

تحلیل ساختاری تاقدیس سیاه شمالی، کمربند چین - راندگی زاگرس

دلشاد نوروزی^{۱*}، عباس بحرودی^۲، محمدرضا قاسمی^۳، حمیدرضا کریم‌نژاد^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۲- استادیار دانشکده مهندسی معدن پردیس دانشکده فنی، دانشگاه تهران

۳- استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۴- کارشناس ارشد تکتونیک، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۱۸

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۲/۸

چکیده

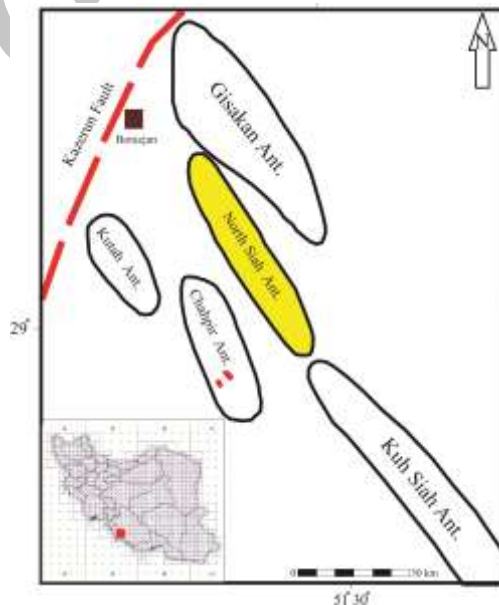
تاقدیس سیاه شمالی با روند شمال‌باختری-جنوب‌خاوری در کمربند چین-راندگی زاگرس (فارس ساحلی) و در خاور گسل کازرون واقع شده است. در این مطالعه تاقدیس سیاه شمالی به منظور تحلیل ساختاری مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا برش‌های عرضی ساختاری از تاقدیس مورد مطالعه با استفاده از برداشت‌های صحرایی و بر پایه داده‌های چاه، خط لرزه‌ای و برش‌های چین‌شناسی روزمینی ترسیم گردید. بر پایه تحلیل‌های هندسی انجام شده به روش (Mitra, 2002)، تاقدیس سیاه شمالی در رده چین‌های فراکنشی گسلیده متقارن قرار گرفت. برای تحلیل جنبشی تاقدیس یاد شده از روش (Poblet and McClay, 1996) استفاده شد و نتایج به دست آمده بیانگر آن است که هندسه تاقدیس سیاه شمالی همانند هندسه چین‌های فراکنشی ارائه شده به وسیله (Dahlestrom 1990) می‌باشد و از این‌رو فرگشت جنبشی آن بر مبنای مدل (Poblet and McClay, 1996) معتبر است.

واژه‌های کلیدی: تاقدیس سیاه شمالی، برش ساختاری، چین فراکنشی، کمربند چین-راندگی زاگرس

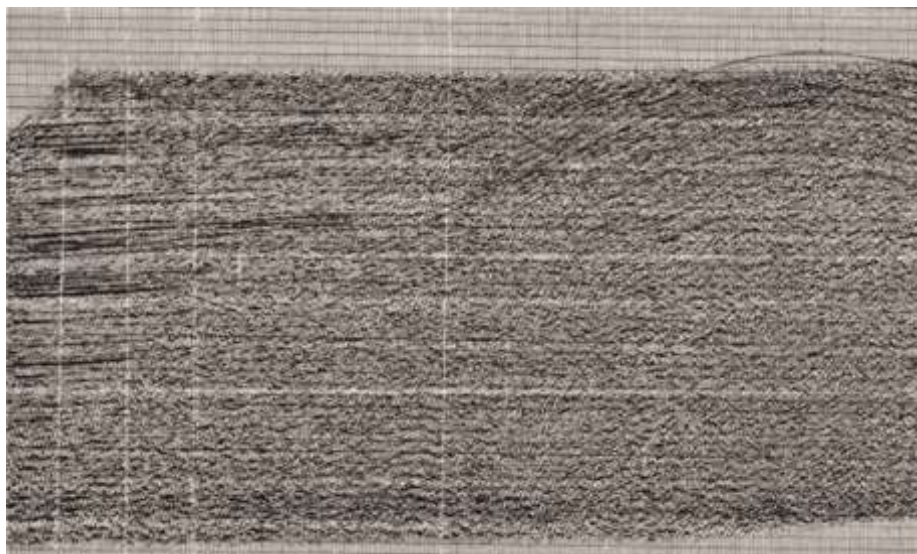
مقدمه

تاقدیس‌های چاه‌پیر و کوتاه، و در امتداد جنوب-خاور به تاقدیس کوه سیاه محدود می‌شود. و در خاور گسل کازرون واقع شده است (گزارش 1960) (شکل ۱). در هسته تاقدیس سیاه شمالی سازندهای گچساران و آسماری رخنمون سطحی دارند. ابعاد ساختمان در رخنمون سطحی سازند گچساران برابر است با طول ۳۵ و عرض ۵ کیلومتر است. ارتفاع بلندترین نقطه ساختمان از دیدگاه توپوگرافی برابر ۱۰۰۰ متر و ارتفاع بلندترین نقطه ساختمان از دیدگاه ساختمانی ۸۵۰ متر است (گزارش 1856, 1960). با توجه به آنکه اطلاعات زیرسطحی مناسبی مانند داده چاه اکتشافی از این تاقدیس وجود ندارد و همچنین اطلاعات لرزه‌ای ضعیفی از این تاقدیس وجود دارد (شکل ۲)، تنها راه دست‌یابی به این مهم و بررسی وضعیت ساختاری تاقدیس، استفاده از برداشت‌های صحرایی در قالب تحلیل هندسی و جنبشی آن می‌باشد. برای این منظور، ضخامت سازندها از برش‌های چینه‌شناسی روزمینی و نزدیک‌ترین چاه‌های اکتشافی حفاری شده (کوه سیاه و کوتاه) به وسیله شرکت ملی نفت ایران، استخراج شد.

اکثر مخازن هیدروکربنی در کمربند چین-راندگی زاگرس در ساختمان‌های تاقدیسی متمرکز می‌باشد. برای مطالعات اکتشافی، درک فضایی از این ساختمان‌ها (با استفاده از تلفیق داده‌های سطحی و زیرسطحی) یکی از اساسی‌ترین مراحل محسوب می‌شود. در این مقاله تاقدیس سیاه شمالی واقع در پهنه فارس ساحلی به منظور تحلیل الگوی ساختاری مورد مطالعه قرار گرفته است. تاقدیس سیاه شمالی در حدود ۱۰ کیلومتری باختر شهرستان برازجان در استان بوشهر واقع شده است. تاقدیسی با آزیموت اثر سطح محوری ۱۵۲ درجه می‌باشد که شیب یال شمالی آن از ۲۰-۶۰ درجه به سمت شمال‌خاور و یال جنوبی آن از ۳۵-۶۰ درجه به سمت جنوب‌باختر متغیر می‌باشد. تاقدیس سیاه شمالی در محدوده چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ کازرون و دو ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ برازجان و فامور در فاصله طول‌های جغرافیایی ۵۱° ۱۵' و ۵۱° ۳۰' خاوری و عرض‌های جغرافیایی ۲۹° ۱۵' و ۲۸° ۵۵' شمالی قرار گرفته است. ساختار مورد مطالعه در این گستره از شمال به تاقدیس‌های گیسکان و از جنوب‌باختر به



شکل ۱- تاقدیس مورد مطالعه و موقعیت آن نسبت به ساختمان‌های مجاور.



شکل ۲- خط لرزه‌ای رانده شده (R6461) و تفسیر آن، همان گونه که در تصویر مشاهده می‌شود وضعیت ساختمان سپاه شمالی در افق‌های پایین تر مورد سوال است (برگرفته از گزارش شماره سال 1960 شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف).

روش کار

ت هندسه تاقدیس‌ها در برش‌های زمین‌شناسی با استفاده از اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و مشخصات هندسی لایه‌بندی (امتداد و شیب) که در پیمایش‌های صحرائی اندازه‌گیری شده است، بازسازی گردیده است.

ث) ترسیم برش‌های زمین‌شناسی با تلاش در جهت حفظ ضخامت سازندها و طول آنها به وسیله نرم‌افزار Auto Cad انجام شد.

برای تشخیص وضعیت محور و سطح‌محوری چین، اطلاعات مربوط به لایه‌بندی‌ها در یال شمالی و جنوبی تاقدیس بر روی استریونت پیاده و استریوگرام‌های مربوطه تهیه شده است (شکل ۵). همچنین به جهت خلاصه‌نویسی و تسهیل دسترسی به اطلاعات، مشخصات و پارامترهای هندسی برش‌ها در یک جدول تدوین شده است (جدول ۱). از آنجایی که بخش وسیعی از ساختمان سپاه شمالی به وسیله سازند شکل‌پذیر گچساران پوشیده شده (شکل ۴) و برداشت‌های ساختاری از این واحد غیرقابل اعتماد است. بنابراین اطلاع از چگونگی وضعیت لایه‌ها در افق‌های پایین تر مورد سوال می‌باشد. از این رو برش-

بر پایه برداشت‌های صحرائی انجام گرفته (شکل ۳) در مسیرهای پیمایش، ۳ برش ساختاری عرضی به طور تقریب عمود بر تاقدیس ترسیم گردید. این برش‌های ساختاری از جنوب‌خاور به شمال‌باختر با نام‌های AA' تا CC' مشخص شده‌اند (شکل ۴). نکات مورد استفاده در ترسیم برش‌های ساختمانی به شرح زیر است:

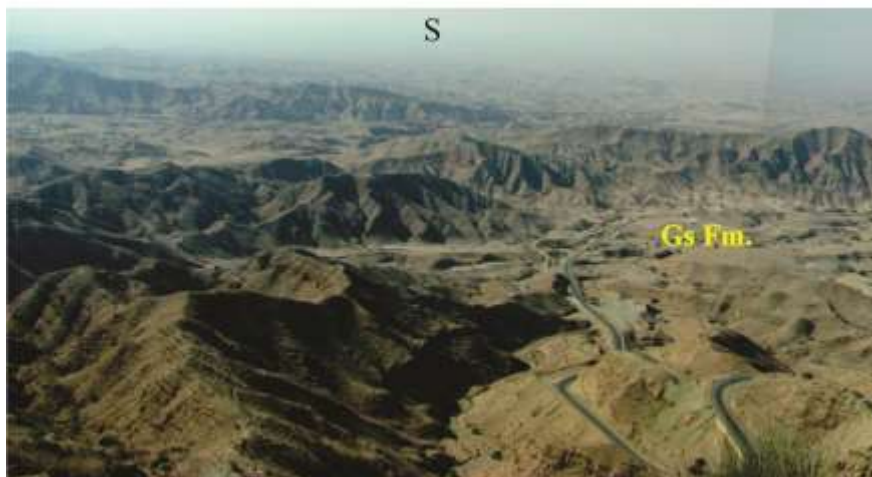
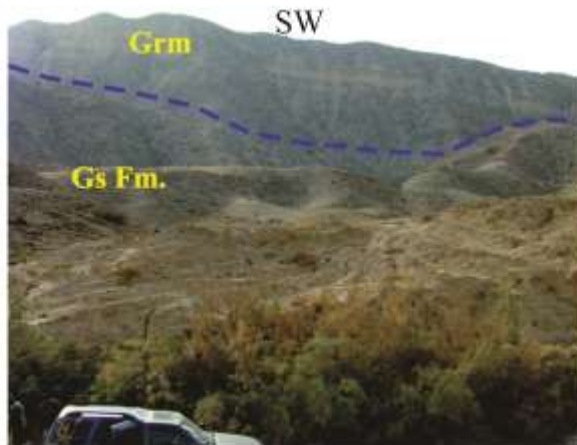
الف) این برش‌ها با استفاده از الگوی شکن^۱ و با استفاده از تعیین پهنه‌های شیب^۲ و ترسیم سطح‌های محوری پهنه‌ها بازسازی گردیده است.

ب) ضخامت‌های چینه‌شناسی مورد استفاده در ترسیم برش، برای سازندهای حفاری شده از چاه و برای سازندهای دارای رخنمون، از نزدیک‌ترین برش‌های چینه‌شناسی روزمینی استخراج شده است. از آنجایی که توالی پالئوزوئیک‌زیرین در هیچ یک از چاه‌های حفاری شده گزارش نشده است مجموع ضخامت این بخش بر پایه مطالعات پیشین حدود ۳۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

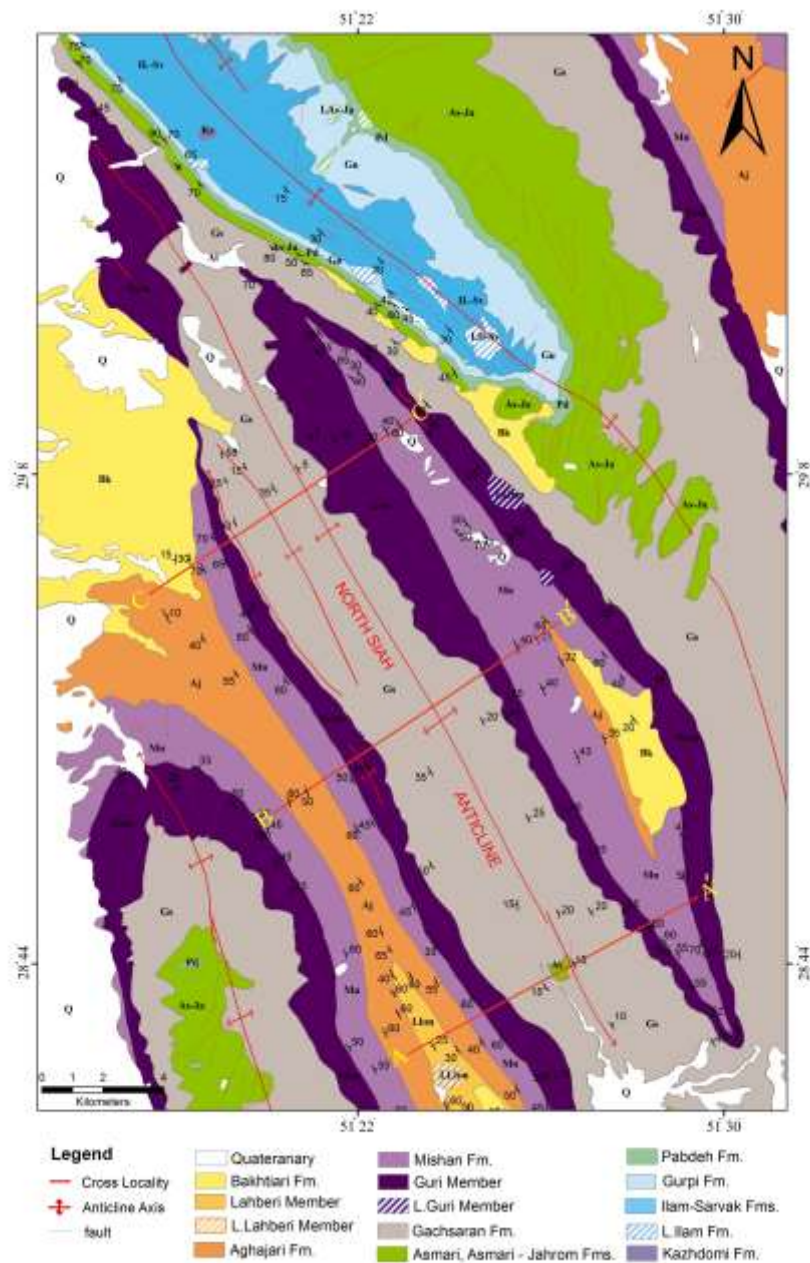
1 -Kink method

2 -Dip domains

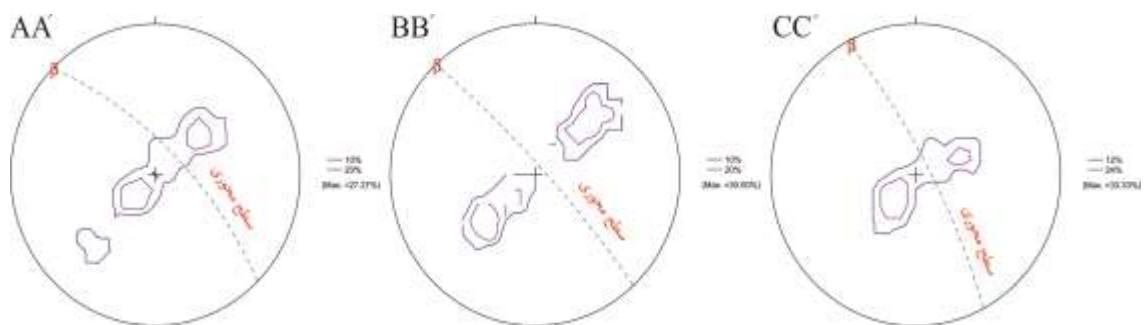
های ترسیمی در این پژوهش می‌تواند یکی از سناریوهای موجود برای تحلیل ساختاری تاقدیس سیاه شمالی باشد.



شکل ۳- نمایی از سازند گچساران (Gs Fm.)، بخش گوری (Grm)، سازند میشان (Mn Fm.) و سازند آغاچاری (Aj Fm.) در هسته و یال‌های تاقدیس سیاه شمالی.



شکل ۴- نقشه زمین شناسی تاقدیس سیاه شمالی که محل برش‌های ساختاری عرضی بر روی آن مشخص شده است (برگرفته از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ برازجان و فامور، شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۷۷).



شکل ۵- استریوگرام های تهیه شده برای برش‌های AA', BB', CC'

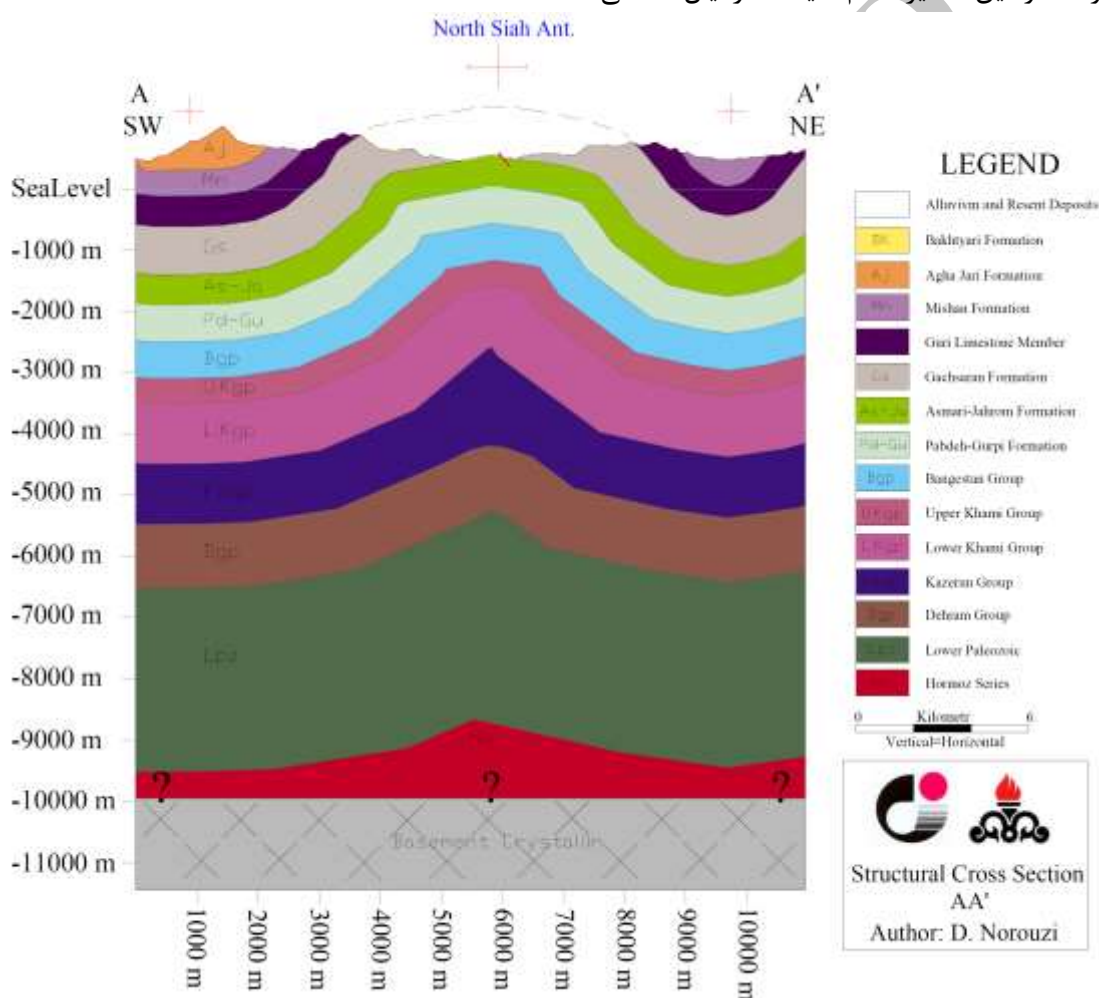
جدول ۱- مشخصات و پارامترهای هندسی تاقدیس سیاه شمالی در برش‌های ترسیمی

نام برش	راستای برش	طول برش (Km)	وضعیت محور (روند-میل)	زاویه بین‌یالی (درجه) (γ)
AA'	N 66 E	10/94	0-315	60
BB'	N 64 E	11/45	0-317	80
CC'	N 63 E	10/51	3-333	40

برش ساختاری عرضی AA'

در هسته تاقدیس سیاه شمالی در این برش سازند آسماری و سازند پلاستیک گچساران رخنمون دارند. در این مسیر تمام لایه‌ها در یال شمالی

تاقدیس دارای شیب عادی به سمت شمال‌خاور می‌باشند و در یال جنوبی نیز شیب‌های عادی به سمت جنوب‌باختر را نشان می‌دهند (شکل ۶).

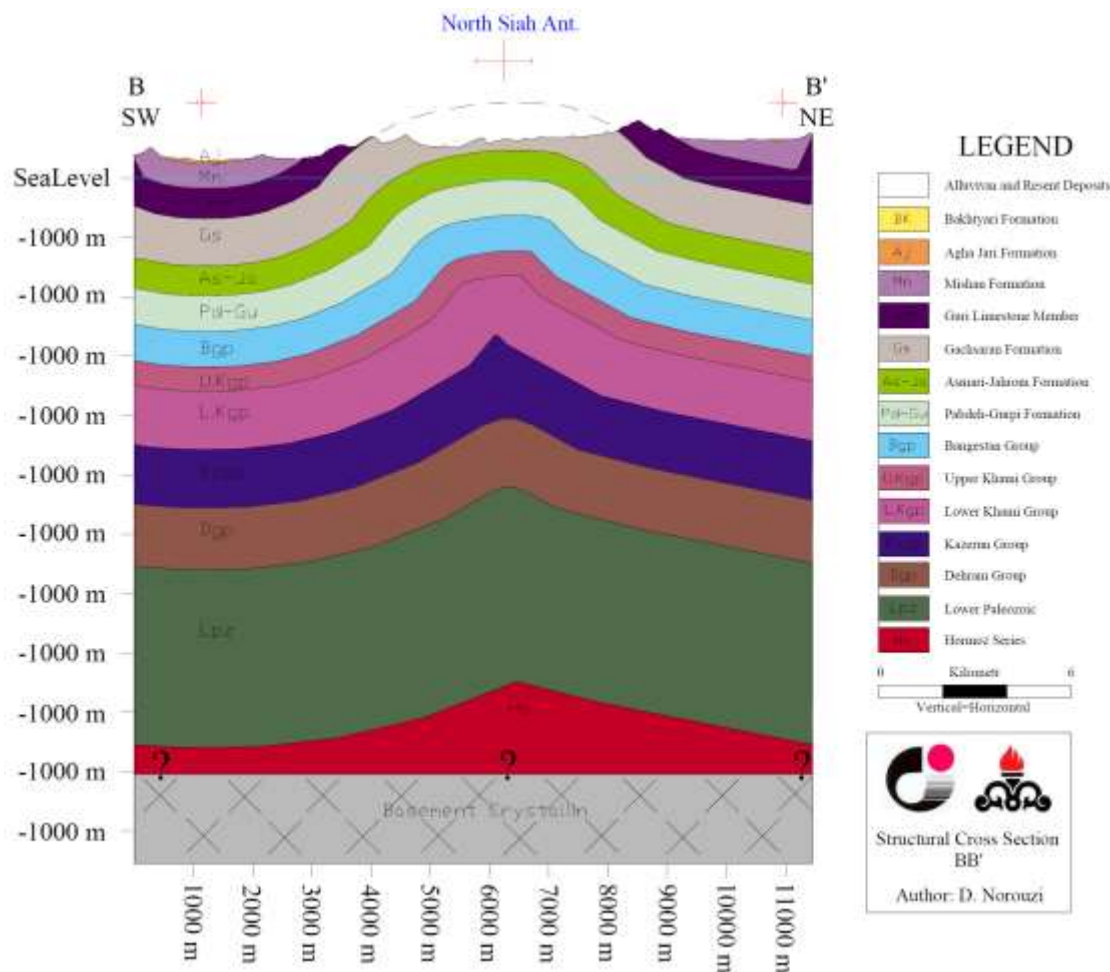


شکل ۶- برش عرضی ساختاری AA'، برای مشاهده محل برش و راهنمای واحدها به شکل ۴ مراجعه شود

برش ساختاری عرضی BB'

در هسته تاقدیس سیاه شمالی در این برش سازند پلاستیک گچساران رخنمون دارد. در این مسیر تمام لایه‌ها در پهلوی شمالی تاقدیس دارای شیب

عادی به سمت شمال‌خاور می‌باشند و در یال جنوبی نیز شیب‌های عادی به سمت جنوب‌باختر را نشان می‌دهند (شکل ۷).



شکل ۷- برش عرضی ساختاری BB'، برای مشاهده محل برش و راهنمای واحدها به شکل ۴ مراجعه شود.

برش ساختاری عرضی CC'

در هسته تاقدیس سیاه شمالی در این برش سازند پلاستیک گچساران رخنمون دارند. در این مسیر تمام لایه‌ها در یال شمالی تاقدیس دارای شیب عادی به سمت شمال‌خاور می‌باشند و در یال جنوبی نیز شیب‌های عادی به سمت جنوب‌باختر را نشان می‌دهند (شکل ۸).

بحث

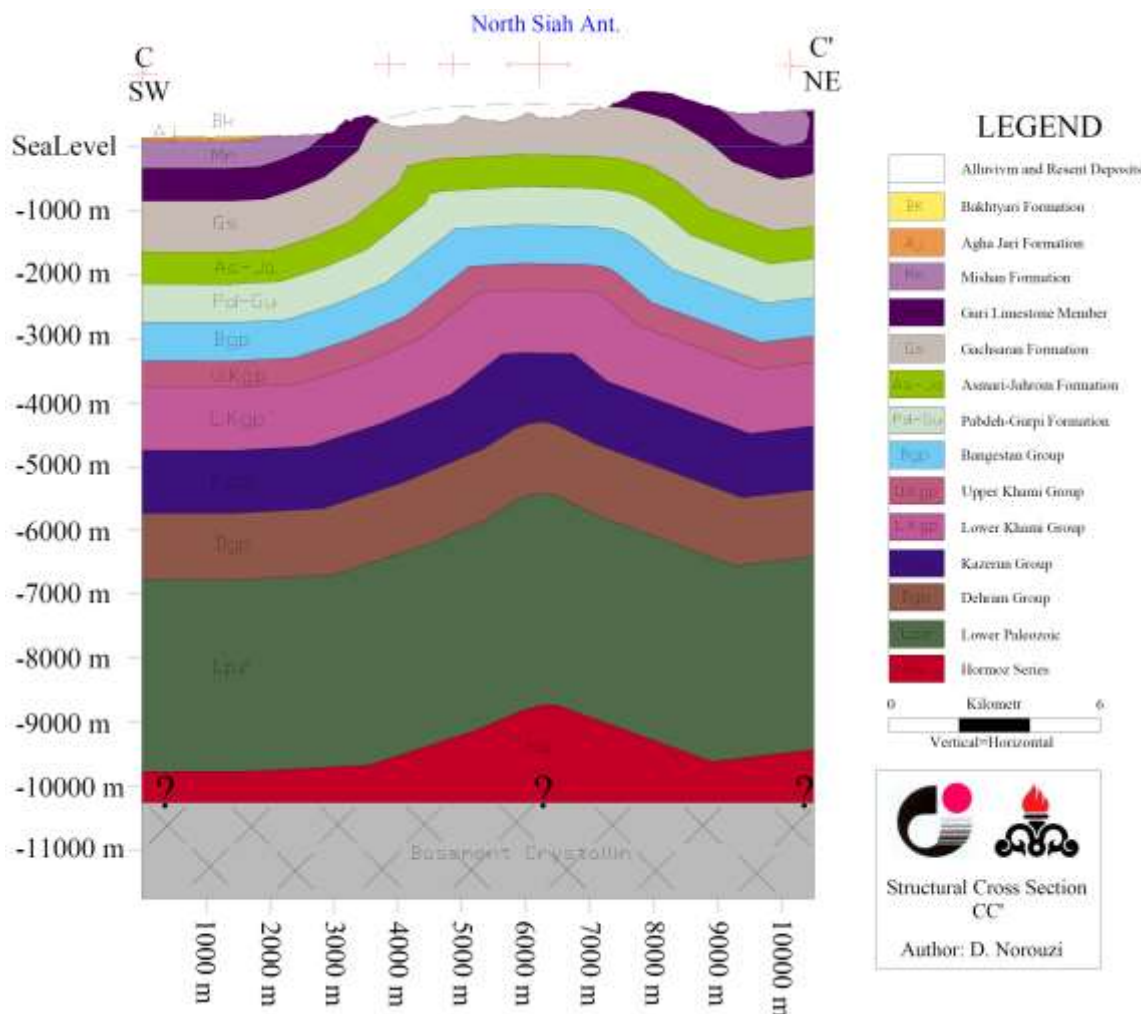
میترا (Mitra, 2002) با معرفی چین‌های فراکنشی گسلیده^۱، اشاره می‌کند که این چین‌ها از نظر ظاهری همانند چین‌های پیشروی گسلی^۲ می‌باشند و به همین علت در تفسیر هندسه چین

در مناطقی که اطلاعات کافی وجود نداشته باشد، ممکن است اشتباه رخ دهد. ایشان با ذکر ویژگی‌های کلیدی چین‌های پیشروی گسلی و همچنین ویژگی‌های چین‌های فراکنشی گسلیده، این دو نوع چین‌خوردگی را با هم مقایسه کرده است. به این صورت که چین‌های پیشروی گسلی در واحدهای دارای لایه‌بندی نازک، لیتولوژی نسبتاً همگن و تعداد زیاد سطوح لایه‌بندی به وجود می‌آیند.

همچنین بیان می‌کند که برای یک ساختار، فقط بر پایه اطلاعات سطحی و اطلاعات زیرسطحی ناکافی، هر دو مدل چین‌های پیشروی گسلی و چین‌های فراکنشی گسلیده را می‌توان در نظر گرفت و انتخاب تفسیر نهایی به اطلاعات

1 - faulted detachment folds
2 - fault propagation folds

زیرسطحی بیشتر و آگاهی از چین‌شناسی مکانیکی منطقه بستگی دارد.



شکل ۸- برش عرضی ساختاری CC'، برای مشاهده محل برش و راهنمای واحدها به شکل ۴ مراجعه شود.

(شکل ۹b). به دلیل تقارن نسبی تاقدیس، هر دو یال تاقدیس دچار یک میزان دگرریختی می‌شوند، پیشروی گسل‌ها در بخش‌های پرشیب هر دو یال به صورت هم‌زمان صورت می‌گیرد. این فرآیند منجر به شکل‌گیری یک ساختمان فراجسته متقارن^۱ می‌شود که با دو گسل که به طرف یکدیگر شیب دارند محصور شده است (شکل ۹c). سرانجام یکی از دو گسل به سطح فراکنشی قاعده‌ای متصل شده و رشد متقارن آینده چین را

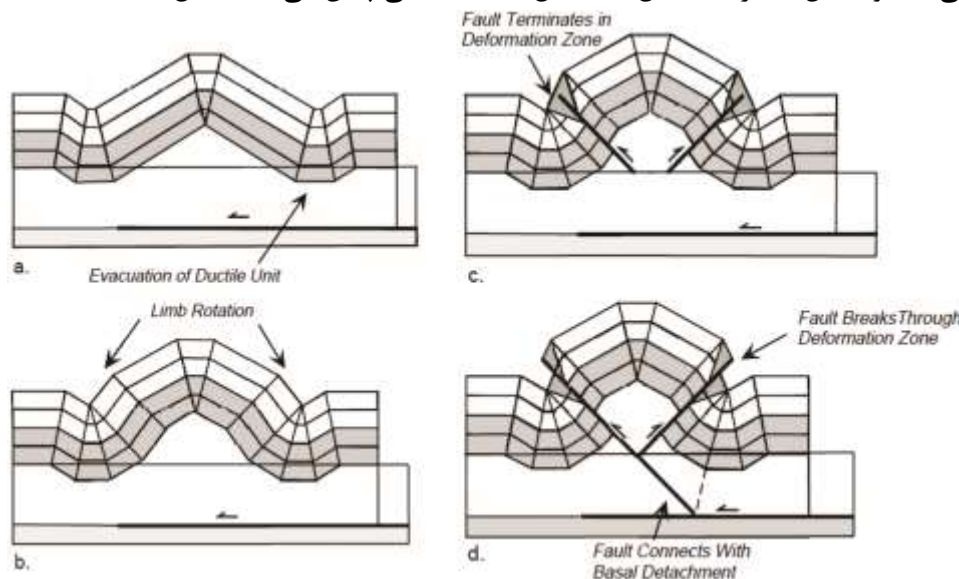
الگوی جنبشی فرگشت چین‌های فراکنشی گسلیده متقارن

بر پایه این الگوی جنبشی، وجود یک سطح قاعده‌ای فراکنشی افقی (Davis and Engelder, 1985) با قوام اصطکاکی نسبتاً پایین در قاعده توالی رسوبی سبب می‌شود که در مراحل اولیه چین‌خوردگی، تاقدیس متقارنی که با دو ناودیس هم‌اندازه در طرفین آن احاطه شده است شکل بگیرد (شکل ۹a). افزایش میزان کوتاه‌شدگی موجب افزایش سطح تاقدیس و کاهش سطح ناودیس‌های احاطه‌کننده آن می‌شود

1 -Pop up structure

اصلی پایان می‌یابد (شکل ۹د).

کنترل می‌کند و گسل دیگر با اتصال به گسل



شکل ۹- الگوی جنبشی فرگشت چین‌های فراکنشی گسلیده متقارن (Mitra, 2002).

بر پایه شباهت هندسه و آگاهی از چینه‌شناسی گستره مورد مطالعه که به صورت توالی متناوب و ناهمگن است، الگوی چین خوردگی تاقدیس سیاه شمالی بسیار نزدیک به الگوی ارائه شده به وسیله میترا (Mitra, 2002) می‌باشد با این تفاوت که گسل‌های تعدیل‌کننده^۱ چین در مرحله سوم از الگوی فرگشتی، گسل‌های ثانویه‌ای هستند که یا حداقل در رخنمون سطحی تاقدیس سیاه شمالی قابل دیدن نمی‌باشند و یا تاقدیس سیاه شمالی به آن مرحله از فرگشت برای ایجاد این گسل‌ها نرسیده است.

حال برای تایید و یا عدم تایید تحلیل انجام گرفته بر پایه مدل میترا (Mitra, 2002)، ساختمان سیاه شمالی را بر پایه مدل پابلت و مک‌کلی (Pablet and McClay 1996) که تاکنون جامع‌ترین مدل جنبشی ارائه شده برای چین‌های فراکنشی است، مورد بررسی قرار می‌دهیم. ایشان در این مدل سه شکل اصلی از چین خوردگی فراکنشی را تحلیل نموده‌اند (شکل ۱۰).

بر پایه شباهت هندسه و آگاهی از چینه‌شناسی گستره مورد مطالعه که به صورت توالی متناوب و ناهمگن است، الگوی چین خوردگی تاقدیس سیاه شمالی بسیار نزدیک به الگوی ارائه شده به وسیله میترا (Mitra, 2002) می‌باشد با این تفاوت که گسل‌های تعدیل‌کننده^۱ چین در مرحله سوم از الگوی فرگشتی، گسل‌های ثانویه‌ای هستند که یا حداقل در رخنمون سطحی تاقدیس سیاه شمالی قابل دیدن نمی‌باشند و یا تاقدیس سیاه شمالی به آن مرحله از فرگشت برای ایجاد این گسل‌ها نرسیده است.

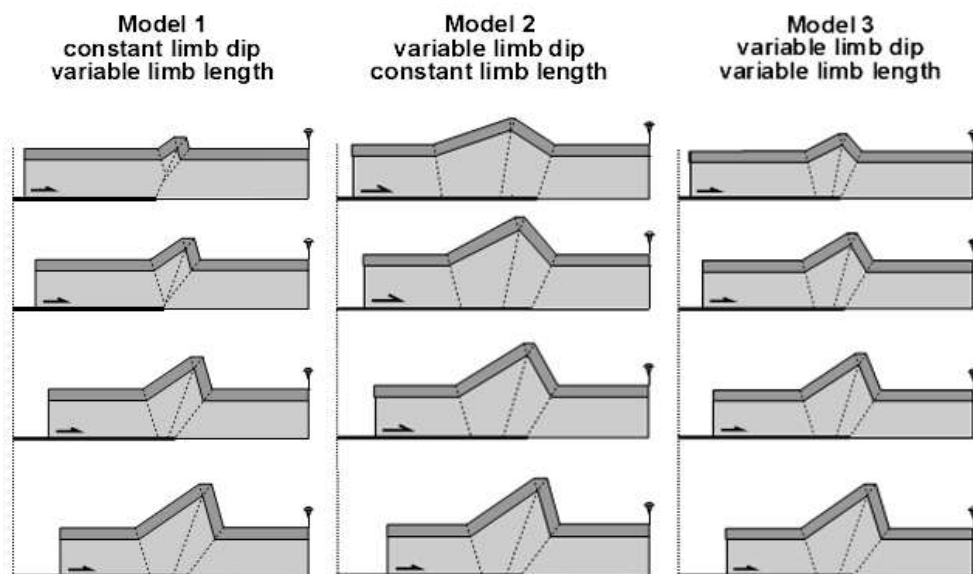
حال برای تایید و یا عدم تایید تحلیل انجام گرفته بر پایه مدل میترا (Mitra, 2002)، ساختمان سیاه شمالی را بر پایه مدل پابلت و مک‌کلی (Pablet and McClay 1996) که تاکنون جامع‌ترین مدل جنبشی ارائه شده برای چین‌های فراکنشی است، مورد بررسی قرار می‌دهیم. ایشان در این مدل سه شکل اصلی از چین خوردگی فراکنشی را تحلیل نموده‌اند (شکل ۱۰).

بر پایه مدل اول که توسط میشل و ودوارد

2- Low of conservation of volume
3 -competent
4- excess area

1-Accommodated

سمت بالاترین بخش تاقدیس مهاجرت می‌نماید تا چین متمرکز به وجود آید.



شکل ۱۰- سه مدل ممکن برای فرگشت پیشرونده یک چین فراکنشی (بر گرفته از Poblet and McClay, 1996).

مقادیر کوتاه‌شدگی به دست آمده از اندازه‌گیری- های برش ساختاری از تاقدیس مطابقت داشته باشد بیانگر آن است که هندسه و تحول جنبشی چین مورد نظر سازگار بر مدل می‌باشد. برای این منظور می‌بایستی برشی از چین، عمود بر محور آن ترسیم و به جهت آسانی محاسبه، هندسه چین به صورت یکی از هندسه‌های جناغی، شکن و یا جعبه‌ای فرض شود و اندازه‌گیری زاویه بین - یال‌ها بدون در نظر گرفتن تمایل سطح فراکنش^۴ صورت گیرد. برای تعیین سازوکار جنبشی، نیاز به تحلیل هندسی چین‌های فراکنشی می‌باشد. برای تحلیل هندسی، نیاز به دانستن متغیرهایی که در شکل ۱۱ آورده شده می‌باشد. این متغیرها را می‌توان از برش عرضی ترسیمی اندازه‌گیری نمود. برای این منظور اطلاعات موجود در جدول ۲ را از برش BB' ترسیم شده برای تاقدیس سیاه شمالی (به دلیل نزدیکی به محل خط لرزه‌ای رانده شده) و بر پایه سطح بالایی سازند پرقوام آسماری محاسبه گردید.

پابلت و مک‌کلی (1996) برای تحلیل هندسی چین‌های فراکنشی به وجود آمده بر پایه فرگشت جنبشی مدل دالستروم (1990) نمودارهایی را معرفی نموده‌اند و باور دارند چنان چه میزان شیب یال‌های چین و نسبت سینوسی آنها اندازه‌گیری شود و بر پایه طول پیش‌یال^۱ و پس‌یال^۲ نرمالیزه شود، می‌تواند جهت محاسبه میزان کوتاه‌شدگی لایه پرقوام بالای لایه فراکنشی^۳ شکل‌پذیر که چین در آن توسعه یافته، استفاده گردد. مقدار کوتاه‌شدگی واقعی بر مبنای نمودار، برای پیش‌یال و پس‌یال، از رابطه ۱ حاصل می‌شود.

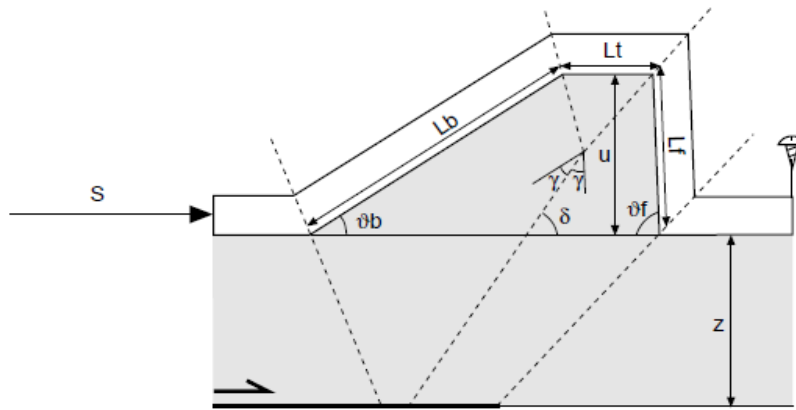
رابطه ۱)

$$S = \frac{\text{Calculated Shortening } L_f (L_b)}{10}$$

با جایگزینی کوتاه‌شدگی بدست آمده از نمودارها به جای کوتاه‌شدگی در معادله بالا به صورت جداگانه برای پیش‌یال و پس‌یال، مقدار کوتاه- شدگی واقعی بدست می‌آید. چنان‌چه این میزان با

- 1 - fore limb
- 2 - back limb
- 3 - detachment layer

4 - detachment level

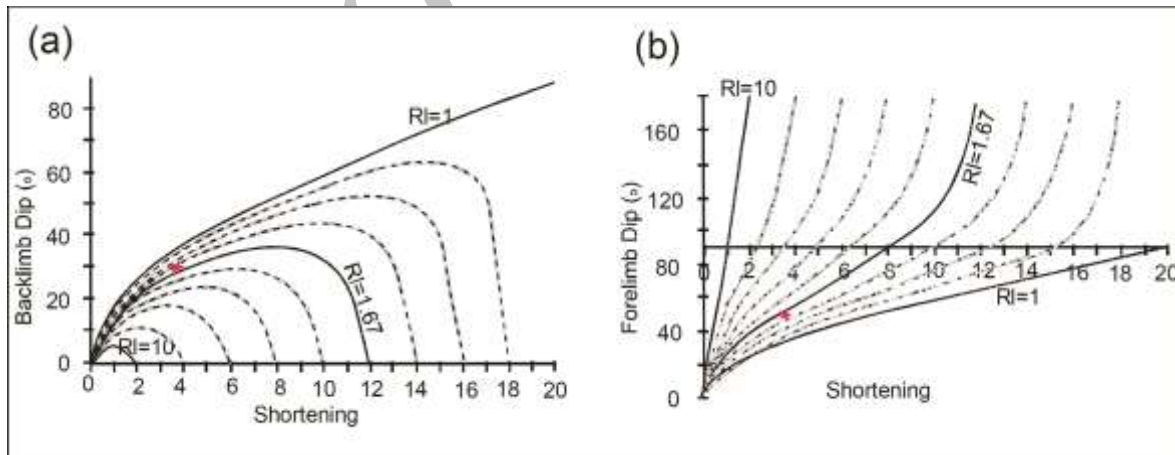


شکل ۱۱- پارامترهای هندسی مورد استفاده برای توصیف جنبشی یک چین فراکنشی (برگرفته از Poble and Mc Clay, 1996).
 جدول ۲- پارامترهای هندسی تاقدیس سیاه شمالی در برش BB' جهت تحلیل هندسی آن به روش پابلت و مک کلی (Poble and McClay, 1996)

پارامترهای هندسی	طول پس پال (Lh) به متر	طول پیش پال (Lf) به متر	شیب پس پال (Vh) به درجه	شیب پیش پال (Vf) به درجه	$RI = \frac{\sin(Vf)}{\sin(Vh)}$	کوئده شدگی محاسبه شده از روی نمودار، نرمالیزه بر پایه پس پال به متر	کوئده شدگی محاسبه شده از روی نمودار، نرمالیزه بر پایه پیش پال به متر	کوئده شدگی محاسبه شده از روی برش ساختاری به متر
برش BB' تاقدیس سیاه شمالی	۵۰۲۰	۴۴۸۰	۳۰	۵۰	۱/۵۳	۱۷۵۷	۱۷۰۲	۱۶۵۰

آن است که هندسه تاقدیس سیاه شمالی مشابه هندسه چین‌های فراکنشی ارائه شده به وسیله دالستروم (۱۹۹۰) می‌باشد و از این‌رو هندسه چین فراکنشی و فرگشت جنبشی آن بر پایه مدل پابلت و مک کلی برای تاقدیس سیاه شمالی معتبر است.

با توجه به نتیجه‌های به دست آمده از روابط و نمودارهای پابلت و مک کلی و برش عرضی ساختاری ترسیم شده، میزان کوتاه‌شدگی محاسبه شده از روی برش عرضی ساختاری BB' با میزان برآورد شده از روی نمودارهای مربوطه سازگاری زیادی داشته (جدول ۲ و شکل ۱۲) و این بیانگر



شکل ۱۲- نمودارهای تعیین پارامترهای هندسی چین‌های فراکنشی (برگرفته از Poble and McClay, 1996).
 منحنی‌های نمودارها منطبق بر مقادیر RI به ترتیب از ۱، ۱.۱۱، ۱.۲۵، ۱.۴۳، ۱.۶۷، ۲، ۲.۵۰، ۳.۳۳ و ۱۰ می‌باشند. موقعیت تاقدیس سیاه شمالی بر پایه پارامترهای هندسی آن (جدول ۲) به صورت ستاره در نمودارها نمایش داده شده است.

نتیجه گیری

نشان می‌دهد که هندسه تاقدیس سیاه شمالی مشابه هندسه چین‌های فراکنشی ارائه شده به وسیله دالستروم (1990) می‌باشند و از این رو هندسه چین فراکنشی و فرگشت جنبشی آن بر مبنای مدل پابلت و مک‌کلی برای این تاقدیس‌ها معتبر است.

بر پایه الگوی‌های چین‌خوردگی ارائه شده به وسیله میترا (Mitra, 2002) برای چین‌های فراکنشی، تاقدیس سیاه شمالی دارای الگوی بسیار نزدیک به چین‌های فراکنشی گسلیده متقارن می‌باشد و همچنین نتایج به دست آمده از روابط و نمودارهای پابلت و مک‌کلی (1996)

منابع

- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ برازجان، ۱۹۷۳. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف.
- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ فامور، ۱۹۷۷. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف.

- گزارش شماره GR 1856، ۱۳۷۵. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف.
- گزارش شماره GR 1960، ۱۳۷۹. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف.

- Mitchell, M.M., and N. B Woodward, (1988), Kink detachment fold in the southwest Montana fold and thrust belt: *Geology*, v. 16, p. 162-165.
- Mitra, S., (2002). Structural models of faulted detachment folds. *AAPG Bull.*, 86(9), 1673-1694.
- Poblet, J.A. and McClay, K.R., (1996). Geometry and kinematics of single layer detachment folds. *AAPG Bulletin*, 80, 1085-1109.

- Dahlstrom, C.D.A., (1990). Geometric constraints derived from the law of conservation of volume and applied to evolutionary models for detachment folding. *AAPG, Bulletin*, V. 74, No. 3, 336-344.
- Davis, D.M, and Engelder, T., (1985), The role of salt in fold and thrust belts. *Tectonophysics*, Vol. 119, PP. 67 – 68.
- De Sitter, L.U., (1956). *Structural Geology*. McGraw-Hill. London.