Archive of SID

زمستان ۸۸، سال نوزدهم، شماره ۷۴، صفحه ۳۳ تا ۴۴

استفاده از شکستگی‌ها در تفسیر ساختاری یک تاقدیس، مطالعه موردی: تاقدیس چناره، جنوب باختر ایران

حسین حاجی‌علی‌بیگی[1*] ، سید احمد علوی[1]، جمشید افتخار نژاد[2]، محمد مختاری[3] و محمد حسین آدابی[1]

[1] گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[2] سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

[3] پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۳/۱۱

چکیده

تاقدیس چناره جنوب پهنه لرستان و در شمال پهنه فروبار دزفول، در کمربند چین خورده- رانده زاگرس قرار دارد. در این مقاله ایجاد و توسعه شکستگی‌ها در این تاقدیس مورد بررسی قرار گرفته و از آنها برای تحلیل وضعیت جنبشی این تاقدیس استفاده شده است. نتایج حاصل از تعیین سن نسبی شکستگی‌ها، نوع (انبساطی یا برشی بودن) آنها و موقعیت ساختاری شکستگی‌ها و مقایسه و تلفیق این نتایج با دیگر اطلاعات به دست آمده از جمله اطلاعات حاصل از مقاطع عرضی زمین‌شناسی ساختمانی رسم شده از تاقدیس، این امکان را فراهم ساخت تا دربارهٔ وضعیت جنبشی این تاقدیس نظراتی ارائه شود: الگوی شکستگی‌های این تاقدیس بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی انجام شده بر روی سازند آسماری، به صورت شش گروه شکستگی اصلی دسته‌بندی شده است. شکستگی گروه اول (A) با میانگین امتداد °۶۸ به عنوان شکستگی‌های پیش از فرایند چین‌خوردگی در نظر گرفته شده‌اند. شکستگی‌های گروه دوم (B) با میانگین امتداد °۳۰ از نوع شکستگی‌های کششی عمود بر راستای محور چین پیشنهاد شده‌اند. تراکم کم این گروه در یال جلویی را می‌توان به آشفتگی میدان تنش ناشی از لغزش تاقدیس بر روی گسل راندگی مدفون بالارود نسبت داد. سومین گروه شکستگی‌ها (C) با میانگین امتداد °۱۱۰ از نوع شکستگی‌های انبساطی بوده و عمود بر راستای فشارش و قبل و در حین رشد چین و به موازات محور آن در هر دو یال شکل گرفته‌اند. شکستگی‌های گروه چهارم (D) با امتداد °۱۰ و °۷۰ از نوع شکستگی‌های مزدوج (Conjugate) به‌شمار رفته و در طی مراحل چین‌خوردگی و بعد از گروه C در هر دو یال تشکیل شده‌اند. پنجمین گروه شکستگی‌ها (E) با میانگین امتداد °۱۴۰ و °۸۰ از نوع شکستگی‌های مزدوج بوده و جزء آخرین شکستگی‌های رخ‌داده در مراحل چین‌خوردگی به‌شمار می‌روند. ششمین گروه شکستگی‌ها (F) شامل شکستگی‌هایی با میانگین امتداد °۵۵ هستند. این شکستگی‌ها در واقع همان شکستگی‌های گروه A بوده که بعداً دچار فعالیت دوباره شده و برخی از آنها دره‌های ژرف و طویلی را ایجاد کرده‌اند. تاقدیس چناره با تمایل (Vergence) به سوی جنوب باختر یک تاقدیس نامتقارن است. این تاقدیس از انواع چین‌های غیراستوانه‌ای با میل محور به سوی جنوب خاور، و متأثر از عملکرد گسل راندگی مدفون بالارود است. اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به یک سطح چین‌خورده، تاقدیس را به عنوان یک چین باز، نیمه زاویه‌دار، گسترده، غیرهارمونیک و پیچیده معرفی کرده و آن را در رده 1C Ramsay & Huber (1987) قرار می‌دهد. اتصال دو تاقدیس اولیه مفروض، به یکدیگر منجر به Z شکل شدن منطقه لولای تاقدیس امروزی شده است.

کلیدواژه‌ها: بالارود، شکستگی، چناره، زاگرس

***نویسنده مسئول:** حسین حاجی علی بیگی

۱- مقدمه

ارتباط بین شکستگی‌ها و چین‌ها برای اولین بار توسط Cloose (1984) مطرح شد. از این زمان به بعد این ارتباط توسط محققان بسیاری بررسی شده است (Price,1966; Stearn, 1968; Friedman, 1969; Stearns & Friedman, 1972; Erickson et al. , 2001; Monaco & De Guidi, 2006; Odonne et al. , 2007). همه تحقیق‌ها گویای این موضوع هستند که مطالعه وضعیت ساختارهای مزوسکوپی مشاهده شده در صحرا از جمله الگوی شکستگی‌ها، نوع، جابه‌جایی و سن آنها، دربارهٔ وضعیت ساختمانی این ساختارها در طی زمان دگریختی، اطلاعات مهمی در اختیار قرار می‌دهد. نتیجه این تحقیق‌ها به طور عمده به صورت مدل‌های مفهومی (Conceptual Models) ارائه شده است. این مدل‌ها تحولات زمین‌ساختی رخداده در طی زمان شکل گیری چین را مد نظر قرار نمی‌دهند (برای مثال Fischer & Wikerson, 2000) و نیز گسل‌ها و شکستگی‌هایی که قبل از چین‌خوردگی وجود داشته‌اند را به شمار نمی‌آورند (برای مثال Johnson & Johnson, 2002; Guiton et al., 2003; Bergbaner & Pollard, 2003; Savage & Cooke, 2004)، بنابراین مدل‌های جنبشی (Kinematic Models) که مزیت بیشتری نسبت به این مدل‌ها دارند، می‌توانند برای برقراری ارتباط بین شکستگی‌ها و چین و تفسیر روند تحولات چین‌خوردگی مورد استفاده قرار بگیرند (Suppe, 1985; Jamison, 1987; Mitra, 1990; Chester & Chester, 1990; Cristallini & Allmendinger, 2002; Bump, 2003). شناسایی تقدم و تأخر تشکیل شکستگی‌ها نسبت به فرایند چین‌خوردگی و شناخت شرایط زمین‌شناسی رخداده در طی این فرایند، در این مطالعات بسیار حائز اهمیت است. افزون‌بر این، می‌توان با برقراری ارتباط بین اطلاعات به‌دست آمده از شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسل‌خوردگی مدفون، نحوه توسعه و چگونگی تحول‌های زمین‌ساختی چین را مشخص کرد و ساختار چین‌خورده و گسل مؤثر در ایجاد این ساختار را نیز تجزیه و تحلیل نمود (Nickelsen, 1979; Dunne, 1986; Engelder et al., 1997; Nino et al., 1998; Armstrong & Bartley, 1993; Fischer & Christensen, 2004; Bellahsen et al., 2006, 2007). هدف از این پژوهش، بررسی تحولات جنبشی تاقدیس چناره در جنوب باختر ایران، با استفاده از تجزیه و تحلیل شکستگی‌های برداشت شده از این تاقدیس است. افزون‌بر این، به تأثیر گسل راندگی مدفون بالارود بر روی این تاقدیس نیز اشاره می‌شود.

۲- جایگاه زمین‌شناسی

تاقدیس چناره، با طول ۳۵ کیلومتر و پهنای متوسط ۸ کیلومتر در ۵۰ کیلومتری شمال اندیمشک، در کمربند چین خورده- رانده زاگرس (Zagros Folded-Thrust Belt) واقع شده است. این تاقدیس در پهنه لرستان قرار دارد و این پهنه از دیدگاه زمین‌شناسی یک پیش‌آمدگی (Salient) (Talbot& Alavi, 1996) در کمربند چین خورده- رانده

www.SID.ir

Archive of SID

زاگرس به‌شمار می‌آید که گسل راندگی مدفون بالارود آن را از فروبار دزفول (در جنوب) جدا می‌کند (Pattinson & Takin, 1971). این گسل به صورت یک منطقه گسلی، با امتداد خاوری- باختری و شیب به سمت شمال خاور تاقدیس چناره و تاقدیس‌های هم جوار را تحت تأثیر عملکرد خود قرار داده است (شکل های B–۱ و B–۲ و A–۲).

۳– چینه‌شناسی

جوان‌ترین واحدهای سنگ‌شناسی (شکل‌های ۳ و ۴) تاقدیس چناره پس از نهشته‌های کواترنری، سازند آغاجاری (شامل تناوبی از ماسه سنگ و سیلتستون، با سن میوسن- پلیوسن) است که رخنمون‌های کوچکی از آن محدود به بخش جنوب خاوری یال جلویی است. رخنمون بسیار کوچکی از بخش لهبری در جنوب روستای رزه قابل مشاهده است (شکل ۴). گسترش سازند گچساران (شامل تناوبی از ژیپس، نمک و سیلتستون با سن میوسن) نیز محدود به یال جلویی است و فقط رخنمون‌های بسیار کوچکی از آن در یال عقبی مشاهده می‌شود. اصلی‌ترین و گسترده‌ترین رخنمون در این تاقدیس، سازند آسماری (شامل نهشته‌های به طور عمده آهکی با سن الیگوسن- میوسن) است. در یال جلویی سازند پابده (شامل آهک‌های مارنی، با سن ائوسن- پالئوسن) قرار دارد که به طرف یال پشتی به سازندهای امیران (شامل سیلتستون و ماسه‌سنگ با سن پالئوسن)، تله زنگ (شامل نهشته‌های آهکی، با سن پالئوسن)، کشکان (شامل فلیش‌های تخریبی، با سن ائوسن- پالئوسن) و شهبازان (شامل نهشته‌های آهکی، با سن ائوسن)، به صورت جانبی تبدیل می‌شود. تغییرات جانبی این رخساره‌ها در این منطقه، به عملکرد گسل راندگی مدفون بالارود نسبت داده می‌شود(Pattinson & Takin, 1971) . سازند گورپی (شامل شیل‌های کربناتی با سن کرتاسه بالایی) و سازندهای گروه بنگستان مشتمل بر سازندهای سروک (شامل آهک‌های ستبرای لایه با سن کرتاسه بالایی) و ایلام (شامل آهک‌های نازک لایه و گاه شیلی با سن کرتاسه بالایی) در منطقه لولای تاقدیس رخنمون دارند. سازند سروک (از گروه بنگستان) قدیمی‌ترین سازندی است که در هسته تاقدیس مشاهده می‌شود.

با توجه به مناطق اطراف و چاه‌های حفاری شده در تاقدیس‌های هم‌جوار، در زیر گروه بنگستان، سازندهای گروه خامی (شامل سازندهای فهلیان، گدوان و داریان که هم ارز سازند گرو هستند)، گروه کازرون (شامل سازندهای دشتک، نی‌ریز)، گروه دهرام (شامل سازندهای فراقان، دالان، کنگان) قرار گرفته‌اند. با توجه به ستون چینه‌شناسی (شکل ۳) امکان تشکیل سطوح جدایشی فرعی، در مراحل مختلف دگرشکلی در سازندهای پابده، گورپی، امیران، دشتک (شامل نهشته‌های تبخیری) و گرو (شامل شیل‌های آهکی) به علت ماهیت سنگ‌شناسی مکانیکی (Mechanical Lithology) این سازندها وجود دارد. این واحدها نقش مهمی را در ایجاد سبک ساختاری تاقدیس چناره و تاقدیس‌های هم جوار ایفا می‌کنند.

۴– روش برداشت شکستگی

به علت گستردگی رخنمون سازند آسماری و امکان برداشت مناسب شکستگی‌ها، فقط در این واحد سنگ‌شناسی اقدام به برداشت شکستگی‌ها شده است. شکستگی‌ها از ۶۴ ایستگاه برداشت شده‌اند (شکل‌های۴و۵). در برداشت شکستگی‌ها از روشی که توسط Davis & Reynolds (1996) ارائه شده، استفاده شده است. در این برداشت‌ها، پارامترهای جهت‌گیری شکستگی‌ها شامل امتداد و شیب آنها، طول شکستگی‌ها، فاصله‌بندی (Spacing) شکستگی‌ها و نوع دگریختی (Deformation Mode) در طول شکستگی‌ها (یعنی کششی بودن و یا برشی بودن آنها)، اندازه‌گیری شده است. افزون‌بر این‌ها، در صورت وجود شواهدی از فعالیت دوباره در شکستگی‌ها و یا پرشدگی آنها با کانی‌های مختلف، این شواهد به دقت ثبت شده‌اند. ارتباط سنی یا تقدم و تأخر تشکیل شکستگی‌ها برای تعیین سن نسبی آنها نیز در موقع برداشت مورد توجه بوده است. اندازه‌گیری‌های مربوط به فاصله‌بندی به موازات سطح لایه‌بندی و عمود بر شکستگی‌ها انجام شده است.

۵– توصیف هندسی تاقدیس چناره

۵–۱. تحلیل استریوگرافی

برای داده‌های برداشت شده در هر ایستگاه یک نمودار استریوگرافی قطبی با استفاده از تصویر شبکه لامبرت بر روی نیمکره پایینی تهیه شده است (شکل۶). به این ترتیب که بهترین خطی که از قطب امتداد صفحه‌های شکستگی‌ها، عبور می‌کند به عنوان میانگین جهت‌گیری شکستگی‌ها، رسم شده است. موقعیت فضایی لایه‌بندی نیز در هر ایستگاه در همان نمودار مشخص شده است. با توجه به این نمودارها، شکستگی‌های برداشت شده در تاقدیس چناره، به شش گروه اصلی (شکل ۷) تقسیم شده‌اند. امتداد، نوع دگریختی و فاصله‌بندی، پارامترهایی هستند که اعضای هر گروه شکستگی در آنها با یکدیگر مشترک هستند. برای هر گروه شکستگی دو نمودار استریوگرافی قطبی به صورت پیش از چین‌خوردگی (حذف شیب لایه با توجه به روش Hancock (1985) و بعد از چین‌خوردگی رسم شده است (شکل‌های ۳–C–۷و ۲–C–۷). با توجه به روش Hancock (1985) شکستگی‌های عمود بر لایه‌بندی که چرخش لایه‌بندی در آنها تأثیری ندارد، حذف شده است. امتداد اثر سطح محوری تاقدیس چناره از نقشه زمین‌شناسی (شکل۴)، N62°W اندازه‌گیری شده است. در این صورت موقعیت فضایی سطح محوری تاقدیس با توجه به تلفیق داده‌های شیب و امتداد یال‌ها و رسم نمودارهای استریوگرافی مربوطه N62°W, 15°NE، و موقعیت فضایی محور چین S75°E ,10° خواهد بود (شکل‌های B–۸ و A–۸).

۵–۲ .مقاطع زمین‌شناسی ساختمانی

برای بررسی تغییرات هندسی ساختمان چناره و پیش‌بینی هندسه این تاقدیس در بخش‌های ژرف‌تر، سه مقطع زمین‌شناسی ساختمانی (شکل ۹) با استفاده از داده‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی و نقشه‌های زمین‌شناسی (N.I.O.C, 1969) عمود بر محور تاقدیس رسم شده است. با توجه به این مقاطع و تحلیل استریوگرافی چین (شکل‌های B–۸ و A–۸)، و با اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به یک سطح چین خورده به روش Twiss & Moores (1992) ، جدول ۱ تهیه شده است. بر اساس این جدول می‌توان گفت که تاقدیس چناره از نوع چین‌های غیراستوانه‌ای (Noncylindrical) است. در هر سه مقطع سطح محوری تاقدیس یک سطح مسطح و مستوی نیست بلکه همراه با داشتن شیب، کمی خمیدگی و اعوجاج نیز دارد. بر همین اساس واژهٔ پیچیده (Convolute) برای تاقدیس پیشنهاد شده است. با توجه به طول و شیب متفاوت یال‌ها، و عدم تقارن آینه‌ای نسبت به لولا، این تاقدیس را می‌توان به عنوان یک چین نامتقارن (Asymmetrical fold) در نظر گرفت. از آن جا که چین در طول اثر سطح محوری به اندازه یک طول موج و کمتر از آن از بین می‌رود و تمام می‌شود بنابراین تاقدیس چناره از این دیدگاه یک چین غیرهارمونیک است. در هر مقطع یال کوتاه‌تر نسبت به یال بلندتر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخیده است، بنابراین تاقدیس یک چین Z شکل (Z-Fold) خواهد بود. تمایل تاقدیس در هر سه مقطع به سوی جنوب باختر است. با توجه به مقدار نسبت ابعادی (Aspect Ratio) مقطع 'CC و لگاریتم آن می‌توان از واژهٔ پهن(Wide) برای این بخش از تاقدیس استفاده کرد، در حالی که در مقطع 'AAو 'BB این مقدار واژه توضیحی چین را گسترده (Broad) معرفی می‌کند.

زاویه بین دو یال (i) تاقدیس به طرف جنوب خاور افزایش می‌یابد به طوری که

www.SID.ir

Archive of SID

در مقطع 'AA به مقدار °۷۰ بوده ولی در مقطع 'CC این زاویه به °۱۰۶ افزایش یافته است. بر اساس طبقه‌بندی Fleuty (1964) به نقل از Twiss & Moores (1992) مقدار زاویه بین دو یال و زاویه چین‌خوردگی (φ) در مقطع 'CC و'BB ، نشان می‌دهد که می‌توان در این مقاطع تاقدیس را از نظر فشردگی (Tightness) یک چین باز (Open) در نظر گرفت. در حالی که در مقطع 'AA، از نوع بسته (Close) خواهد بود. محاسبات لازم برای توصیف خمیدگی نسبی چین از نظر کندی (Bluntness) در هر سه مقطع انجام شده است. در مقطع 'CC، $r \leq r_c$ و $۰/۲ \geq b > ۰/۱$ است، بنابراین خمیدگی نسبی چین را می‌توان با واژه زاویه‌دار ($۰/۲ \geq b > ۰/۱$) (Angular) توصیف نمود. مقدار کندی محاسبه شده برای این مقطع حاکی از این است که این چین به چین‌های موازی خیلی شبیه است. در مقطع 'AA $r \leq r_c$ و $۰/۴ \geq b \geq ۰/۲$ است، واژه مناسب برای توصیف خمیدگی نسبی چین نیمه‌زاویه (Subangular) است. این مقادیر برای مقطع 'BB نیز واژه اخیر را برای تاقدیس پیشنهاد می‌کند. برای تعیین رده چین با توجه به طبقه‌بندی Ramsay & Huber (1987)، محاسبات و ترسیم‌های لازم بر روی سازند آسماری در هر سه مقطع انجام شده است (شکل C–۸). از آنجا که در مقطع 'CC خطوط هم‌شیب به سمت سطح داخل چین همگرا می‌شوند و سطح داخلی خمیدگی بیشتری دارد، بنابراین چین در رده 1B قرار خواهد گرفت. خمیدگی در منطقه لولا به طور کامل مشاهده می‌شود. مقدار t_α از لولا به یال به نسبت ثابت باقی می‌ماند. در مقطع 'AA مقدار زاویه تمایل سطح چین خورده (α) محاسبه و رسم ایزوگون‌ها (که همگرایی ضعیفی را نشان می‌دهند) رده 1C را برای این مقطع پیشنهاد می‌کند. مقطع 'BB تنها با اختلاف جزیی در زاویه تمایل سطح چین‌خورده، ویژگی‌های رده 1C را شبیه به مقطع 'AA نشان می‌دهد. مقادیر محاسبه شده برای پارامترهای T'_α و t'_α ضمن درج در نمودار Ramsay & Huber (1987) برای تعیین رده چین (شکل C–۸)، در مقاطع 'BB و 'AA همخوانی به‌نسبت بالایی با مقادیر تئوریک نشان می‌دهند، در صورتی که در مقطع 'CC پارامتر T'_α کمتر از S_{oo}°۳۸ است. این ناهمخوانی را می‌توان به خطای اندازه‌گیری در حین برداشت مقادیر از روی مقطع نسبت داد.

۵–۳. یال جلویی

یال جنوب باختری یا یال جلویی (Forelimb)، پرشیب‌تر از یال عقبی بوده و میانگین شیب لایه‌ها در آن حدود°۳۰ تا °۳۵ است. جهت شیب لایه‌ها در این یال به سمت باختر، جنوب باختر، جنوب متغیر است. در نزدیکی دماغه مقدار شیب لایه‌ها کمتر و در بخش‌های مرکزی تاقدیس شیب لایه‌ها به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد، به طوری که به °۶۰ تا °۷۰ و گاه به °۹۰ نیز می‌رسد (شکل ۴). در بعضی از نقاط برای مثال در شمال شترخواب (شکل ۵) به صورت برگشته با شیب °۵۰ تا °۷۰ به سمت شمال خاور دیده می‌شود. در یال جلویی هر شش گروه شکستگی تفکیک شده در این مقاله (از A تا F) تشخیص داده شده است. یک گروه شکستگی (A) شامل شکستگی‌های با میانگین امتداد °۶۸ برداشت شده است (شکل‌های I–۵ و M –۵ و ۷). این شکستگی‌ها به طور عمده طویل هستند. با حالت خطی، صاف و بدون اعوجاج قابل مشاهده هستند. فاصله‌بندی آنها بین ۰/۵ تا ۳ متر است. تعداد آنها نسبت به دیگر گروه‌های دیگر به نسبت کم است. گاهی گروه شکستگی‌های D و E به این شکستگی‌ها ختم می‌شوند. در یال جلویی شکستگی‌های نامنظم نیز به طور محلی تشکیل شده‌اند. این شکستگی‌ها تنها بازتاب‌کننده دگریختی‌های صورت گرفته در مقیاس چین و یال‌های آن بوده و بیشتر از این در زمین‌شناسی ساختمانی کاربرد ندارد (Bellahsen et al., 2006)، بنابراین در تحلیل‌های این پژوهش از این گروه از شکستگی‌ها استفاده نشده است. شکستگی‌های ژرف و طویلی (F) با میانگین امتداد °۵۵ یال جلویی را قطع کرده است (شکل‌های K–۵ و L –۵ و ۷). این شکستگی‌ها به احتمال همان گروه شکستگی‌های A هستند که دوباره فعال شده‌اند. گاه در امتداد همین شکستگی‌ها دره‌های ژرفی شکل گرفته‌اند. در یال جلویی شکستگی‌هایی از نوع شکستگی‌های شکافی پوششی (En echelon Gash Fracture) و ساختارهای استیلولیتی در سازند آسماری مشاهده می‌شود (شکل‌های B–۵ و A –۵ و D –۵). در یال جلویی در شمال باختر روستای بیدروبه یک ساختمان گوش خرگوشی (Rabbit Ear) به صورت تاقدیس فرعی قابل مشاهده است (شکل‌های R–۵ و Q –۵). تشکیل این ساختمان فرعی را می‌توان به حضور سطوح جدایشی فرعی در افق‌های چینه‌شناسی جوان‌تر مربوط دانست. علاوه بر این وجود چشمه‌های نفتی در یال جلویی (شکل ۴) حاکی از تراوش مواد هیدروکربنی از راه گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در این یال است (Pattinson & Takin, 1971).

۵–۴. یال عقبی

یال شمال خاوری یا یال عقبی (Backlimb)، کم شیب‌تر از یال جلویی است. میانگین شیب لایه‌ها در این یال بین °۲۵ تا °۳۰ متغیر است. جهت شیب آنها به سمت شمال، شمال خاور، شمال شمال خاور و خاور متغیر است (شکل ۴). در این یال شکستگی‌هایی با عنوان گروه C (شکل‌های C–۵,J–۵ و ۷) با میانگین امتداد °۱۱۰ اندازه‌گیری شده است. این شکستگی‌ها طویل بوده و طول آنها به °۳۰ متر نیز می‌رسد. اثر سطحی این شکستگی‌ها خطی است و فاصله‌بندی آنها نیز بین ۱ تا ۲ متر است. تعداد این شکستگی‌ها نسبت به سایر گروه شکستگی‌ها کمتر است ولی گسترش و توسعه آن در یال عقبی مشهودتر است. شکستگی‌های گروه D و E بیشتر به این شکستگی‌ها محدود می‌شوند (شکل N–۵). این گروه، شکستگی‌های گروه A را قطع کرده‌اند (شکل I–۵). تعیین حالت دگریختی در امتداد این شکستگی‌ها در بررسی‌های صحرایی چندان مشکل نیست، زیرا هیچ جابه‌جایی افقی یا مؤلفه حرکت برشی در طول این شکستگی‌ها مشاهده نمی‌شود. دسته دیگر از شکستگی‌ها که در یال عقبی توسعه بیشتری نسبت به یال جلویی دارند، دسته شکستگی‌های B است (شکل‌های C–۵ و M–۵ و۷). این شکستگی‌ها با میانگین امتداد °۳۰ از جمله شکستگی‌های عرضی هستند که ضمن مورب قرار گرفتن نسبت به محور چین در بعضی از ایستگاه‌ها عمود بر راستای محور چین نیز قرار می‌گیرند. فاصله‌بندی این شکستگی‌ها بین ۱۰ سانتی‌متر تا ۲ متراست. شکستگی‌های مزدوج نیز در این تاقدیس شناسایی شده است که در هر دو یال گسترش یافته‌اند. شکستگی‌های مزدوج (D) شامل دو سری شکستگی با میانگین امتداد °۱۰ و °۷۰ است (شکل‌های D–۵ ، G–۵ ،O–۵ ، P–۵ و ۷). این شکستگی‌ها در طی مراحل چین‌خوردگی در هر دو یال تشکیل شده‌اند و بیشتر آنها از نوع برشی هستند. این شکستگی‌ها به شکستگی‌های B و C محدود می‌شوند، بنابراین پس از آنها تشکیل شده‌اند. فاصله‌بندی این شکستگی‌ها بین ۰/۵ تا ۲ متر است. دومین شکستگی‌های مزدوج (E) شامل دو سری شکستگی با میانگین امتداد °۸۰ و °۱۴۰ است که جزء جدیدترین شکستگی‌ها به شمار می‌روند (شکل‌های D–۵ و J–۵ و ۷). در این شکستگی‌ها بازشدگی مشاهده نمی‌شود و فاصله‌بندی و تعداد این شکستگی‌ها نسبت به شکستگی‌های D بسیار کم است.

۵–۵. دماغه

منطقه دماغه چین در جنوب خاوری تاقدیس قرار دارد. در این منطقه امتداد طبقات از °۳۳۵–°۳۱۰ در یال جلویی به °۱۴۰–°۹۰ در بخش جنوب باختری دماغه و از °۳۲۵–°۳۰۵ در یال عقبی به °۱۶۰–°۱۱۰ در بخش شمال خاوری دماغه تغییر روند می‌دهد. مقدار شیب و جهت آن از °۳۴۰–°۳۲۰ در یال جلویی به °۵۰–°۳۰ به سمت جنوب تا جنوب باختر در بخش جنوب باختری دماغه و از °۴۸–°۱۰ در یال عقبی به °۱۳۵ به سمت شمال خاور در بخش شمال خاوری دماغه تغییر می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶-بحث

الگوی شکستگی‌های مشاهده شده در صحرا می‌تواند اطلاعات با ارزشی دربارهٔ نحوه تحول‌های صورت گرفته در طی فرایند چین‌خوردگی در اختیار قرار دهد (Price & Cosgrove, 1990). براین اساس کوشش می‌شود با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از شکستگی‌های برداشت شده در صحرا، مقاطع عرضی، تحلیل‌های استریوگرافی و نقشه‌های زمین‌شناسی، علاوه بر بررسی تقدم و تأخر شکل‌گیری شکستگی‌ها، تحول‌های زمانی و مکانی رخداده در یال جلویی، یال عقبی، منطقه لولا و دماغه مورد بررسی قرار گیرد. در نهایت دربارهٔ تحولات جنبشی تاقدیس نتیجه‌گیری قابل قبولی ارائه شود. مقایسه و ارتباط شکستگی‌های گروه A با موقعیت ساختمانی آنها در تاقدیس حکایت از آن دارد که این گروه پیش از سایر شکستگی‌ها ایجاد شده‌اند. این شکستگی ها به عنوان شکستگی‌های پیش از فرایند چین‌خوردگی در نظر گرفته شده‌اند، بنابراین گروه شکستگی‌های A به عنوان قدیمی‌ترین شکستگی‌ها تفسیر و تلقی می‌شوند. Halsey &Corrigan (1977) شکستگی‌های مشابهی را اندازه‌گیری و گزارش کرده‌اند. آنها اعتقاد دارند این نوع شکستگی‌ها در مراحل اولیه پیش از فرایند چین‌خوردگی، زمانی که نیروهای تراکمی شروع به فعالیت می‌کنند، شکل می‌گیرند. این وضعیت به طور مشابهی در ایالت یوتا (Silliphant et al. , 2002)و (Henning et al., 2002) در ایالت وایومینگ نیز گزارش شده است.

با آغاز چین‌خوردگی، شکستگی‌های گروه Bو C شکل گرفته‌اند. شکستگی‌های گروه B از نوع عرضی و شکستگی‌های گروه C از نوع طولی هستند. شکستگی‌های گروه C پیش و در حین رشد چین و به موازات محور آن در هردو یال شکل گرفته‌اند. بررسی شکستگی‌های اخیر نشان می‌دهد که آنها به طور یکنواخت در تاقدیس توزیع نشده‌اند. به نظر می‌رسد این نوع شکستگی در یال‌ها بیشتر از لولا و در یال عقبی بیشتر از یال جلویی توسعه یافته و توزیع شده‌اند. به احتمال تفاوت‌های جزئی تا بسیار جزئی در سنگ‌شناسی سازند آسماری، دیاژنز و تفاوت در تجمع تنش در آنها، می‌تواند این نحوه توزیع را توجیه کند. شکستگی‌های گروه B از نظر شیوه توزیع به گستردگی شکستگی‌های گروه C نیستند و در یال جلویی به ندرت یافت می‌شوند. شکستگی‌هایی با همین ویژگی توسط Twerenbold, et al. (1962) در تاقدیس بنگستان گزارش شده است. McQuillan (1974) نیز با مطالعه شکستگی‌هایی شبیه به آنچه Twerenbold et al. (1962) ارائه داده‌اند، تفاوت‌های موجود بین سازند آسماری و سازندهای گروه بنگستان و گروه خامی را علت عدم شکل‌گیری این شکستگی‌ها در سازند آسماری دانسته‌اند. برخلاف این نظریه، برخی از محققان، (Bellahsen et al., 2006, 2007)، کمی شکستگی‌های همسو با جهت فشارش در یال جلویی تاقدیس را متأثر از آشفتگی میدان تنش می‌دانند. این آشفتگی میدان تنش به حرکت تاقدیس بر روی گسل راندگی پی‌سنگ نسبت داده می شود. همچنین ممکن است تشخیص تراکم کم شکستگی‌های این گروه به دلیل تراکم زیاد محلی سایر شکستگی‌ها باشد. چرخش در جهت امتداد شکستگی‌های B در منطقه دماغه چین کم و بیش نسبت به سایر مناطق (یال جلویی، یال عقبی و لولای) چین مشهودتر است. بررسی منطقه دماغه که به احتمال به آشفتگی میدان تنش ناشی از گسل‌خوردگی مدفون به شدت حساس است (Bellahsen et al. , 2006)، این امکان را فراهم می‌سازد تا علاوه بر تعیین راستای گسل‌خوردگی مدفون، اندازه و طول آن نیز مشخص شود (Bellahsen et al., 2006). این مفهوم برای مناطق دارای رژیم زمین‌ساختی کششی (Walsh et al., 2002) و مناطق با رژیم‌های زمین‌ساختی فشارشی (Julian & Wiltschko, 1983; Fischer & Christensen, 2004) مورد آزمایش قرار گرفته است و نتایج آن نیز گزارش شده و در برخی از موارد چنین سازوکاری برای شکل‌گیری شکستگی‌ها به فرایند فعالیت دوباره گسل‌های راندگی مدفون نسبت داده شده است (Simmons & Scholle, 1990; Ye et al., 1996; Walsh et al., 2002; Bellahsen et al., 2006, 2007).

گروه شکستگی‌های D و E از جمله شکستگی‌های مزدوج هستند که در طی مراحل چین‌خوردگی و پس از شکستگی‌های C تشکیل شده‌اند. هر چند این نوع شکستگی‌ها در هر مرحله از فرایند چین‌خوردگی امکان تشکیل شدن را دارند ولی از آنجا که این شکستگی‌ها به شکستگی‌های C محدود می‌شوند بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد این شکستگی‌ها پس از شکستگی‌های C تشکیل شده‌اند. گروه شکستگی‌های F از لحاظ هندسی شباهت زیادی را به گروه A داشته، به نظر می‌رسد در واقع همان گروه شکستگی‌های A هستند که در مراحل بعدی دگرشکلی تاقدیس دوباره فعال شده‌اند. این فعالیت دوباره به عملکرد گسل راندگی مدفون بالارود نسبت داده می شود. همچنین متأثر از عملکرد این گسل، یال جلویی ستبرای کمتری نسبت به یال عقبی یافته است. این وضعیت با بسیاری از مدل‌هایی که برای چین‌های انتشار گسلی ارائه شده است (Jamison, 1987; Chester & Chester, 1990; Erslev, 1991; Mc Connell, 1994; Stanton & Erslev, 2004; Wallace & Homza, 2004. Bellahsen et al., 2006, 2007) همخوانی دارد. افزون بر آن، الگوی توزیع شکستگی‌ها در یال جلویی تاقدیس گورپی و تاقدیس پابده که متأثر از عملکرد گسل راندگی دانسته شده است (عزیززاده،۱۳۸۶)، شباهت بسیار زیادی با الگوی توزیع شکستگی‌ها در یال جلویی تاقدیس چناره دارند. اگرچه در مراحل انتهایی رشد چین، دومین گروه شکستگی‌های مزدوج (E) با جهت‌گیری‌های متفاوت با گروه شکستگی‌های پیشین (D) تشکیل شده‌اند، ولی به نظر می‌رسد که الگوی شکستگی‌ها در یال‌ها و دماغه تغییر قابل توجهی نداشته‌اند. افزون بر این که تعداد آنها نسبت به شکستگی‌های گروه (D) خیلی کمتر است، ولی شکل‌گیری آنها از حاکمیت زمین‌ساخت جدید بر تاقدیس چناره خبر می‌دهد. شکستگی‌های اخیر در یال‌ها از انتظام بیشتر و بهتری نسبت به دماغه برخوردار هستند.

علاوه بر دماغه (شکل‌های D-۸ و F-۵) و یال جلویی که دو منطقه بسیار حائز اهمیت در طی فرایند چین‌خوردگی تاقدیس چناره به شمار می‌روند، منطقه لولا نیز متأثر از عملکرد گسل راندگی مدفون بالارود بوده است. به این ترتیب که تصویر ماهواره‌ای (شکلB-۲) و نقشه زمین‌شناسی (شکل ۴) نشان می‌دهد که منطقه لولا دچار یک اعوجاج قابل مقایسه با حرف Z شده است. در حالی که برای گسل راندگی مدفون بالا رود حرکت برشی با مؤلفه چپ‌گرد گزارش شده است (Pattinson & Takin, 1971)، توجیه فرم Z شکل منطقه لولا با مراجعه به نقشه خمیدگی (Curvature map) (شکل ۱۰) امکان پذیر خواهد بود. این نقشه بر اساس اطلاعات نقشه UGC (Under Groud Contour Map) از بخشی از تاقدیس چناره و پیرامون، برای افق رأس گروه خامی به صورت سه بعدی، با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شده است. این نقشه ضمن توجیه وضعیت، این حالت را بهتر روشن می‌کند. ملاحظه می‌شود که ساختمان چناره در ترازهای پایین‌تر (افق رأس گروه خامی) یک ساختمان ساده و منفرد نیست بلکه به صورت پوششی (En echelon) و با شکل باریک نسبت به بخش‌های دیگر تاقدیس ظاهر می‌شود. بر این اساس رأس گروه خامی در طول منطقه گسلی بالارود دچار یک جابه‌جایی گشته که از سمت باختر به سمت خاور کاهش می‌یابد. مقایسه نقاط A وC وB روی نمودار می‌تواند حرکت برشی با مؤلفه چپ گرد منطقه گسلی را که پیش‌تر گزارش شده است (Pattinson & Takin, 1971)، را نشان دهد. همچنین این جابه‌جایی در طول گسل منجر به ایجاد فرم Z شکل منطقه لولا گشته است. بر این اساس، دگرشکلی منطقه‌ای تاقدیس چناره را می‌توان با دو فرضیه توجیه کرد. فرضیه اول این که، این دگرشکلی در طی دو مرحله زمین‌ساختی و در دو زمان متفاوت صورت گرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

به این ترتیب که، در مرحله اول (در کرتاسه پایانی) حرکت امتداد لغز (با مؤلفه راست‌گرد) در امتداد خاوری- باختری (به موازات لبه گسل راندگی مدفون بالارود) روی داده است. در مرحله دوم در اثر عملکرد نیروهای فشارشی تاقدیس چناره شکل گرفته است. چین‌خوردگی این تاقدیس همزمان با اعمال نیروهای برشی چپ‌لغز (به دلیل موقعیت تاقدیس) بوده است. پذیرش اصل این فرضیه افزون‌بر آن که به دلایل آزمایشگاهی کافی و شواهد واقعی نیاز دارد، چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. فرضیه دوم، این است که احتمال دارد، تاقدیس چناره در ابتدا به صورت دو تاقدیس مستقل از یکدیگر پدید آمده باشد. این دو تاقدیس در طی مراحل فشارش به تدریج به یکدیگر نزدیک شده و در امتداد خط لولا به هم متصل شده و در هم ادغام شده اند و در نتیجه یک چین سینوسی شکل بزرگ‌تر ایجاد شده است. به این ترتیب چین ایجاد شده نهایی، یک انحراف یا پیچش در منطقه لولا از خود نشان می‌دهد. در طی مراحل بعدی دگرشکلی، به علت پهنای زیاد تاقدیس خوش‌آب (در شمال خاور تاقدیس چناره، شکل‌های B-۲و A-۲و B-۱) بخش مرزی دو تاقدیس تحت فشردگی قرار گرفته و در نهایت به علت کمبود فضا، تاقدیس شمالی بر روی تاقدیس جنوبی رانده شده است. یکی از روش‌های تشکیل چین‌های سینوسی شکل که نسبت ابعادی آنها بزرگ است (مانند تاقدیس چناره، جدول ۱)، قرارگیری دو چین منفرد و جدا در کنار یکدیگر است. در آرایش پوششی (En echelon) چین‌ها، وقتی هر چین به اندازه کمتر از نصف طول موج از چین اطراف فاصله دارد (Price & Cosgrove, 1990)، در این صورت چین‌ها در هم ادغام شده و چین نهایی یک انحراف در منطقه لولا خواهد داشت (شکل A-۱۱). به نظر می‌رسد که تاقدیس مورد مطالعه با فرضیه دوم سازگاری دارد. آزمایشات انجام شده توسط محققان بسیاری (Richard & Krantz ;1991, Richard, et al. 1991; Sengupta & Koyi, 2001) این حالت را نیز نشان داده و اثبات نموده‌اند. وجود شکستگی‌های زیگموییدالی در سازند آسماری (شکل B-۵)، حاکمیت فرایند دگریختی با مؤلفه چپ‌گرد ناشی از عملکرد گسل راندگی مدفون بالارود را به اثبات می‌رساند. این حرکات در طی فازهای جوان آلپی و به احتمال در پلیوسن- پلئیستوسن (؟) صورت گرفته است. استیلولیت‌های مشاهده شده در سنگ آهک سازند آسماری تاقدیس چناره (شکل‌های A-۵و D-۵) در مقایسه با تقسیم‌بندی ارائه شده توسط Guzzeta (1984) (به نقل از Price & Cosgrove 1990,) از نوع استیلولیت‌های با قله تیز (sharp-peak) این تقسیم‌بندی است. تشکیل این ساختارها در طی زمان کوتاه‌شدگی پیش از فرایند چین‌خوردگی و تحت تأثیر انحلال فشاری ناشی از آن صورت گرفته است (Logan & Semeniuk,1979). بر اساس نظریه Moores & Twiss (1995) در کمربندهای کوهزایی، چین‌های با رده 1B تا 1C به طور عموم در پیش‌بوم (Foreland) کمربند چین خورده- رانده‌شده از بارزترین ساختارهای این کمربندها به شمار می‌روند. تاقدیس مورد مطالعه نیز این ویژگی را دارد (جدول۱ و شکل C-۸).

۷- نتیجه‌گیری

بر اساس تجزیه و تحلیل و تفسیر کلیه داده‌های جمع‌آوری شده از تاقدیس چناره شامل تعیین سن نسبی شکستگی‌ها، مبتنی بر تقدم و تأخر تشکیل آنها نسبت به یکدیگر، جهت‌گیری شکستگی‌ها و شناسایی نوع دگریختی انجام شده در طول آنها، می‌توان در باره تحولات ساختمانی این تاقدیس موارد ذیل را بیان نمود:

۱- یک گروه شکستگی (A) پیش از تشکیل تاقدیس ایجاد شده‌اند. در مراحل انتهایی رشد و توسعه تاقدیس، بعضی از شکستگی‌های این گروه در هر دو یال دوباره فعال شده‌اند (یعنی F). دره‌های ژرف و طویل که تاقدیس را بریده‌اند به این شکستگی‌ها نسبت داده شده است.

۲- شکستگی‌های گروه B و C که در آغاز چین‌خوردگی ایجاد شده‌اند، به ترتیب شکستگی‌های عرضی و به تقریب عمود بر محور چین، و شکستگی‌های طولی و به موازات محور آن هستند. شکستگی‌های B در یال جلویی نسبت به یال عقبی از نظر تعداد و نحوه توزیع بسیار ناچیز هستند. تراکم کم این شکستگی‌ها در یال جلویی را می‌توان به آشفتگی در میدان تنش نسبت داد. آشفتگی میدان تنش، ناشی از لغزش ساختار بر روی بخشی از گسل راندگی مدفون بالارود، است. همچنین ممکن است تشخیص تراکم کم شکستگی‌های این گروه به دلیل تراکم زیاد محلی سایر شکستگی‌ها باشد.

۳- شکستگی‌های گروه D و E از نوع شکستگی‌های مزدوج بوده و از نظر تقدم و تأخر زمان تشکیل، هر دو بعد از شکستگی‌های گروه C تشکیل شده‌اند. شکستگی‌های گروه E از نظر زمانی جدیدتر از همهٔ شکستگی‌ها هستند.

۴- تاقدیس نامتقارن چناره از نوع چین‌های غیراستوانه‌ای با تمایل به سمت جنوب باختر، متأثر از عملکرد گسل راندگی مدفون بالارود است. اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به یک سطح چین‌خورده، تاقدیس را به عنوان یک چین باز، نیمه‌زاویه‌دار، گسترده و غیرهارمونیک و پیچیده معرفی کرده و آن را در رده 1C رده‌بندی Ramsay & Huber (1987) قرار می‌دهد.

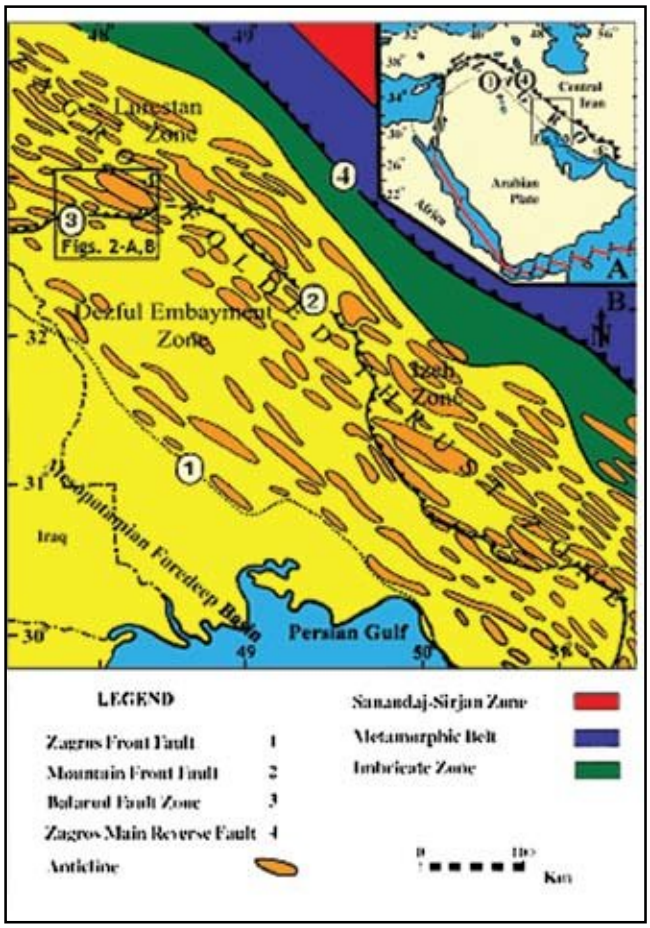
۵- فرم Z شکل منطقه لولا، به نحوه اتصال و ادغام دو تاقدیس اولیه مفروض و شکل‌گیری تاقدیس سینوسی شکل امروزی ارتباط دارد.

جدول ۱- نتایج حاصل از تحلیل تاقدیس چناره بر اساس پارامترهای مختلف.

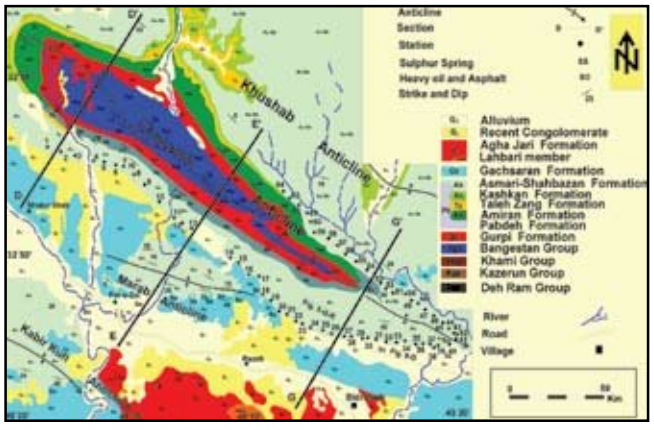
مقاطع / پارامترهای هندسی		مقطع CC′	مقطع BB′	مقطع AA′
(درجه) (i) زاویه بین دو یال		۱۰۶	۸۷	۷۰
(درجه) (φ) زاویه چین خوردگی		۷۴	۹۳	۱۱۰
استوانه ای شکل		غیراستوانه ای	غیراستوانه ای	غیراستوانه ای
تقارن		نامتقارن	نامتقارن	نامتقارن
زاویه تمایل(η) (درجه)		۸۵	۷۸	۹۵
شکل چین		Zشکل	Zشکل	Zشکل
تمایل		SW	SW	SW
فشردگی(T)		باز	باز	بسته
هارمونی		غیرهارمونیک	غیرهارمونیک	غیرهارمونیک
هندسه سطح محوری		پیچیده	پیچیده	پیچیده
نسبت ابعادی (P)	P=A/M	۰/۱۵	۰/۵	۰/۵۳
	LogP	-۰/۸۳	-۰/۳	-۰/۲۷
	واژه توصیفی	پهن	گسترده	گسترده
کندی (b)	rc(سانتی متر)	۰/۵	۰/۹	۰/۹
	ro(سانتی متر)	۲/۸	۲/۸	۲/۹
	rc/ro = b	۰/۱۸	۰/۳۲	۰/۳۱
	واژه توصیفی	زاویه دار	نیمه زاویه دار	نیمه زاویه دار
طبقه بندی رمزی وهوبر Ramsay & Huber (1987)	α(درجه)	۳۸	۴۰	۵۶
	Tα(سانتی متر)	۰/۷	۰/۹	۱
	To(سانتی متر)	۰/۵	۰/۸	۰/۹
	tα(سانتی متر)	۰/۵	۰/۷	۰/۷
	to(سانتی متر)	۰/۵	۰/۸	۰/۹
	T′α = Tα /To	۱/۴	۱/۱۲۵	۱/۱
	t′α = tα /to	۱	۰/۸۷۵	۰/۷
	tα , to	tα = to	tα < to	tα < to
	T′α , Sec α	T′α = Sec α	T′α < Sec α	T′α < Sec α
	t′α	t′α = 1	t′α < 1	t′α < 1
	رده چین	1B	1C	1C

www.SID.ir

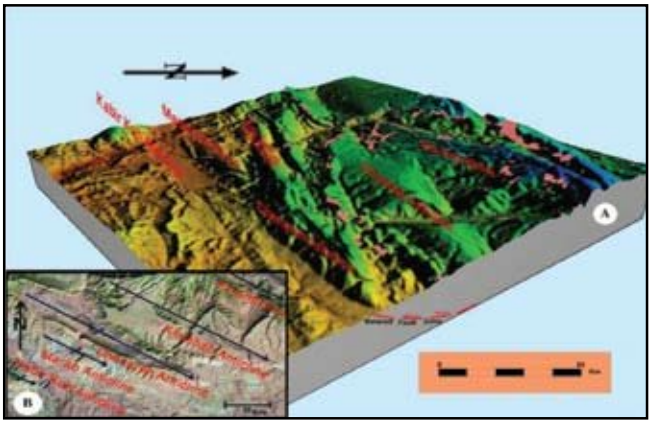
Archive of SID



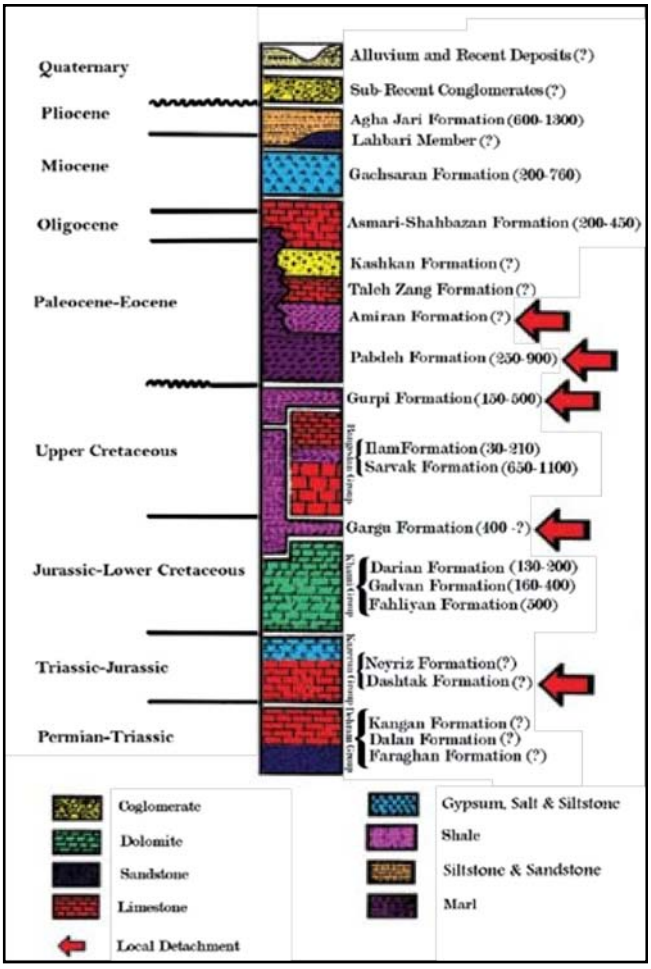
شکل ۱- A) نقشه زمین‌ساختی بخشی از خاورمیانه (با اندکی تغییر به نقل از Sattarzadeh et al., 2000) ، B) نقشه ساختاری بخشی از کمربند چین‌خورده رانده زاگرس (با اندکی تغییر به نقل از N.I.O.C, 1969). موقعیت نقشه در شکل A-۱ مشخص شده است.



شکل ۴- نقشه زمین‌شناسی تاقدیس چناره و پیرامون آن، (به نقل از N.I.O.C,1969 با اعمال تغییرات و الحاق اطلاعات). موقعیت نقشه در راهنمای نقشه با کادر مشخص شده است. بر روی نقشه در راستای شمال باختر- جنوب خاور مقاطع زمین‌شناسی ساختمانی AA′,BB′,CC′ نشان داده شده است. این مقاطع در شکل ۹ به تصویر کشیده شده‌اند.



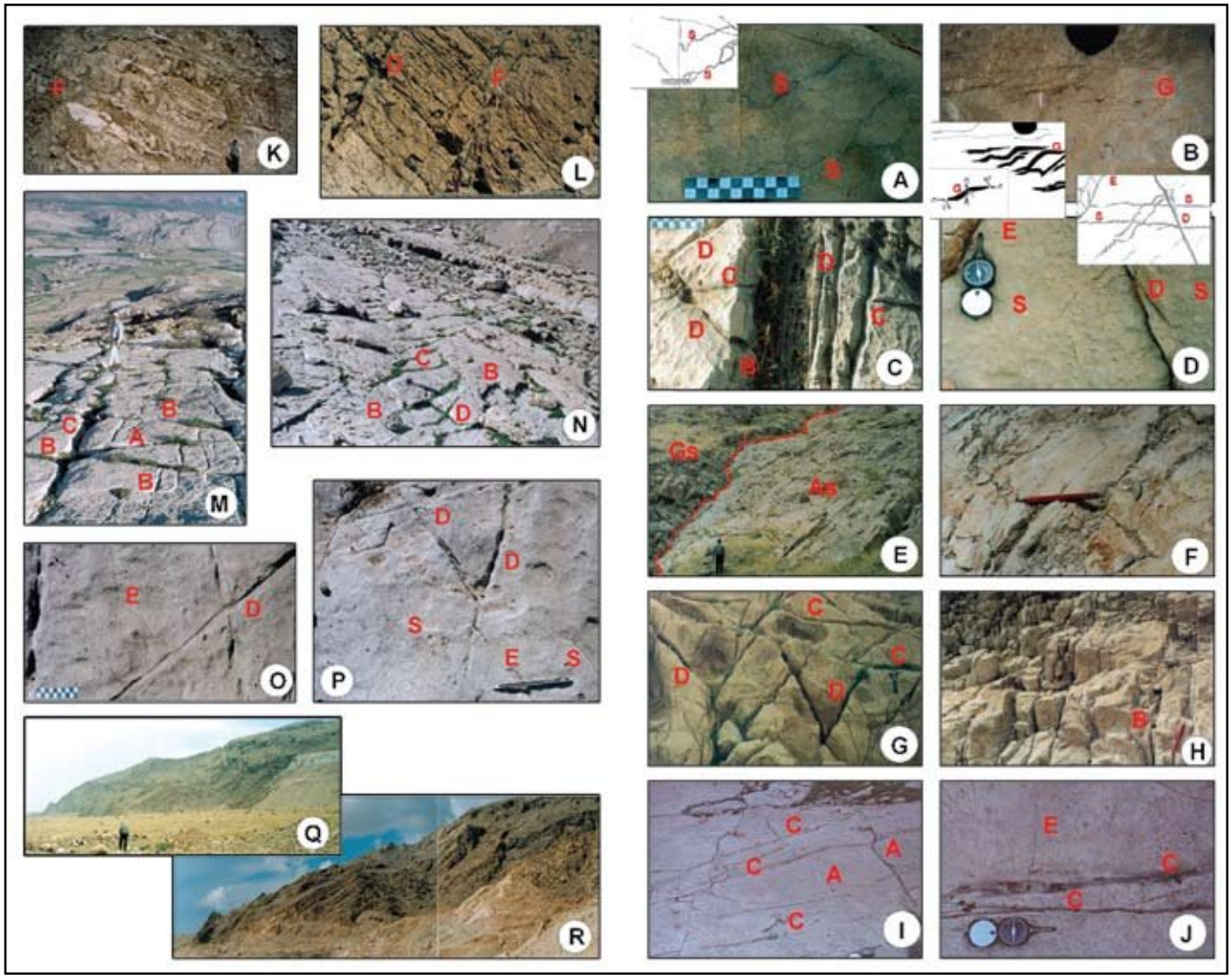
شکل ۲- A) DEM نمودار سه بعدی تاقدیس چناره و تاقدیس های هم جوار. موقعیت نمودار در شکل B-۱ مشخص شده است. B) تصویر ماهواره‌ای از تاقدیس چناره و تاقدیس‌های همجوار. موقعیت تصویر در شکل B-۱ مشخص شده است.



شکل ۳- ستون چینه‌شناسی نهشته‌های رسوبی بر اساس مشاهدات صحرایی و اطلاعات چاه‌های حفاری شده پیرامون (به نقل از مطیعی، ۱۳۷۴ و James & Wynd, 1965). نهشته‌های رسوبی نامقاوم به علت ماهیت سنگ‌شناسی مکانیکی خاص به عنوان سطح جدایشی فرعی در این منطقه مطالعاتی محسوب شده و نقش مهمی در ایجاد سبک ساختاری تاقدیس چناره ایفا می‌کنند. این نهشته‌ها با علامت ← در ستون مشخص شده اند. ستبرای نهشته‌های رسوبی بر حسب متر در داخل پرانتز درج شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

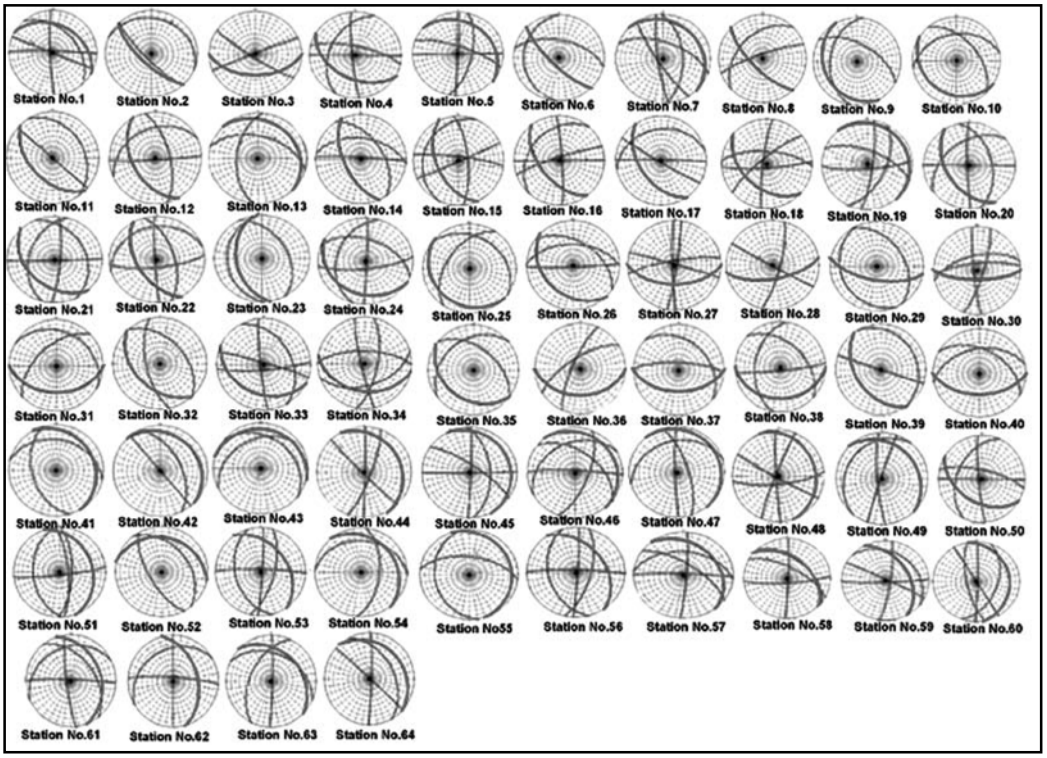


شکل ۵- عکس‌های تهیه شده در صحرا.

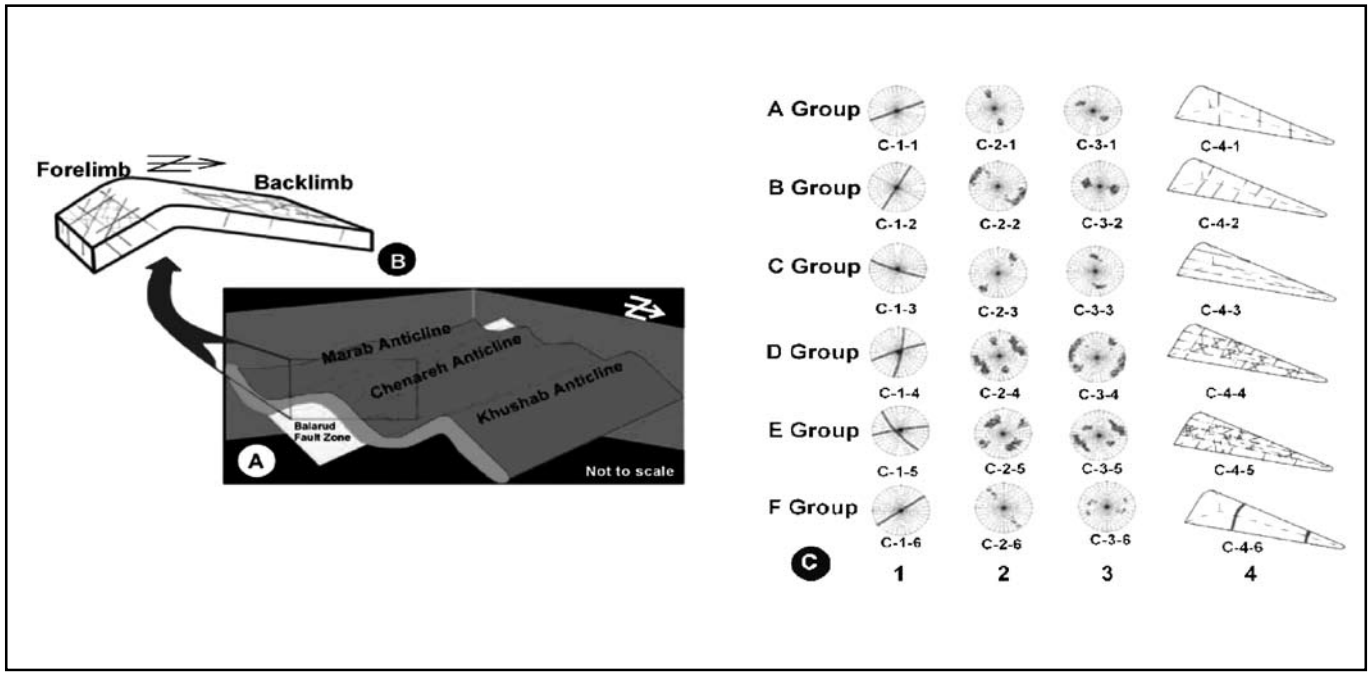
A) نمونه‌ای از ساختارهای استیلولیتی (S) در سازند آسماری یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۲۴. برای توضیح بیشتر به متن مراجعه شود. B) نمونه‌ای از شکستگی‌های زیگموییدالی پوششی (G) در سازند آسماری یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۳۰. فرم S شکل شکستگی‌ها، حرکات برشی با مؤلفه چپ گرد را برای گسل راندگی مدفون بالارود اثبات می‌کند. C) نمایش ارتباط شکستگی‌ها با یکدیگر در یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۳۶. به بازشدگی شکستگی‌های گروه B و کانی‌سازی انجام شده در آن توجه شود. D) نمونه ای از ارتباط شکستگی‌ها (D,E) با استیلولیت (S) برای نمایش تقدم و تأخر شکل‌گیری شکستگی‌ها در یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره۱۲. ابتدا استیولیت (S) سپس شکستگی‌های D و در انتها شکستگی‌های E تشکیل شده‌اند. E) نمونه‌ای از ایستگاه برداشت شکستگی‌ها در یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۵. همبری بین سازند گچساران (Gs) و آسماری (As) با خط ممتد مشخص شده است. F) نمایش سامانه شکستگی در منطقه دماغه تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۴۰. خرد شدگی و شکستگی بیش از حد سازند آسماری در منطقه دماغه حکایت از فعالیت زیاد این منطقه دارد. G) نمونه ای از ارتباط شکستگی‌های (Dو C) در یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۲۰. ابتدا شکستگی‌هایc سپس شکستگی‌های D تشکیل شده‌اند. H) نمایش شکستگی‌های گروه B در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۴۷. تراکم شکستگی‌های این گروه در این یال نسبت به یال جلویی بیشتر است. I) نمایش شکستگی‌های گروه C و A در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۵۲. شکستگی‌های C که در یال عقبی توسعه یافته‌اند، در اینجا شکستگی‌هایA را قطع کرده‌اند. J) نمونه‌ای از ارتباط شکستگی‌های گروه C و E در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۴۵. در شکستگی‌های C که به موازات محور چین تشکیل شده‌اند گاه کانی‌سازی صورت گرفته است. K) نمایش نمونه‌ای از شکستگی‌های گروه F در یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۱۸. به جابه‌جایی لایه‌ها در طول این شکستگی توجه شود. L) شکستگی‌های گروه D در یال جلویی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۳۲. یکی از شکستگی‌های گروه F با بازشدگی و اعوجاج سطح شکستگی در عکس به طور کامل مشخص است. M) نمونه‌ای از ایستگاه برداشت شکستگی‌ها در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۴۴. شکستگی‌های توسعه یافته B با بازشدگی، شکستگی‌های جدیدتر (C) را قطع کرده‌اند. نمونه‌ای از شکستگی‌های A نیز در عکس قابل مشاهده شده است. N) نمایشی از ایستگاه برداشت شکستگی‌ها در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره ۵۳. شکستگی‌های D در تقاطع با شکستگی‌های B وC دیده می‌شوند. O) نمایشی از شکستگی‌های D وE در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره۴۹. شکستگی‌های جدیدتر (E)، شکستگی‌های D را قطع کرده‌اند. P) نمونه ای از ارتباط شکستگی های D وE و استیلولیت (S) در یال عقبی تاقدیس چناره. ایستگاه شماره۴۹. Q وR) نمای دور (Q) و نزدیک (R) از ساختار گوش خرگوشی (Rabbit Ear) در شمال باختر روستای بیدروبه، در یال عقبی تاقدیس چناره. موقعیت عکس در نقشه زمین شناسی (شکل۴) مشخص شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- نمودارهای استریوگرافی برای نمایش سامانه‌های شکستگی در ایستگاه‌های برداشت بر روی سازند آسماری در تاقدیس چناره. دوایر ستبر (رنگ سرخ) لایه‌بندی، و دوایر نازک‌تر میانگین قطب شکستگی‌ها را نشان می‌دهند.



شکل ۷- A) نمودار سه بعدی برای نمایش تاقدیس چناره و تاقدیس های نزدیک آن و گسل راندگی مدفون بالارود، موقعیت آن در شکل B-۱ مشخص شده است.

B) نمودار سه بعدی شماتیک برای نمایش سامانه‌های شکستگی در یال جلویی و یال عقبی تاقدیس چناره،

۱-۱-C-۷ تا ۶-۱-C-۷: نمودارهای استریوگرافی میانگین جهت‌گیری شش گانه در تاقدیس چناره،

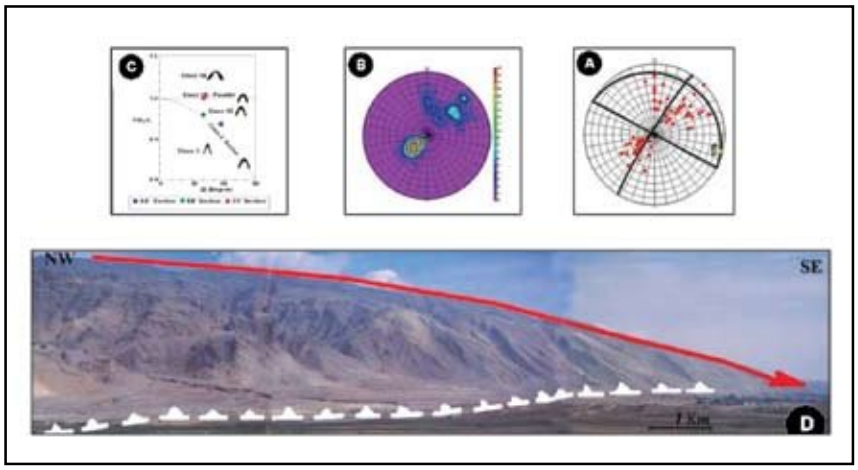
۱-۲-C-۷ تا ۶-۲-C-۷: نمودارهای استریوگرا فی قطب شکستگی‌های امروزی،

۱-۳-C-۷ تا ۶-۳-C-۷: نمودارهای استریوگرافی قطب شکستگی‌ها قبل از چین خوردگی،

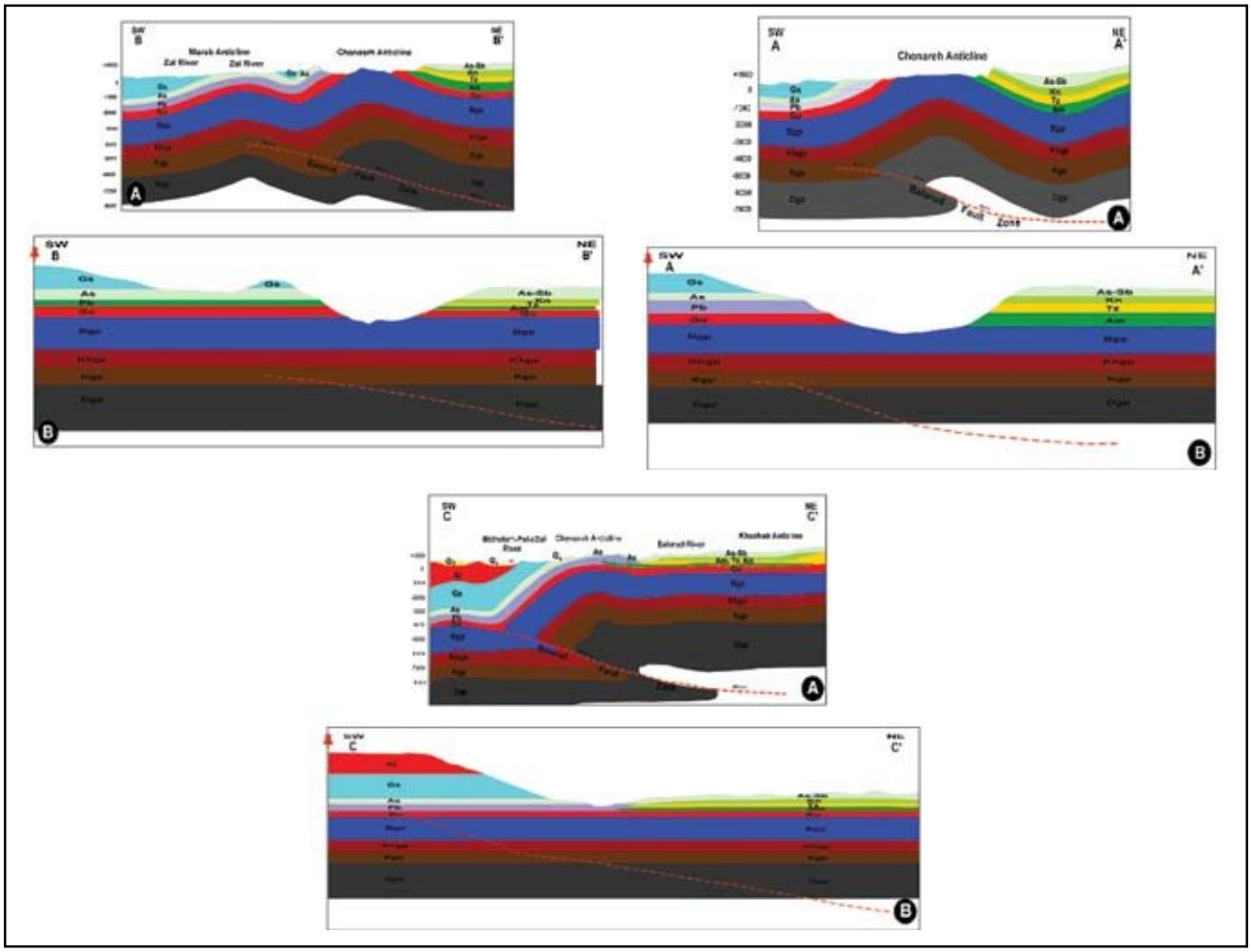
۱-۴-C-۷ تا۶-۴-C-۷: تصویر شماتیک تاقدیس چناره و نمایش میانگین جهت‌گیری شکستگی‌های شش‌گانه بر روی آن.

www.SID.ir

Archive of SID



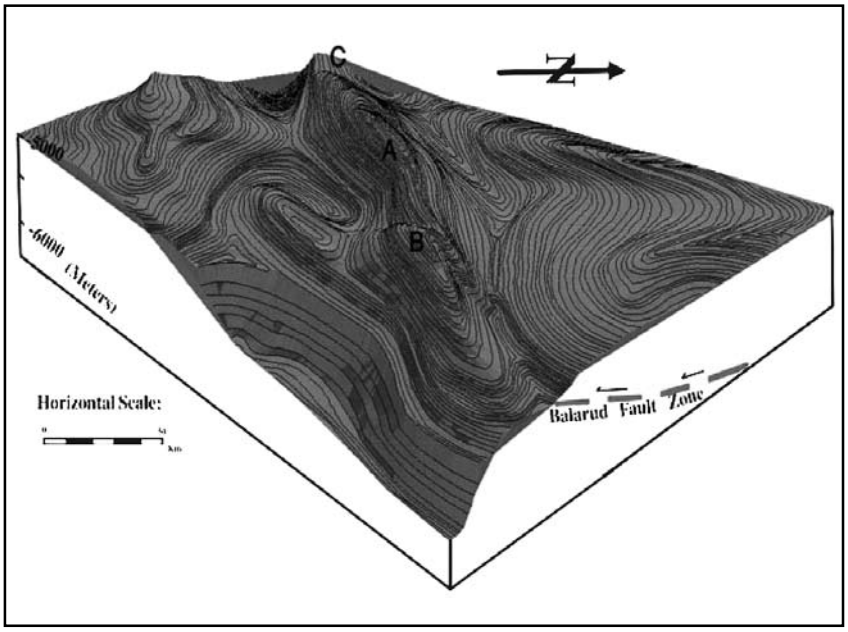
شکل ۸– A وB) نمودار استریوگرافی قطب صفحات (A) و خطوط تراز (B) تاقدیس چناره که برای تحلیل این چین تهیه شده است. نقطه β موقعیت فضایی محور چین را نشان می‌دهد. صفحه حامل این نقطه موقعیت فضایی سطح محوری چین را نشان می‌دهد. C) نمودار رده‌بندی Ramsay & Huber (1987) برای تعیین رده تاقدیس در مقاطع AA' (1C)، BB' (1C) و CC' (1B)، D)عکس تهیه شده از منطقه دماغه و بخشی از یال جلویی (یال جنوب باختری) تاقدیس چناره در شمال خاور روستای بیدروبه. دید به سمت شمال خاور. محل احتمالی عبور گسل راندگی مدفون بالارود در عکس درج شده است. موقعیت عکس در نقشه زمین‌شناسی (شکل ۴) مشخص شده است.



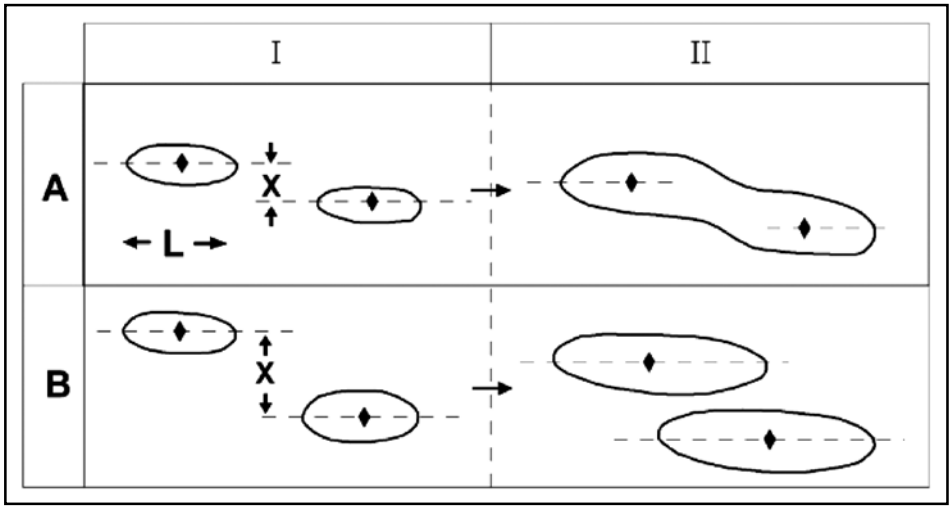
شکل ۹– مقاطع عرضی زمین‌شناسی ساختمانی (A) و موازنه شده آنها (B) AA′,BB′,CC′. این مقاطع با استفاده از داده‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی و نقشه زمین‌شناسی (شکل ۴) عمود بر محور تاقدیس چناره رسم شده است. موقعیت مقاطع در شکل ۴ مشخص شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- نقشه خمیدگی (Curvature map) رأس افق خامی در تاقدیس چناره و تاقدیس‌های مجاور آن. این نقشه بر اساس اطلاعات نقشه UGC (Under Groud Contour Map) از بخشی از تاقدیس چناره و پیرامون، برای افق رأس گروه خامی به صورت سه بعدی، با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شده است. موقعیت آن در شکل C-۲مشخص شده است. C, B, A نقاطی است که می‌توان جابه‌جایی حاصل از گسل راندگی مدفون بالارود را در آنها مقایسه نمود.



شکل ۱۱- نمایش تاقدیس‌های با آرایش پوششی (En echelon) پیش (I) و پس از اتصال(∏). L: طول موج تاقدیس، X: فاصله دو تاقدیس.

A) در صورتی که فاصله دو تاقدیس کمتر از نصف طول موج تاقدیس‌ها باشد، در این صورت تاقدیس‌ها در هم ادغام شده و یک تاقدیس بزرگ‌تر سینوسی شکل با محور پیچ و تاب خورده به‌وجود می‌آید. B) در صورتی که فاصله دو تاقدیس بیشتر از نصف طول موج تاقدیس‌ها است. در این صورت تاقدیس‌ها آرایش پوششی به خود گرفته و در یکدیگر قفل می‌شوند. به این ترتیب از انتشار (Propagation) بیشتر آنها جلوگیری خواهد شد (به نقل از Price & Cosgrove, 1990).

www.SID.ir

Archive of SID

کتابنگاری

عزیززاده، م.، ۱۳۸۶- تحلیل شکستگی‌های سازند آسماری در زون ایذه و کاربرد آن در مدل‌سازی مخازن هیدروکربوری. پایان نامه دکتری زمین‌شناسی- تکتونیک، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۳۱۳ صفحه.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴- چینه‌شناسی زاگرس. طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران، ۵۴۰ صفحه.

References

Armstrong, P. A. & Bartley, J. M., 1993- Displacement and deformation associated with a lateral thrust termination, Southern Golden Gate Range, Sothern Nevada, U.S.A.. Journal of Structural Geology, Vol.15, P.721-735.

Bellahsen, N. , Fiore, P. E. & Pollard, D. D., 2006- The role of fractures in the structural interpretation of Sheep Mountain Anticline, Wyoming. Journal of Structural Geology, Vol.28, P.850-867.

Bellahsen, N. , Fiore, P. E. & Pollard, D. D., 2007- From spatial variation of fracture patterns to fold kinematics: A geomechanical approach. Geophysical Research Letters, Vol.33, P.1-4.

Bergbauer, S. & Pollard, D. D., 2004- A new conceptual fold-fracture model including prefolding joints, based on field data from the Emigrant Gap Anticline, Wyoming. Bulletin Geological Society of America, Vol.116, P.294-309.

Bump, A. P., 2003- Reactivation, trishear modeling, and folded basement in Laramide uplifts: implications for the origins of infra-continental faults. Geological Society of America Today, Vol.13, P.4-10.

Chester, J. & Chester, J., 1990- Fault-propagation folds above thrusts with constant dip. Journal of Structural Geology, Vol.12, P.903-910.

Cloos, H., 1948- Gang und Gehwerk einer Falte. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., Vol.100, P.290-303.

Cristallini, E. O. & Allmendinger, R. W., 2002- Backlimb trishear, a kinematic model for curved folds developed over angular fault bends. Journal of Structural Geology, Vol.24, P.289-295.

Davis, G. H. & Reynolds, S. J., 1996- Structural Geology of Rocks and Regions, John Wiley & Sons, Inc., 776pp.

Duune, W. M., 1986- Mesostructural development in detachment folds: an example from West Virginia. Journal of Structural Geology. Vol.94, P.473-488.

Engelder, T., Gross, M. R., Pinkerton, P., 1997- An analysis of joint development in thick sandstone beds of the Elk Basin Anticline, Montana, Wyoming. Rocky Mountain Association OF Geologists 1997 Guidebook, Denver, Colorado, P.1-18.

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

Erslev, E. A., 1991- Trishear fault-propagation folding. Geology, Vol.19, P.617-620.

Fischer, M. P. & Christensen, R. D., 2004- Insights into the growth of basement uplifts deduced from a study of fracture systems in the San Rafel Monocline, East Central Utah. Tectonics, Vol.23, P.1029-1037.

Fischer, M. P. & Wilkerson, M. S., 2000- Predicting the orientation of joints from fold shape: results of pseudo-three-dimensional modeling and curvature analysis. Geology, Vol.14, P.451-460.

Friedman, M., 1969- Structural analysis of fractures in cores from the Saticoy Field, Ventura Co., California. American Association Petroleum Geologists Bulletin, Vol.53, P.367-389

Guiton, M., Leroy, Y. & Sassi, W., 2003- Activation of diffuse discontinuities and folding of the sedimentary layers. Journal of Geophysical Research, Vol. 108, P.80-84.

Guzzeta, G., 1984- Kinematics of stylolite formation and physics of pressure solution process. Tectonophysics, Vol.101, P.383-394.

Halsey, J. H. & Corrigan, A. F., 1977- Fracture study. Report of the fracture study team. Progress report. National Iranian Oil Company (Unpublished).

Hancock, P. L., 1985- Brittle microtectonics; Principles and Practice. Journal of Structural Geology, Vol.7, P.437-457.

Hennings, P. H., Olson, J. E. & Thopson, L. B., 2000- Combining outcrop data and three-dimensional structural models to characterize fractured reservoirs, an example from Wyoming. American Association Petroleum Geologists Bulletin, Vol.84, P.830-849.

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

Jamison, W. J., 1987- Geometric analysis of fold development in over thrust tectonics. Journal of Structural Geology, Vol.9, P.207-219.

Johnson, K. M. & Johnson, A. M., 2002- Mechanical analysis of the geometry of forced-folds. Journal of Structural Geology, Vol.24 , P.401-410

Julian, F. E. & Wiltschko, D.V., 1983- Deformation mechanism in a termination thrust anticline. Geological Society of America, Program with Abstract, Vol. 15, P.606-620.

Logan, B. W. & Semeniuk, V., 1976- Dynamic metamorphism processes and products in Devonian carbonate rocks, Canning Basin Western Australia. Geological Society of Australia, Special Publication, Vol.6, P.11-68.

McConnell, D. A., 1994- Fixed-hinge, basement-involved fault-propagation folds, Wyoming. Geological Society of America Bulletin, Vol.106, P.1583-1593.

McQuillan, H., 1974- Fracture patterns on Kuh-e-Asmari Anticline, Southwest Iran. American Association Petroleum Geologists Bulletin, Vol.58, P.236-245.

Mitra, S., 1990- Fault-propagation folds: geometry, kinematic evolution and hydrocarbon traps. American Association Petroleum Geologists Bulletin, Vol.74, P.921-945.

Moores, E. M. & Twiss, R. J. , 1995- Tectonics. W. H. Freedman & Co., New York, 415pp.

Monaco, C. & De Guidi, G., 2006- Structural evidence for Neogene rotations in the eastern Sicilian fold and thrust belt. Journal of Structural Geology, Vol.28, P.561-574.

Nickelsen, R. P., 1979- Sequence of structural stages of the Alleghany Orogeny at the Bear Valley Strip Mine, Shamokin, Pennsylvania. American Journal of Science, Vol.279, P.225-271.

Nino, F., Philip, H. & Chery, J., 1998- The role of bed-parallel slip in the formation of blind thrust faults. Journal of Structural Geology, Vol.20, P.503-516.

N.I.O.C. , 1969- Geological map of south-west Iran: covering the agreement area of Iranian Oil Operation Companies, Scale 1:100 000, National Iranian Oil Company.

www.SID.ir

Archive of SID

Odonne, F. , Lezin, C. , Massonnat, G. & Escadeillas, G. , 2007- The relationship between joint aperture, spacing distribution, vertical dimension and carbonate stratification: An example from the Kimmeridgian limestones of Pointe-du-Chay (France). Journal of Structural Geology, Vol.20, P1-13.

Pattinson, R. & Takin, M., 1971- Geological significance of the Dezful Embayment boundaries. National Iranian Oil Company (unpublished).

Price, N., 1966- Fault and Joint Development in Brittle and Semi-brittle Rock. Pergamon Press, Oxford, 176pp.

Price, N. J. & Cosgrove, J. W., 1990- Analysis of Geological Structural. Cambridge University Press, Cambridge, 502pp.

Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1987- The Techniques of Modern Structural Geology, Vol.1: Strain Analysis. Academic Press, London, 307pp.

Richard, P. & Krantz, R. W., 1991- Experiments on fault reactivations in strike-slip mode. Tectonophysics, Vol.188, P.117-131.

Richard, P., Mocquet, B. & Cobbold, P. R., 1991- Experiments on simultaneous faulting and folding above a basement wrench fault. Tectonics, Vol.188, P.133-141.

Sattarzadeh, Y. , Cosgrove, J. W. & Vita-Finzi, C., 2000- The interplay of faulting and folding the evolution of the Zagros deformation Belt. In: Cosgrove, J. W. & Ameen, M. S. (eds.), Forced folds and Fractures. Geological Society of London, Vol.169, P.187-196.

Savage, H. M. & Cooke, M. L., 2004- The effect of non-parallel thrust fault interaction on fold pattern. Journal of Structural Geology, Vol.26, P.905-917.

Sengupta, S. & Koyi, H. A., 2001- Modifications of early lineations during later folding in simple shear, In: Koyi, H. A. & Mandktelow, M. S. (eds.), Tectonic
Modeling: A Volume in Honor of Hans Ramberg: Boulder, Colorado. Geological Society of America, Memoir, Vol.193, P.51-68.

Silliphant, L. J. , Englder, T. & Gross, M. R., 2002- The state of stress in the limb of the split Mountain Anticline, Utah: Constraints placed by transected joints. Journal of Structural Geology, Vol.24, P.155-172.

Simmons, S. P. & Scholle, P. A., 1990- Late Paleozoic uplift and sedimentation, Northeas Bighorn Basin, Wyoming, Wyoming Geological Association, Guidebook, Vol.41, P.39-55.

Stanton, H. I. & Erslev, E. A., 2004- Sheep Mountain Anticline: backlimb tightening and sequential deformation in the Bighorn Basin, Wyoming. Wyoming Geological Association Guidebook, Vol.53, P.75-87.

Stearns, D. W., 1968- Certain aspects of fractures in naturally deformed rocks. Rock mechanics Seminar. R. E. Riecher, Bedford, Terrestrial Sciences Laboratory, P.97-118.

Stearns, D. W. & Friedman, M., 1972- Reservoirs in fractured rocks. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir, Vol.16, P.82-100.

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

Talbot, C. J. & Alavi, M., 1996- The past of a future syntaxis across the Zagros, In: Alsop, G. I., Blundell, D. J. & Davison, I. (eds.), 1996. Salt tectonics. Geological Society Special Publication, No. 100, P.89-109.

Twerenbold, E. F., Raualx, S. J. & VanOs, B., 1962- Fracture pattern study of Kuh-e-Bangestan and its bearing on oil accumulation. National Iranian Oil Company (Unpublished).

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

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

Walsh, J J. , Nicol, A. & Childs, G., 2003- An alternative model for the growth of faults. Journal of Structural Geology, Vol.24, P.1669-1675.

Ye, H. , Rotden, L. , Burchfiel, C. & Schuepbach, M., 1996- Late Paleozoic deformation of interior North America: The Greater Ancestral, Rocky Mountains. American Association Petroleum Geologists Bulletin, Vol.80, P.1397-1432.

www.SID.ir

Archive of SID

The Application of Fractures in Structural Interpretation of an Anticline, a Case Study: Chenareh Anticline, SW Iran

H. Hajialibeigi [1*], S. A. Alavi[1], J. Eftekharnezhad [2], M. Mokhtari[3], M. H. Adabi[1]

[1] Geology Department, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

[2] Geological Survery and Mining Exploration of Iran, Tehran, Iran.

[3] International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran.

Received: 2007 December 18 Accepted: 2008 May 31

Abstract

The Chenareh Anticline is located between Lurestan Zone (in north) and Dezful Embayment (in south) in the Zagros Folded-Thrust Belt. This anticline is documented and interpreted to constrain the kinematic evolution of a fold. The development of fractures is confined to the Asmari Formation. In the study area, the fracture pattern is interpreted to identify six main fracture sets (from A to F). The first fracture set (A) striking 68°, oblique to the further fold trend, is interpreted as a regional fracture set that predates compression phase. The second set (B) striking 110°, parallel to the fold trend, are found in both limbs and interpreted as extensional fractures. Two other fractures set, (D, E) striking 10°-70° and 80°-140° are conjugate fractures existing in both limbs. The youngest fracture set (E) had formed during the folding process especially at the late stage of fold growth. Later on the first fracture group (A) are reactivated and called as (F) fracture set. Due to geometric characteristics of the Chenareh Anticline, it is categorized as a fault -propagation fold which is affected by the blind Balarud fault zone. The Z-shaped hinge zone of present anticline is attributed to the linkage of the two early individual anticlines.

Keywords: Balarud, Fracture, Chenareh, Zagros

For Persian Version see pages 33 to 44

* Corresponding author: H. Hajialibeigi; E-mail: h-alibeigi@cc.sbu.ac.ir

www.SID.ir