختمان و روی سازند ساچون برابر ۱۵ درجه است. بیشینه بلندای این تاقدیس ۲۷۳۰ متر روی سازندهای آسماری- جهرم، پیرامون محل پیچ‌خوردگی محور تاقدیس (سمت راست محور سروستان - خرامه) است. ویژگی هندسی این تاقدیس آن را در رده چین‌های باز و متقارن جای می‌دهد (شکل ۳).

کهن‌ترین سازند رخنمون یافته در این تاقدیس، سازند تاربور است که در هسته تاقدیس برونزد دارد. در ادامه، سازندهای ساچون با بخش کربناته قربان، جهرم، آسماری، رازک و آغاجاری (شکل ۹) در یال‌های آن به خوبی گسترش یافته است و در انتها کنگلومرای بختیاری به‌عنوان جوان‌ترین واحد رسوبی به‌گونه‌ای دگرشیب در یال‌های جنوبی و شمالی، این مجموعه را پوشش می‌دهد. دگرشیبی ناحیه‌ای میان سازند آغاجاری و بختیاری را می‌توان اوج کوهزایی در پلیوسن پسین در نظر گرفت (James & Waynd, 1965; Haynes & McQuillan, 1974; Kashfi, 1976).

به دلیل تداوم اعمال تنش فشارشی، لایه‌های یال‌های تاقدیس در حاشیه‌ها دارای شیب زیاد و گاهی نیز برگشته‌اند، به‌گونه‌ای که شیب لایه‌های کنگلومرای جوان بختیاری به ۶۰ درجه می‌رسد.

اندازه شیب لایه‌های سنگ‌آهک ماسه‌ای سازند رازک در یال جنوبی تاقدیس، ۸۵ درجه است (شکل ۹ - پ). این لایه‌ها گاه دچار برگشتگی شده‌اند و شیب ۶۲ درجه به سوی شمال دارند. گسلی که در میان لایه‌های این بخش از یال جنوبی تاقدیس اندازه‌گیری شده است روندی خاوری باختری دارد (به موازات لایه‌ها) و از نوع گسل‌های وارون با مؤلفه راستالغز است. شیب لایه‌های سنگ‌آهک آسماری نیز در نزدیک همبری با رخساره‌های تخریبی سازند رازک زیاد است و از ۶۵ تا ۷۰ درجه تغییر می‌کند. به سوی درون و بخش‌های نزدیک به هسته تاقدیس، اندازه شیب لایه‌های سازند آسماری- جهرم و ساچون کم شده و اندازه شیب لایه‌های سازند تاربور در دو سوی محور تاقدیس به ۱۷ درجه در جنوب و ۷ درجه در شمال رسیده است. در یال شمالی نیز وضعیت لایه‌ها به همین ترتیب است و به تدریج به سوی شمال خاور، شیب لایه‌ها افزایش می‌یابد. در یال شمالی تاقدیس احمدی نیز همانند یال جنوبی، تاقدیس‌ها و ناودیس‌های فرعی که در رده چین‌های خرگوشی جای می‌گیرند به وجود آمده است. این چین‌های باریک که دامنه آن گاه از چند صد متر تجاوز نمی‌کند از نوع چین‌های بسته هستند. اندازه شیب لایه‌های آسماری در یال شمالی تاقدیس احمدی ۵۶ تا ۵۷ درجه اندازه‌گیری شده است.

۳- ۱. عوامل تأثیرگذار بر انحراف و چرخش محور تاقدیس احمدی

در محور تاقدیس احمدی پایانه خاوری آن دچار انحراف و خمش شده است که ممکن است ناشی از عملکرد همزمان گسل راستالغز سروستان، چین‌خوردگی و دیاپیریسم نمک باشد. انحراف یاد شده با مدل ارائه شده به وسیله Smith et al. (2008) قابل بررسی است. در این مدل مجموعه‌ای از چین‌های پلکانی در طی مراحل اولیه شکل گرفته‌اند (شکل ۲- الف؛ سمت چپ). در طی برش توزیع شده در لایه‌های انعطاف‌پذیر، برش جانبی چپ‌بر در بالای گسل‌های پی‌سنگی طولی، به پوشش رسوبی انتقال داده می‌شود؛ در نتیجه در پوشش رسوبی به جای یک گسل، یک پهنه برشی به نسبت گسترده با چین‌های پلکانی گسترش می‌یابد. با افزایش دامنه برشی، محور چین به سوی جهت اصلی گسل راستالغز می‌چرخد (شکل ۲- الف؛ سمت راست).

بر پایه مطالعات Berberian (1995) چنین به نظر می‌آید که تاقدیس احمدی در مراحل اولیه دگرشکلی در یک گستره برشی راست‌بر گسترده ناشی از حرکات گسل پی‌سنگی راستالغز سروستان تشکیل شده باشد. آنگاه با افزوده شدن بر میزان جابه‌جایی گسل، میل خاوری تاقدیس احمدی دچار خمش شده است؛ به‌گونه‌ای که محور آن در منتهی‌الیه خاوری خود در جهت عقربه‌های ساعت به اندازه حدود ۶۲ درجه به سوی جنوب، منحرف شده تا نزدیک به موازی با جهت جابه‌جایی راست‌بر شود (شکل ۲- ب؛ سمت چپ). در ادامه تغییرات و افزایش دامنه برش، شواهدی از گسل سروستان در سطح نمایان شده است.

وجود تکه‌هایی از سنگ‌های آذرین در نهشته‌های هم‌مرز با گنبد نمکی احمدی (سازند تاربور) نشان‌دهنده رسیدن نمک به بستر حوضه همزمان با رسوب‌گذاری سازند تاربور در کرتاسه پسین است. به نظر می‌رسد گنبد نمکی در اثر کشش ناشی از انحنای گسل سروستان در یک پهنه کششی جدایشی میان کوه سیاه و بخش خاوری تاقدیس احمدی به وجود آمده است. وجود تغییرات رخساره و ستبرای نهشته‌های کرتاسه پسین به بعد در بخش خاوری این ساختمان نسبت به بخش باختری آن گویای تأثیر همزمان گسل راستالغز سروستان و گنبد نمکی احمدی بر حوضه رسوبی و بالاتر بودن بخش خاوری نسبت به بخش باختری در این زمان است.

چنانچه بیان شد در این بخش، محور تاقدیس یک انحراف نزدیک به ۶۲ درجه به سوی جنوب از خود نشان می‌دهد. جابه‌جایی‌های ساختار بلوک‌های دو سوی گنبد نمکی سروستان در این ناحیه نشان از یک حرکت راست‌بر در امتداد گسل است. انحراف محور چین در بخش جنوب خاوری می‌تواند نتیجه حرکت دو بلوک جنوب خاور و شمال باختری در امتداد این گسل باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

– پهنه گسلی سروستان: پهنه گسلی سروستان، بخشی از سامانه گسلی راستالغز راست‌بر شمال باختر- جنوب خاور است که در بخشی از خمش اصلی پیشانی دگریختی با زاویه بزرگی نسبت به کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس جای گرفته است و در منطقه‌ای گسترده لغزش ایجاد شده در گسل جوان اصلی (Main Recent Fault) را در کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس توزیع می‌کند و سبب دگرشکلی فعال در طول کمربند می‌شود. این پهنه گسلی با سوی تنش $N20^{o}$ (Lacombe et al., 2006) کنونی، همخوانی دارد. قطعات گسلی این پهنه، سبب جابه‌جایی‌های سطحی و بی‌نظمی‌های هندسی در ساختارهای چین‌خورده منطقه از جمله تاقدیس‌های احمدی، سعادت‌آباد، کوه سیاه شده و در طول آن چندین دیاپیر نمکی به سطح رسیده و یا مدفون بوده و هنوز به سطح نرسیده‌اند.

این پهنه دارای گسل‌های راستالغز راست‌بر با مؤلفه رانده، راستای شمال باختر- جنوب خاور و باختر، شمال باختر- خاور و جنوب خاور و طول ۷۸ کیلومتر است که در همه طول خود حدود ۲۰ کیلومتر جابه‌جایی راست‌بر ایجاد کرده است (Berberian, 1995). شیب راندگی‌ها در بخش شمالی پهنه به سوی شمال خاور و در بخش جنوبی به سمت جنوب باختر است.

Oliver (1987) همچنین مطرح کرده است که چین‌های واقع در هر کدام از دو سوی گسل راستالغز پی‌سنگی نسبت به صفحه گسل تمایل می‌یابد و حالت عدم تقارن چین با عبور از روی گسل پی سنگی تغییر می‌کند. به نظر می‌رسد که تاقدیس‌های اشاره شده در مراحل اولیه دگرشکلی در یک گستره برشی راست‌بر گسترده ناشی از حرکات گسل پی‌سنگی راستالغز سروستان (Berberian, 1995) به‌صورت پلکانی تشکیل شده‌اند و سپس با افزایش جابه‌جایی گسل و نیز افزایش دامنه برش، محور چین‌ها به‌طور ساعت‌گرد چرخیده است تا به موقعیت نزدیک به موازی با جهت جابه‌جایی برسد.

گسل سروستان، یکی از خطواره‌های شمالی- جنوبی پان‌آفریقاست که در رویداد کرتاسه- پالئوسن دوباره فعال شده است (Koop & Stoneley, 1982; Hessami et al., 2001; Sherkati & Letouzey, 2004). احتمال می‌رود که وجود این گسل راستالغز پی‌سنگی و دامنه برشی راست‌بر وسیع ناشی از آن، سبب ایجاد دگرشکلی شکل‌پذیر از نوع ستبر پوسته در زمان میو- پلیوسن به‌طور محلی در این بخش از زاگرس مرکزی شده باشد. پهنه گسلی سروستان با توجه به زمین‌لرزه‌های پی‌سنگی و نیز جابه‌جاشدگی جانبی تاقدیس‌ها از نوع راستالغز در نظرگرفته شده است (Berberian, 1995).

مؤلفه‌های حرکتی راستالغز جوان‌تر از حرکت‌های شیب‌لغزی است. این پدیده مربوط به چرخش پادساعت‌گرد صفحه عربی در امتداد زمین‌درز زاگرس یا گسل راندگی زاگرس است. گسل‌های راندگی به‌طور عموم گسل‌های اصلی و با درازای زیاد هستند؛ در حالی که گسل‌های راستالغز درازای کمتری دارند؛ ولی میزان و سازوکار جابه‌جایی آنها محسوس‌تر است.

– گنبد نمکی کوه نمک: در حوضه فارس که منطقه مورد مطالعه بخشی از آن است، وجود گنبدهای نمکی نشان‌دهنده سری هرمز در قاعده پوشش رسوبی منطقه است که یک سطح گسست شکل‌پذیر را به وجود آورده است. سری هرمز در کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس در امتداد گنبدهای نمکی به سطح رسیده است. به‌طور کلی گنبدهای نمکی جنوب ایران، در دو گستره بندرعباس- سروستان (شیراز) با ۱۰۱ گنبد و گستره جنوب کازرون با ۱۴ گنبد به سطح رسیده دیده می‌شوند (احمدزاده هروی و همکاران، ۱۳۶۹).

طیف زمانی برونزدهای سنگی منطقه مورد مطالعه با رخنمون‌های سری هرمز با سن پرکامبرین پسین تا کامبرین پیشین در قالب دیاپیرهای نمکی آغاز می‌شود.

کهن‌ترین سنگ‌های نمایان در منطقه مورد بررسی مربوط به سری تبخیری هرمز است. این سری به تأثیر از پدیده دیاپیریسم و عوامل زمین‌ساخت به‌صورت گنبد نمکی، به نام کوه نمک در شمال خاوری شهر سروستان با راستای مخالف و تقریباً عمود بر محور تاقدیس کوه احمدی ظاهر شده است.

دیاپیر نمکی سروستان که در بخش خاوری دماغه تاقدیس کوه احمدی جای گرفته، یک نمونه از گنبدهای نمکی فعال است؛ به‌طوری که در حال حاضر ارتباط آن با منشأ تغذیه برقرار بوده و نمک از آن در حال جریان یافتن است (شکل ۷).

بررسی دقیق رخنمون سازند تاربور در مجاورت دیاپیر نمکی در دماغه خمیده تاقدیس احمدی نشان از وجود قطعات و خرده‌سنگ‌های سازند هرمز در میان آهک‌های آن دارد. وجود این قطعات نشان می‌دهند که دیاپیر نمکی سروستان دست کم از زمان کرتاسه پسین همزمان با رسوب‌گذاری آهک‌های تاربور در آن حوضه رخنمون داشته و به‌صورت فعال در حال بالا آمدن بوده است. بر پایه Sherkati & Letouzey (2004) این شرایط می‌تواند نشانگر رخنمون گنبد به دنبال فعالیت دوباره گسل سروستان در طی رخداد کرتاسه- پالئوژن باشد. در طی کوهزایی نئوژن، گسل راستالغز راست‌بر سروستان در شمال کوه سیاه، دچار تغییر روند شده و در جهت عقربه ساعت به سوی شمال انحنا یافته است. در اثر کشش ناشی از انحنای گسل، یک حوضه کششی جدایشی در حدفاصل کوه‌های سیاه و احمدی ایجاد شده که سبب تداوم فعالیت و بالاآمدگی دیاپیر نمکی شده است.

۳- ۲. ساختارهای همراه با تاقدیس احمدی

در برابر تنش‌های فشارشی همزمان با کوتاه‌شدگی پوسته زاگرس، یال جنوبی تاقدیس بیشتر از یال شمالی تحت تأثیر قرار گرفته است. گسل‌های وارون با روند شمال باختر- جنوب خاور بدنه تاقدیس را بریده و چین‌خوردگی شدیدی پدید آورده‌اند. از آشکارترین ساختارهای ناشی از اعمال تنش‌های فشارشی می‌توان به ناودیسی فراجسته (Pershed) در یال جنوبی تاقدیس احمدی اشاره کرد (شکل ۸ - الف).

از زمان برخورد (کرتاسه پسین)، تاقدیس احمدی با روند خاوری- باختری در حال شکل‌گیری بوده است. برداشت‌های میدانی نشان می‌دهند که محور چین در بخش خمیده تاقدیس احمدی، جایی که روند محور تغییر کرده است، به سوی خاور و شمال خاوری تمایل دارد. حضور گسل جدایشی جنوب تاقدیس احمدی با شیب به سوی شمال و شمال خاوری تأیید کننده آنست.

در یال شمالی تاقدیس احمدی مجموعه‌ای از تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها شکل گرفته‌اند. این ساختمان‌ها که درون ردیف‌های رسوبی جوان میوسن- پلیوسن پدید آمده‌اند و مجموعه آنها در کوه کفترک دیده می‌شود، شامل ۲ ناودیس و ۲ تاقدیس هستند. جوان‌ترین لایه‌های تشکیل‌دهنده پوسته تاقدیس احمدی یعنی کنگلومرای بختیاری، ناودیسی را در تنگ گوشنگان ساخته است که از نوع چین‌های باز است. هسته چین، کنگلومرای بختیاری است و یال‌های جنوبی و شمالی آن به‌ترتیب از سنگ‌های سازند رازک، سنگ‌آهک‌های سازند آسماری- جهرم و در شمال از سازندهای رازک و آسماری تشکیل شده است. یادآور می‌شود که سازندهای کهن‌تر در زیر سطح به‌طور طبیعی وجود دارند.

از نکات آشکار و قابل توجه در مورد تاقدیس احمدی و دیگر ساختمان‌های نواحی دشت سروستان وجود ستبرای چشمگیر سازندهای گورپی، تاربور و به‌ویژه سازند تبخیری ساچون است. این بخش از حوضه رسوبی در زمان نهشته شدن این سازندها به‌صورت یک نهشت کانون (depocenter) رفتار کرده است؛ به‌گونه‌ای که ستبرای این نهشته‌ها به‌طور چشمگیری نسبت به نواحی مجاور افزایش یافته است. این نکته سبب شده است تا سازندهای گورپی و به‌ویژه ساچون به عنوان یک سطح جدایش میانی مناسب رفتار کنند و ساختارهایی مانند چین‌های خرگوشی، گسل‌های پولکی و گسل‌های همراه چین گسترش یابند (شکل‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶).

همان‌گونه که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، یک چین فرعی ناشی از اختلاف مقاومت واحدهای تبخیری ساچون با واحدهای کربناته آسماری- جهرم در بخش بالایی پدید آمده است. در ادامه در مراحل تکاملی، چین تنگ و نامتقارن شده،

Archive of SID

www.SID.ir

سپس به دنبال گسترش دگرشکلی تنگ‌تر شده و به‌صورت یک چین جدایشی جعبه‌ای همشیب در آمده است که با گسترش گسلش در پیش یال (یال شمالی) همراه بوده است. در مراحل پایانی چین‌خوردگی، در اثر کشش موازی با لایه‌بندی، واحد شکل‌پذیر نازک شده تا آنجا که بخشی از چین به‌صورت یک حباب جداگانه همشیب در آمده است.

برای تعیین هندسه و الگوی چین‌خوردگی، ۳ برش عرضی روی تاقدیس احمدی برداشت شده است. برش زمین‌شناسی 'BB (حد فاصل کمال‌آباد- بیدزرد) نشان می‌دهد که تاقدیس احمدی یک چین جدایشی گسلیده با چند سطح گسستگی است (شکل ۱۲).

تشکیل راندگی ژرف در پیش‌یال تاقدیس و پیوند آن به سطح گسستگی قاعده‌ای، در نتیجه نقش فعال نمک هرمز در منطقه است؛ به‌گونه‌ای که به دنبال مهاجرت نمک از ناودیس‌های مجاور به هسته تاقدیس احمدی و تهی‌شدگی نمک در زیر ناودیس‌ها، تکامل چین‌خوردگی با گسترش گسلش در پیش‌یال تاقدیس همراه بوده است.

حضور دو سازند آغاجاری و بختیاری با ستبرای زیاد در ناودیس‌های مجاور تاقدیس احمدی (صحرائیان و بهرامی، ۱۳۹۱) نشان‌دهنده فرونشست آنها در نتیجه تهی‌شدگی نمک هرمز در قاعده است.

یک ساختمان ناودیس فراجسته (Pershed) موسوم به کوه قلعه گریخته در جنوب تاقدیس احمدی به‌طور آشکار در سطح نمایان شده است. روند محور آن موازی روند تاقدیس احمدی و در راستای خاوری- باختری است. در هسته این ناودیس، کنگلومرای بختیاری برونزد دارد. این ناودیس که یک ساختمان بزرگ با رخساره مولاسی همزمان با کوهزایی است، در میان دو گسل کوه احمدی در شمال و گسل سروستان در بخش جنوبی محدود شده است (شکل ۱۳).

۳- ۳. سازوکار چین‌خوردگی

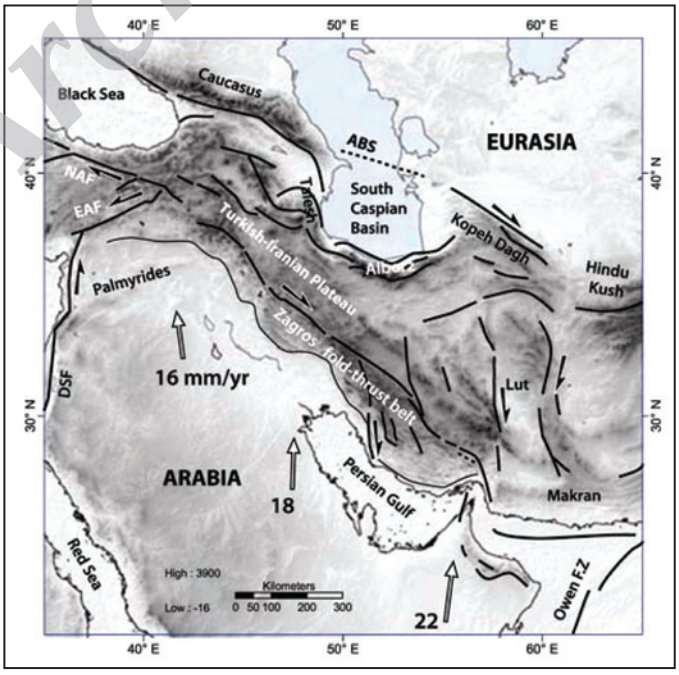
به باور بسیاری از پژوهشگران، پیش‌شرط شکل‌گیری چین‌های جدایشی، وجود تفاوت قابل توجه مقاومت در میان واحدهای رسوبی شرکت کننده در ساختمان چین است. ساده‌ترین مدل متشکل از یک لایه نامقاوم زیرین که به عنوان پهنه گسستگی رفتار کرده است (مانند نمک، شیل، مارن و تبخیری‌ها) به‌وسیله یک واحد ستبرا و مقاوم مانند رخساره‌های کربناته یا ماسه سنگ پوشیده می‌شود. گرانروی واحد زیرین در برابر رشد چین به‌صورت انعطاف‌پذیر واکنش نشان می‌دهد و مواد به سوی هسته تاقدیس به حرکت در می‌آیند که این فرایند سبب فرونشست ناودیس‌های همسایه می‌شود. رشد کم‌وبیش متفاوت تاقدیس بسته به گرانروی سطح گسستگی زیرین دارد. در مناطقی مانند زاگرس با افق‌های گسستگی شکل‌پذیر، چین‌ها به‌صورت ساختمان‌های متقارن شروع به شکل‌گیری می‌کنند (Davis & Engelder, 1985).

۴- نتیجه‌گیری

کرتاسه پسین بازه زمانی آغاز دگریختی نهشته‌های بستر حوضه رسوبی تتیس است و چین‌های زاگرس از جمله تاقدیس احمدی در طی همگرایی پس از برخورد قاره- قاره صفحه عربی- بلوک ایران شکل گرفته و در میوسن به نهایت تکامل خود رسیده‌اند. به نظر می رسد که تاقدیس احمدی در مراحل اولیه دگرشکلی در یک گستره برشی راست‌بر وسیع ناشی از حرکات گسل پی‌سنگ راستالغز سروستان (Berberian, 1995) تشکیل شده باشد. سپس با افزایش جابه‌جایی گسل و نیز افزایش دامنه برشی، محور چین‌ها در جهت عقربه‌های ساعت چرخیده است تا به موقعیت نزدیک به موازی با جهت جابه‌جایی برسد. در ادامه با بالا رفتن میزان برش، تکه‌های گسل سروستان در سطح انتشار یافته و با گسترش در یال‌های تاقدیس احمدی سبب عدم تقارن آن شده‌اند. سبک چین‌خوردگی در ناحیه فارس بیشتر هم‌مرکز در نظر گرفته می شود که سطوح جدایش زیرین آن در نمک‌های هرمز و سطوح جدایش فرعی و درون سازندی در سازندهای تبخیری دشتک، شیل پابده و گورپی دیده می‌شود.

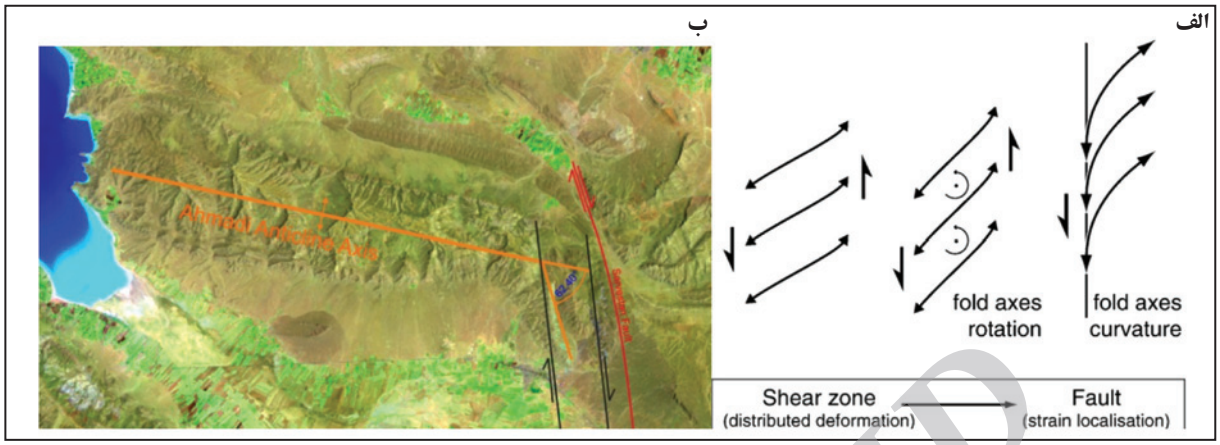
سازندهای گورپی و ساچون به عنوان سطوح جدایش میانی بسیار خوب رفتار کرده و سبب ایجاد ساختارهای چین‌های خرگوشی، گسل‌های پولکی و گسل‌های همراه چین به‌ویژه در یال جنوبی تاقدیس احمدی شده‌اند.

به نظر می‌رسد که میل خاوری تاقدیس احمدی با تأثیر متقابل گسل پی‌سنگی سروستان، چین‌خوردگی و دیاپیریسم نمک، دچار خمش محور و در انتهای دماغه خاوری خود به سوی جنوب منحرف شده است.

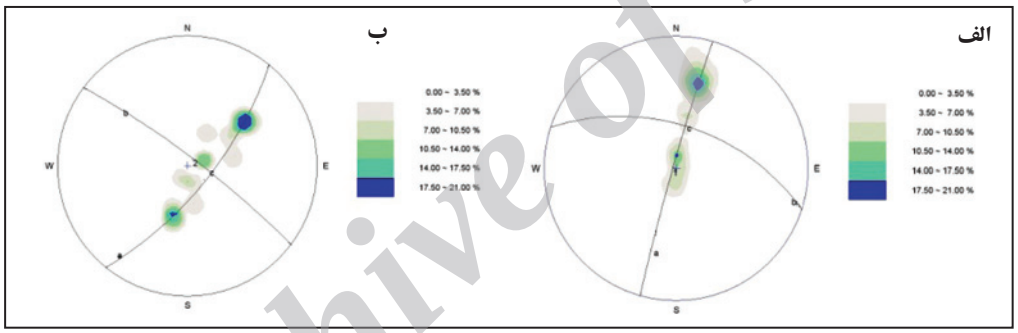


شکل ۱- واحدهای ریخت‌زمین‌ساختی اصلی شکل گرفته در همگرایی صفحه عربی - اوراسیا (Mouthereau et al., 2012).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- الف) در این تصویر انحراف محور چین در طول گسل راستالغز نمایش داده شده است (Smith et al., 2008)؛ ب) انحراف بخش خاوری تاقدیس احمدی به سوی جنوب.



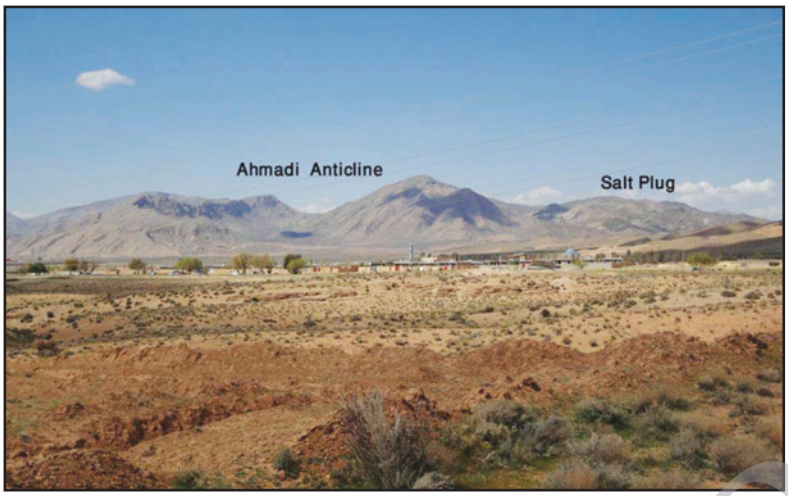
شکل ۳- الف) استریوگرام قطب لایه‌های چین خورده تاقدیس احمدی؛ ب) استریوگرام قطب لایه‌های چین خورده بخش خاوری تاقدیس احمدی.

شکل ۴- پهنه گسلی سروستان؛ دید به سوی شمال باختر. مختصات صفحه گسل N15E, 55SE.

شکل ۵- خش‌لغز در پهنه گسلی سروستان؛ دید به سوی شمال.

Archive of SID

www.SID.ir



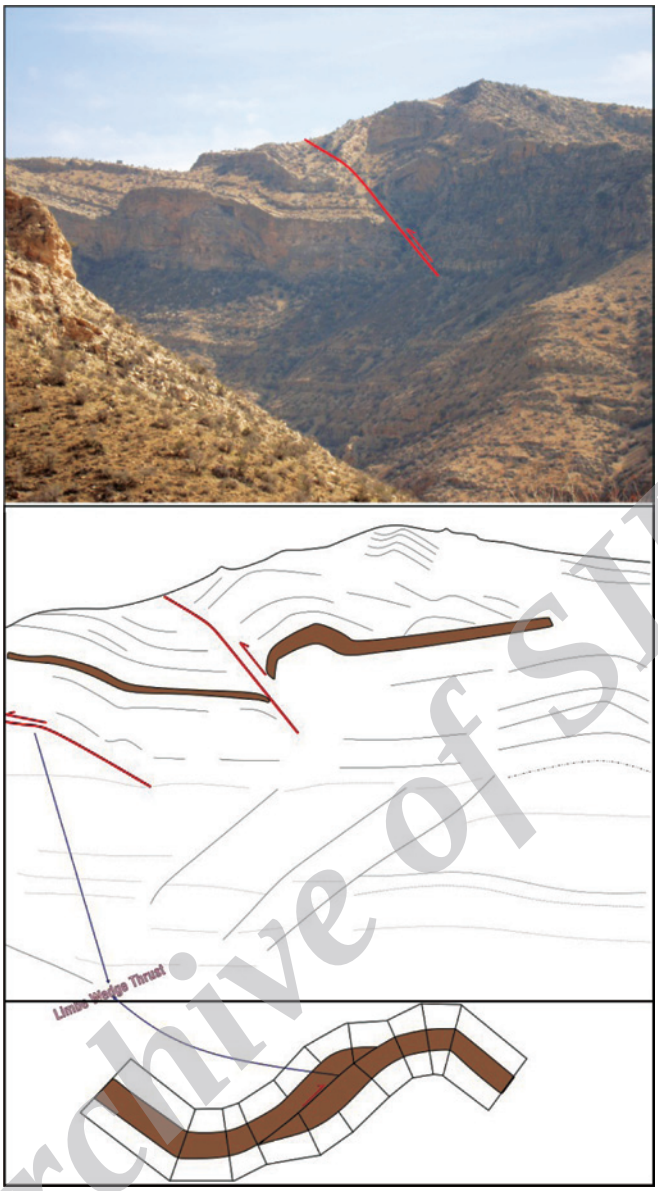
شکل ۶- محل چرخش پلانژ خاوری تاقدیس احمدی در محل گنبد نمکی کوه نمک.؛ دید به سوی شمال باختر.

شکل۷- نمایی نزدیک از گنبد نمکی کوه نمک و واحدهای رسوبی در برگیرنده آن؛ دید به سوی شمال.

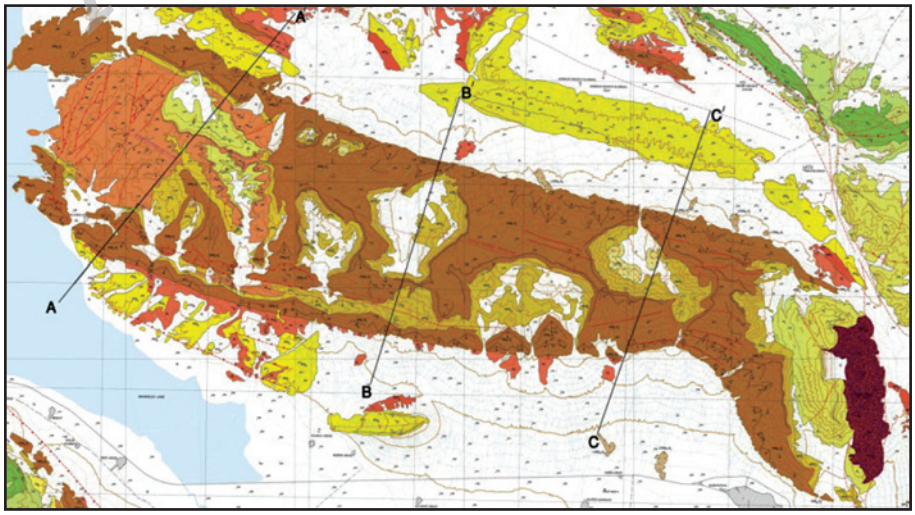
شکل ۸- الف) یکی از ناودیس‌های فراجسته (Pershed) در یال جنوبی تاقدیس احمدی، میزبان این ناودیس، آهک‌های خوب لایه بندی شده سازند آسماری- جهرم است؛ دید به سوی شمال؛ ب) یک چین زیگزاگی در یال جنوبی تاقدیس احمدی؛ دید به سوی باختر؛ پ) یک چین جناغی در یال جنوبی تاقدیس احمدی؛ دید به سوی شمال.

شکل ۹- الف) مرز سازند رازک با سازند آسماری در یال جنوبی تاقدیس احمدی؛ دید به سوی شمال خاوری؛ ب) هسته تاقدیس احمدی که در آن سازندهای تاربور، ساچون به همراه پاره سازند قربان، جهرم و آسماری برونزد دارند؛ دید به سوی خاور؛ پ) مرز سازند رازک و آسماری در یال شمالی تاقدیس احمدی که در آن به روشنی شیب کمتر یال شمالی مشخص است؛ دید به سوی باختر.

Archive of SID
www.SID.ir



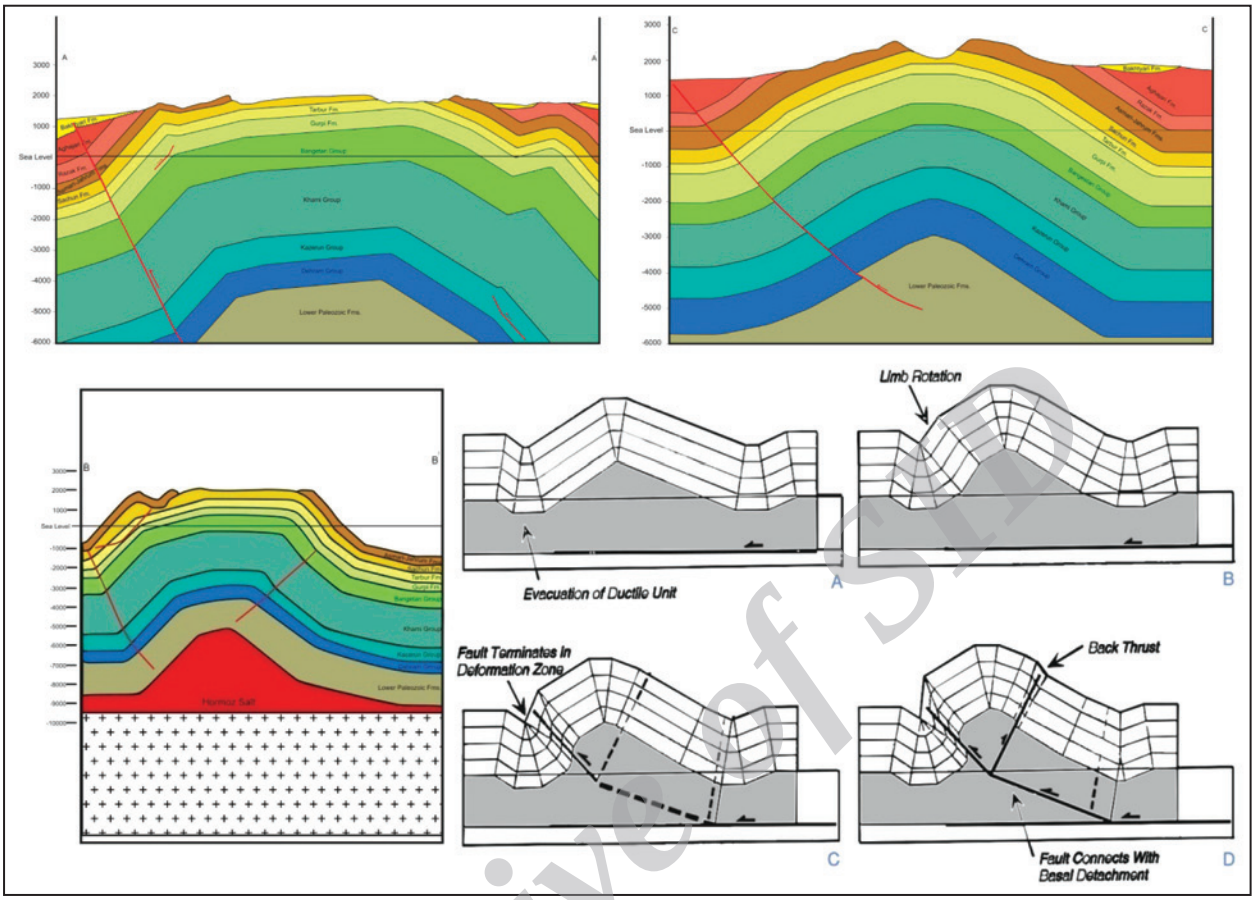
شکل ۱۰- یک چین همشیب در ناحیه لولایی تاقدیس احمدی و راندگی در سازند آسماری- جهرم در یال شمالی تاقدیس احمدی.



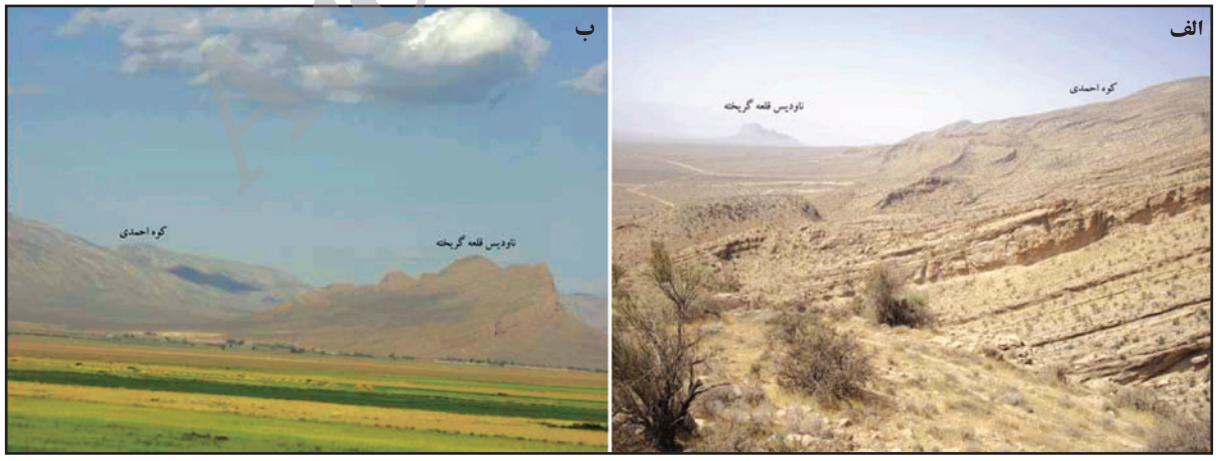
شکل ۱۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از شرکت ملی نفت ایران (۱۳۹۲)).

Archive of SID

www.SID.ir

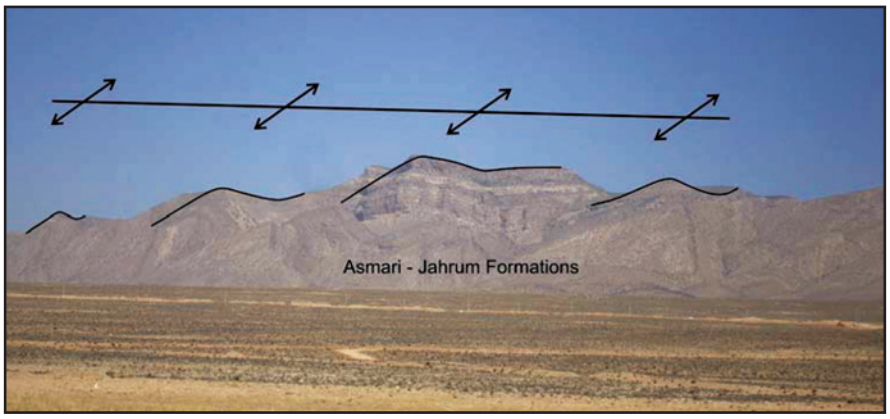


شکل ۱۲- برش‌های عرضی تاقدیس احمدی. در برش 'BB چین خوردگی جدایشی گسلیده با چند سطح گسستگی و توالی تکامل آن دیده می‌شود (برگرفته از Mitra (2002)).

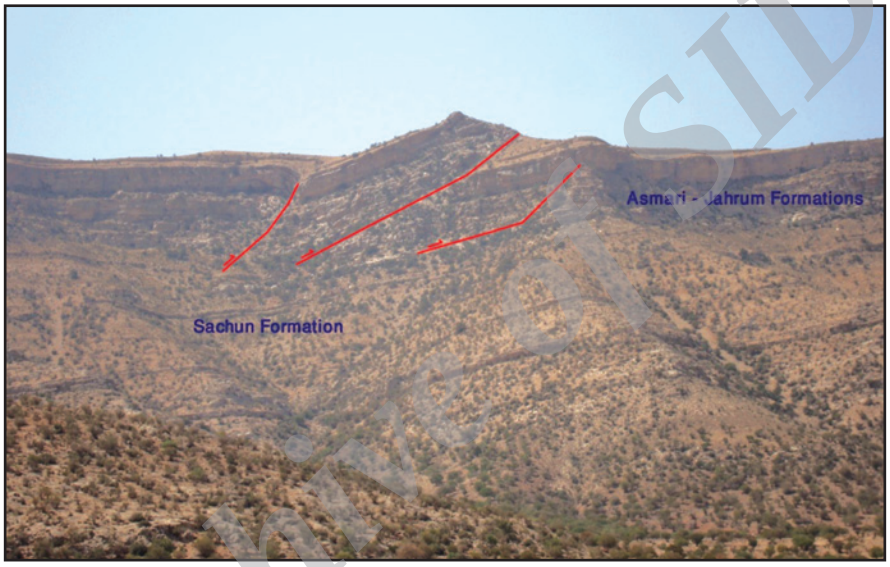


شکل ۱۳- الف) در سمت راست یال جنوبی تاقدیس احمدی از محل پیچیدگی پلانژ خاوری و در سمت چپ و در انتهای دشت سروستان ناودیس فراجسته (Pershed) قلعه گریخته نمایان است؛ دید به سوی شمال باختر؛ ب) در سمت راست شکل ب قرار گرفتن یال‌های ناودیس به سوی بالا به‌طور کامل آشکار است. در هسته این بخش کنگلومرای بختیاری برونزد دارد، دید به سوی شمال خاوری.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱۴- چین‌های خرگوشی در یال جنوبی تاقدیس احمدی.



شکل ۱۵- گسل‌های پولکی در امتداد محور تاقدیس احمدی (دید به سوی جنوب).

شکل ۱۶- انتشار یک گسل رانده در طی برش‌خوردگی یال چین‌خوردگی؛ دید به سوی باختر؛ B) مراحل تکامل آن (برگرفته از Mitra (2002)).

www.SID.ir

کتابنگاری

احمدزاده هروی، ا.، هوشمندزاده، ع. و نبوی، م. ح.، ۱۳۶۹- مفاهیم جدیدی از چینه شناسی سازند هرمز و مسئله دیاپیریسم در گنبدهای نمکی جنوب ایران، مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم، جلد اول، صص. ۱ تا ۲۰.

شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ سروستان.

شرکتی، ش. و مقصودی، م.، ۱۳۸۰- نقشه ایندکس ساختارهای زاگرس، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران.

صحرائیان، م. و بهرامی، م.، ۱۳۹۱- تعیین محیط تشکیل سازند آغاجاری بر اساس رخساره‌های سنگی و عناصر ساختاری در برشی از جنوب خاوری سروستان، استان فارس، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی شماره ۱، صص. ۵۱ تا ۶۴.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس ۱ و ۲، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۰۹ ص.

References

Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the zagros fold-thrust belt of iran and its proforeland evolution. American Journal of Science, Vol. 304, January, 2004, P. 1–20.

Authemayou, C., Chardon, D., Bellier, O., Malekzadeh, Z., Shabanian, E. & Abbassi, M. R., 2006- Late Cenozoic partitioning of oblique plate convergence in the Zagros foldand-thrust belt (Iran). Tectonics 25, TC3002. doi:10.1029/2005TC001860.

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

Davis, D. M. & Engelder, T., 1985- Role of salt in fold-and-thrust belts. Tectonophysics 119, 67–88.

Haynes, S. J. & McQuillan, H., 1974- Evolution of the Zagros suture zone, southern Iran. Geol. Soc. Am. Bull., 85, 739-744.

Hesami, K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H. & Shabanian, E., 2001- Progressive unconformity within an evolving foreland fold-thrust belt, Zagros mountains, Journal of Geological Society, London, 158, p. 969-981.

James, G. A. & Wynd, J. G., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement Area",AAPG Bull, vol. 49 (12): 2182-2245.

Kashfi, M. S., 1976- A source bed study of the Oligo-Miocene Asmari limestone in SW Iran. Journal of Petroleum Geology, 7,4,419-428.

Koop, W. J. & Stoneley, R., 1982- Subsidence history of the Middle East Zagros Basin, Permian to Recent: Phil. Trans. R. Soc. London, A 305, p. 149-168.

Lacombe, O., Mouthereau, F., Kargar, S. & Meyer, B., 2006- Late Cenozoic and modern stress field in the western Fara (Iran): Implication for the tectonic evolutionof central Zagros. Tectonics 25, TC1003.1-27.

Mitra, S., 2002a- Fold accomodation faults. AAPG Bull. 86 (4), 671-693.

Mitra, S., 2002b- Structural models of faulted detachment folds. AAPG Bull. 86(9), 1673-1694.

Mouthereau, F., Lacombe, O. & Vergés, J., 2012- Building the Zagros collisional orogen: Timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence. Tectonophysics 532, 27–60.

Oliver, D., 1987- The development of structural patterns above reactivated basement faults. Ph.D. thesis, University of London.

Oveisi, B., Lavé, J., Van der Beek, P., Carcaillet, J., Benedetti, L. & Aubourg, C., 2008- Thickand thin-skinned deformation rates in the central Zagros simple folded zone (Iran) indicated by displacement of geomorphic surfaces. Geophysical Journal International 176, 627–654.

Sepehr, M. & Cosgrove, J. W., 2004- Structural framework of the Zagros fold-thrust belt Iran, Mar. Pet. Geol., 21, 829 – 843.

Sherkati, S. & Letouzey, J., 2004- Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran: Journal of Marine and Petroleum Geology, V.21, No. 5, P. 535-554.

Smith, J., Brun, J. P., Fort, X., Cloetingh, S. & Ben-Avraham, Z., 2008- Salt tectonics in pull-apart basins with application to the Dead Sea Basin, Tectonophysics 449 2008 1-16.

Talebian, M. & Jackson, J. A., 2004- A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran, Geophysics Journal International 156, 506-526.

Tatar, M., Hatzfeld, D. & Ghafori-Ashtiany, M., 2004- Tectonics of the central Zagros (Iran) deduced from microearthquakes seismicity, Geophysics Journal International 156, 255-266.

Verrall, P., 1978- A Kinematic of the Development of Zagros Fold Belt. OSCO. Tech. Note 4/1978(unpub.).

Archive of SID

www.SID.ir