

## تحلیل هندسی شکستگی‌های سازند آسماری تاقدیس دارا، به عنوان الگوی برای مخازن هیدروکربنی زیر سطحی آسماری

سعید محمدی اصل<sup>۱</sup>، علی فرضی پور صائین<sup>۲\*</sup>، قدرت اله شفیعی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>کارشناسی ارشد تکتونیک دانشگاه اصفهان

<sup>۲</sup>دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

<sup>۳</sup>کارشناس ارشد تکتونیک شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

a.farzipour@sci.ui.ac.ir

دریافت فروردین ۱۳۹۶، پذیرش مهر ۱۳۹۶

### چکیده

مطالعات فراوانی کیفیت مخازن آسماری، به عنوان سنگ مخزن اصلی در جنوب غرب ایران، را غالباً تحت تاثیر سیستم شکستگی‌ها دانسته اند. در این مطالعه به منظور بررسی الگوی شکستگی‌ها در مخازن آسماری و همچنین ارائه نمونه ای برای سایر مخازن آسماری، تاقدیس دارا در فرو افتادگی دزفول جنوبی که دارای رخنمون وسیعی از سازند آسماری می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. در طی مطالعات صحرایی یازده ایستگاه بر روی سازند آسماری تاقدیس دارا در موقعیت‌های مختلف ساختاری، بررسی شده اند. در یال جنوب غربی چهار دسته شکستگی، در یال شمال شرقی چهار دسته شکستگی و در ناحیه لولایی سه دسته شکستگی شناسایی گردیدند. تمام دسته شکستگی‌های شناسایی شده از لحاظ ساختاری مرتبط با چین خوردگی هستند. زمان نسبی تشکیل شکستگی‌های شناسایی شده نسبت به چین خوردگی در طی این مطالعه، قبل و یا همزمان با چین خوردگی تشخیص داده شدند. دامنه تغییرات تراکم شکستگی در رخنمون آسماری تاقدیس دارا بر اساس مطالعات صحرایی ۲ تا ۱۱/۷۵ شکستگی، در متر متغیر است. دامنه تغییرات طول شکستگی‌ها بر اساس مطالعات صحرایی از ۱ تا ۲۵ متر می‌باشد و بیشتر شکستگی‌ها دارای طولی کمتر از ۵ متر می‌باشند. همچنین در این مطالعه مشخص گردید بین تراکم شکستگی و ضخامت لایه بندی، رابطه لگاریتمی منفی برقرار است.

کلید واژه‌ها: مخزن آسماری، شکستگی، تاقدیس دارا، فرو افتادگی دزفول جنوبی.

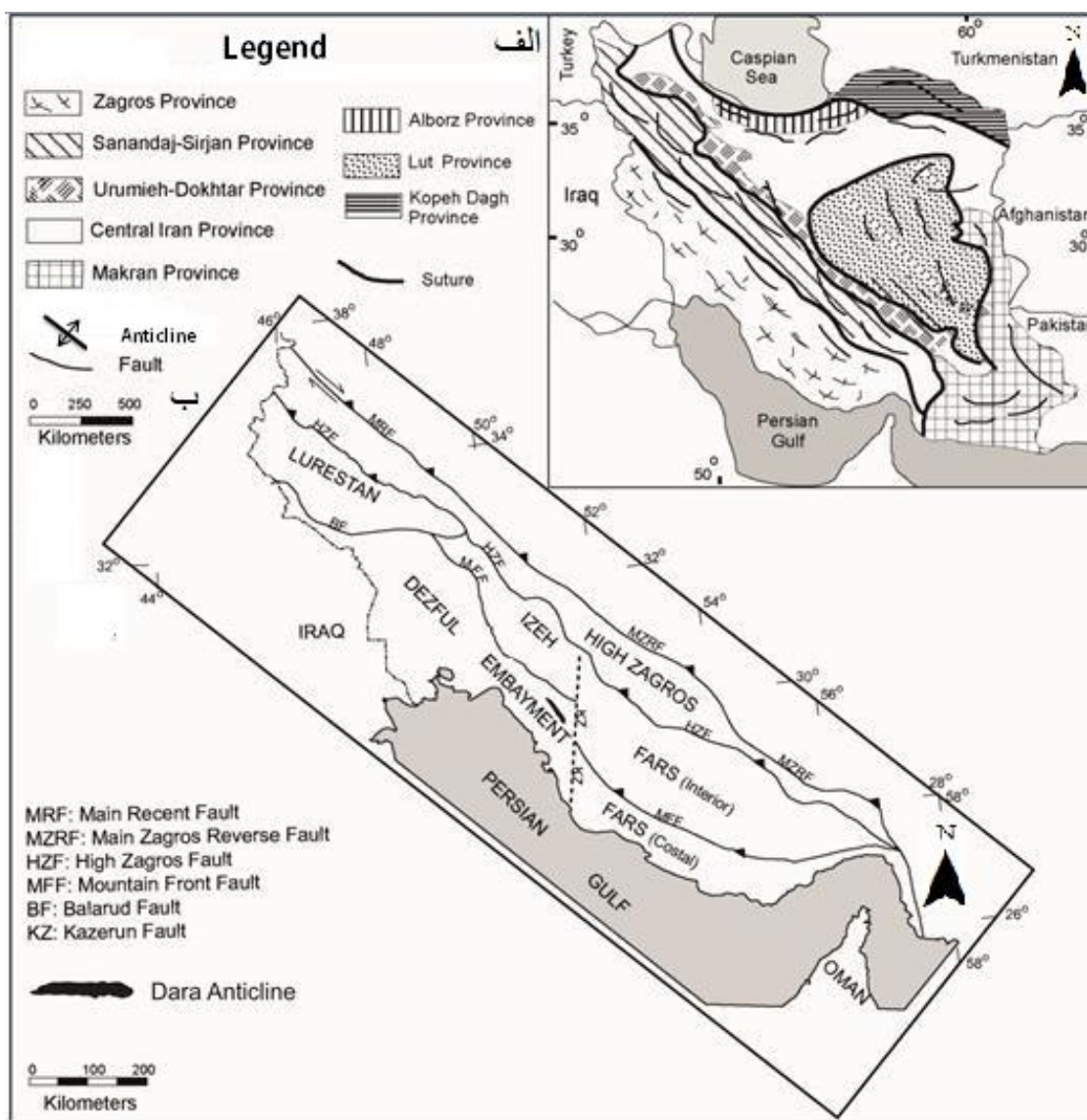
## مقدمه

شکستگی‌ها کم و بیش در تمامی سنگ‌ها در سطح و در زیر زمین دیده می‌شوند و خواص فیزیکی این شکستگی‌ها تابع منشأ آنها، خواص مکانیکی سنگ‌ها و عوامل دیاژنزی می‌باشد. تأثیر متداخل این عوامل می‌تواند تخلخل و تراوای مخزن را افزایش یا کاهش دهد [۲]. از آنجایی که در مخازن کربناتی غالباً تولید هیدروکربن متناسب با تراوایی مرتبط با شکستگی‌ها است، لذا نقش شکستگی‌ها در تخلیه طبیعی، بازیافت ثانویه و بازیافت نهایی نفت بسیار پراهمیت است [۲]. بنابراین مطالعه و بررسی شکستگی‌ها و شناخت موقعیت و گسترش آنها در سرتاسر مخزن به طرح توسعه میدان، تعیین محل‌های مناسب جهت حفاری چاه‌های جدید، افزایش طول عمر و بهره‌دهی مناسب مخزن، کاهش هزینه‌های پی‌جویی و درک کلی از سیستم‌های شکستگی در میداین نفتی کمک قابل توجهی می‌کند [۴]. با توجه به حضور گسترده و فراوان نفت در مخزن آسماری که تقریباً سه چهارم نفت جنوب غرب ایران را شامل می‌گردد [۲]، مطالعه این مخزن بسیار مهم است. کیفیت مخزن آسماری به دلیل وجود سیستم شکستگی‌های توسعه یافته است [۲]. محل مورد مطالعه تاقدیس دارا در فرو افتادگی دزفول می‌باشد. تاقدیس دارا تنها محلی در فرو بار دزفول است، که رخنمون گسترده ای از سازند آسماری در آن دیده می‌شود (شکل ۱). این پژوهش به مطالعه شکستگی‌های سازند آسماری در تاقدیس دارا می‌پردازد. نتایج حاصله از این پژوهش را می‌توان به عنوان الگویی برای مطالعه شکستگی‌ها در مخزن آسماری میداین دیگر به کار برد.

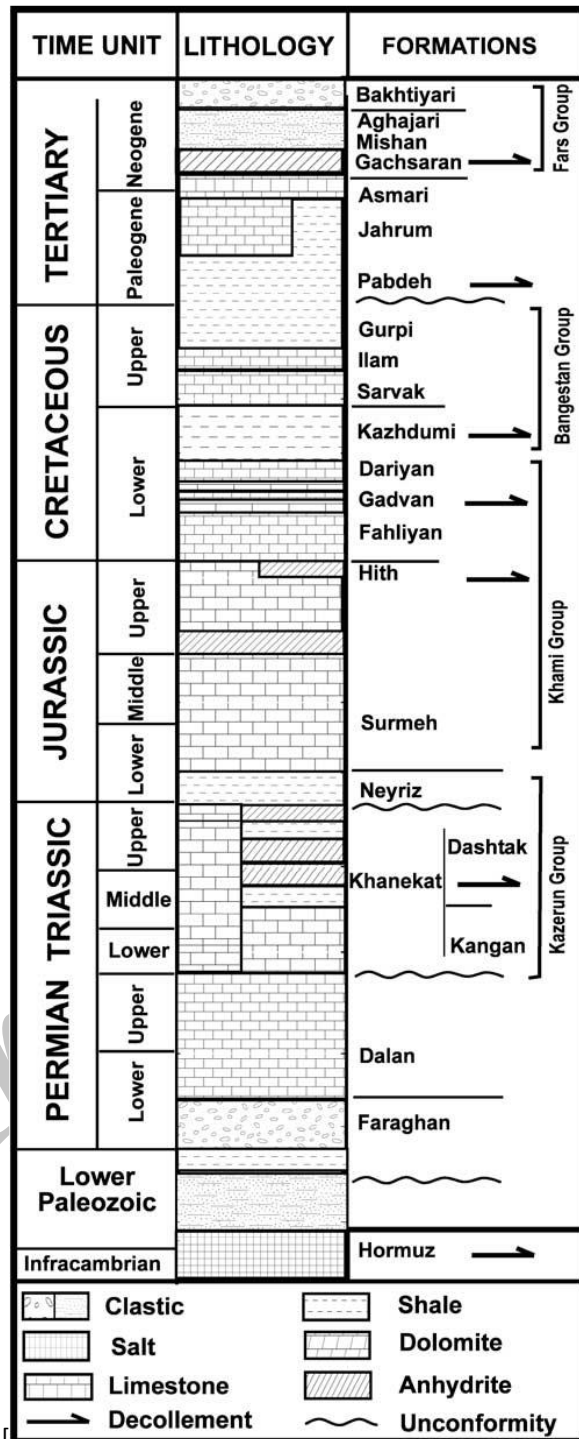
## زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

کمربند کوهستانی زاگرس ایران بخشی از سیستم کوهزایی آلپ - هیمالیا است که به دو شاخه، رشته کوه‌های البرز در شمال و رشته کوه‌های زاگرس در جنوب تقسیم می‌شود. در نگاهی وسیعتر، کمربند کوهستانی زاگرس با وسعتی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از جنوب شرقی ترکیه، شمال سوریه و عراق تا بخش‌های جنوب شرقی ایران گسترش یافته است. این کمربند در اثر بسته شدن اقیانوس تتیس جوان و برخورد ورقه عربی با اورآسیا ایجاد گردید [۱۷۰]. کمربند کوهستانی زاگرس از لحاظ زمین ریخت شناسی در راستای طول خود به دو قسمت زاگرس رورانده و زاگرس چین خورده تقسیم میشود. زاگرس چین خورده از لحاظ ساختاری به چهار ناحیه تقسیم میشود که به طور جانبی شامل فارس، ایذه، فروبار دزفول و لرستان می‌باشد که این نواحی ساختاری به وسیله گسل‌های بزرگ از هم جدا می‌شوند. فعالیت این گسل‌ها نقش زیادی در کنترل رسوبگذاری دارند [۳]. در نتیجه این نواحی دارای توالی رسوبی متفاوت می‌باشند. زاگرس چین خورده از لحاظ رسوبی متشکل از یک توالی ضخیم حدود ۱۲ کیلومتری از سنگ‌های رسوبی بر روی پی سنگ پرکامبرین است [۷۰]. (شکل ۲). این توالی ضخیم رسوبی دارای سن مزوزوییک و سنوزویک است. در توالی رسوبی زاگرس، افق‌های شکل پذیر وجود دارد که نقش افق‌های جدایشی را بازی می‌کنند. در ناحیه فارس نمک‌های هرمز، افق جدایشی را می‌سازند و در فروبار دزفول و لرستان افق‌های جدایشی در بخش‌های بالایی توالی رسوبی، شیل‌های مزوزوییک و تبخیری‌های میوسن (سازند گچساران) هستند [۳]. زاگرس چین خورده از لحاظ ساختاری از تاقدیس‌ها و ناودیس‌هایی

تشکیل شده است که روند عمومی این ساختارها NW-SE می باشد. تاقدیس های طویل زاگرس چین خورده، منابع نفت و گاز عظیمی را در خود جای داده است. منطقه مورد مطالعه تاقدیس دارا می باشد که این تاقدیس در کمربند چین خورده زاگرس و در فروربار دزفول واقع است (شکل ۱). تاقدیس دارا همانند سایر تاقدیس های زاگرس دارای روند شمال غرب - جنوب شرق می باشد و دارای رخنمون وسیعی از سازند آسماری در هسته خود است (شکل ۳ ب).



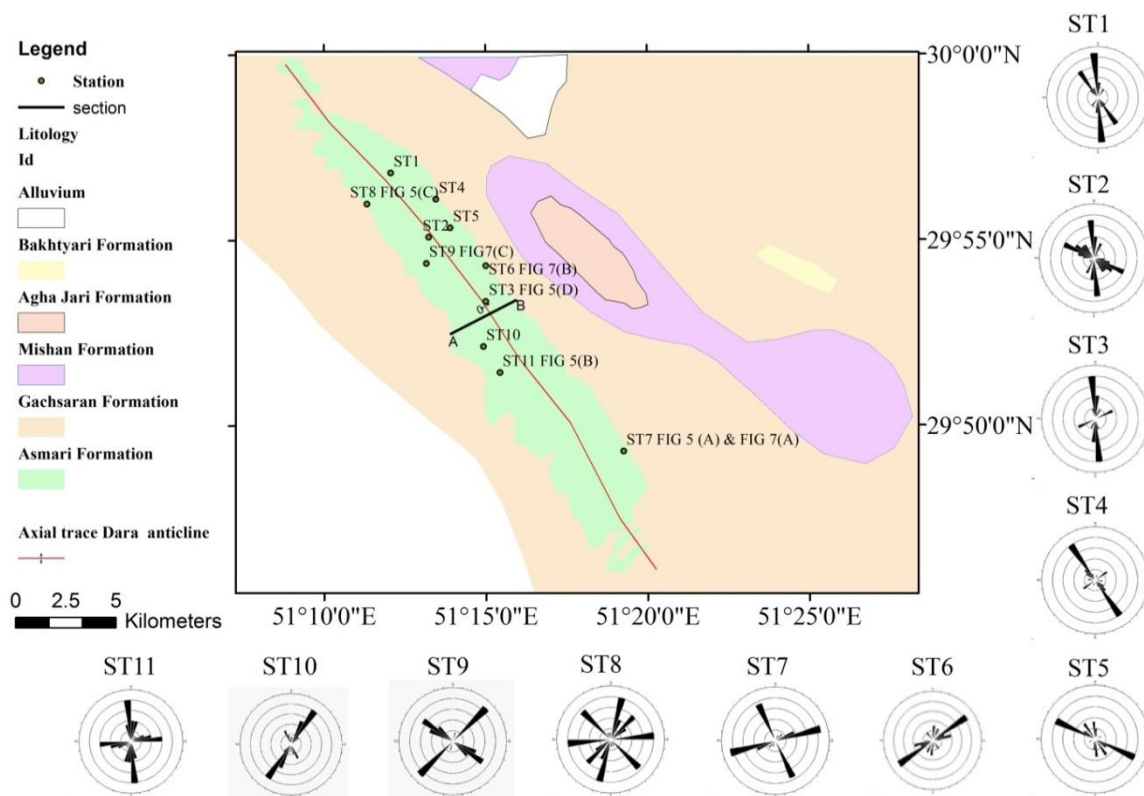
شکل ۱) موقعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، الف) تقسیمات ساختاری ایران [۸] ب) تقسیمات ساختاری زاگرس [۷]



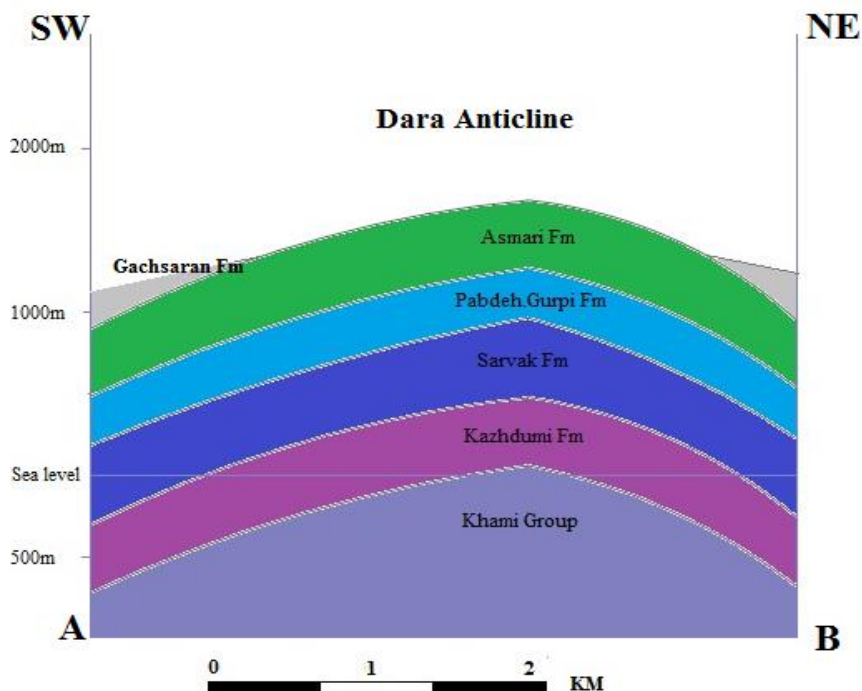
شکل ۲) ستون چینه شناسی زاگرس چین خورده [۱۲]

## تحلیل ساختاری و هندسی شکستگی ها

در این پژوهش در طی مطالعات صحرایی، با توجه به رخنمون مناسب و راههای دسترسی و توزیع مناسب ایستگاه های برداشت شکستگی، یازده ایستگاه جهت برداشت شکستگی ها بر روی سازند آسماری تاقدیس دارا مورد بررسی قرار گرفتند. جهت برداشت شکستگی ها در مطالعات صحرایی از روش خط برداشت استفاده گردید. در این روش، ویژگی های هندسی و مورفولوژیکی شکستگی هایی که با خط برداشت برخورد می کنند، برداشت می شوند. پراکندگی این ایستگاه ها بر روی قسمت های مختلف تاقدیس دارا به همراه دیاگرام گل سرخی شکستگی های برداشت شده در هر ایستگاه بر روی نقشه زمین شناسی نشان داده شده است (شکل ۳ الف).

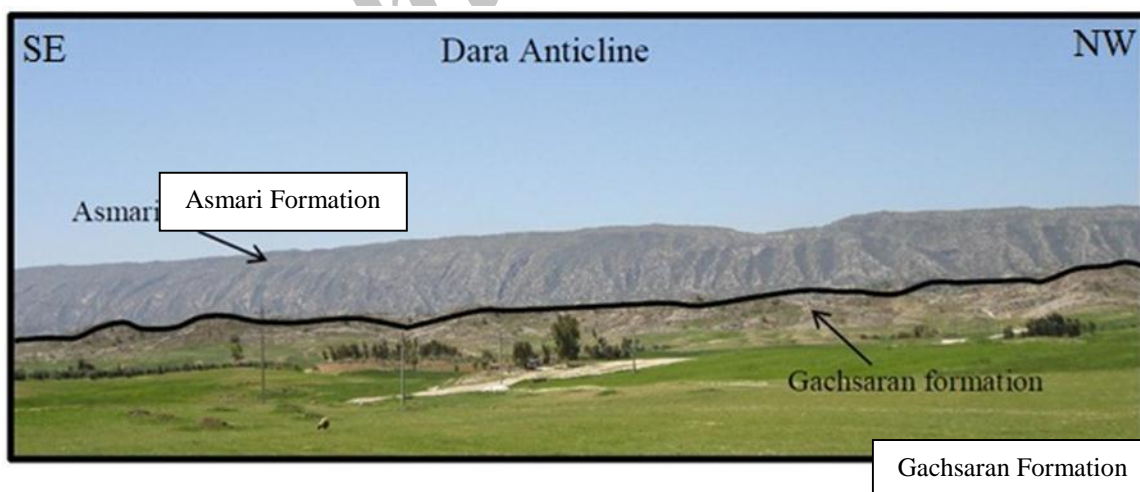


شکل ۳- الف) نقشه زمین شناسی کوه دارا به همراه موقعیت و دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگی های برداشت شده.



شکل ۳- ب) مقطع زمین شناسی کوه دارا.

وضعیت صفحه محوری و وضعیت خط لولایی در قسمت میانی تاقدیس دارا بر اساس وضعیت لایه بندی برداشت شده در یال شمال شرقی و یال جنوب غربی تاقدیس دارا، به ترتیب  $N41W/86SW$  و  $02/N41W$  می‌باشد (شکل ۴).



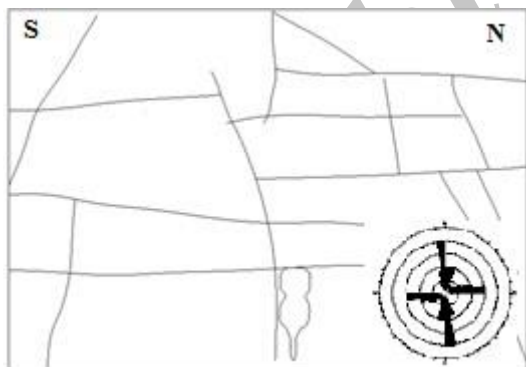
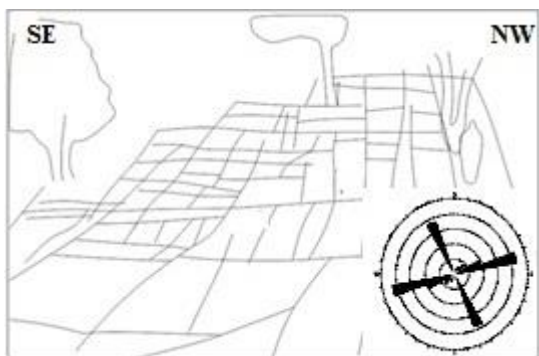
شکل ۴) نمایی از یال شمال شرقی تاقدیس دارا ، روستای بشارجان [۱]

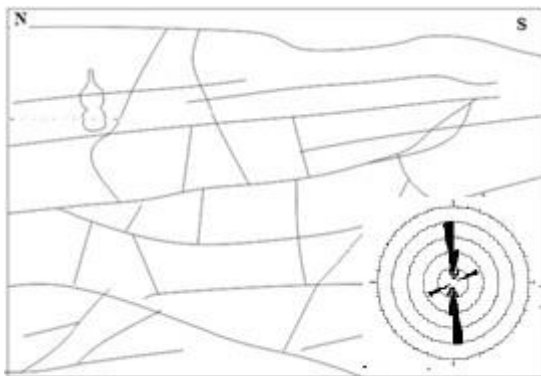
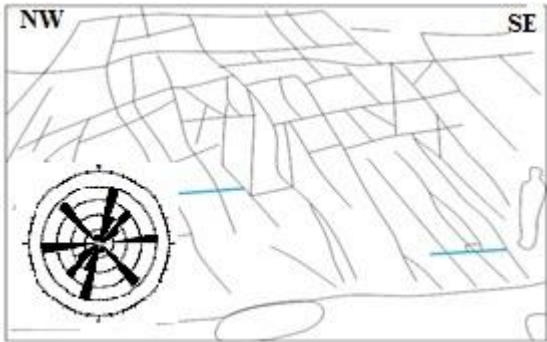
در این پژوهش ، تعداد زیادی شکستگی بر روی تاقدیس دارا بر اساس مطالعات صحرایی در جایگاه‌های مختلف ساختاری (یال شمال شرقی، یال جنوب غربی و ناحیه لولایی) شناسایی و برداشت شدند (شکل ۵ الف تا ۵ د). با توجه به

۶| نشریه علمی- پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، سال هفتم، شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۶

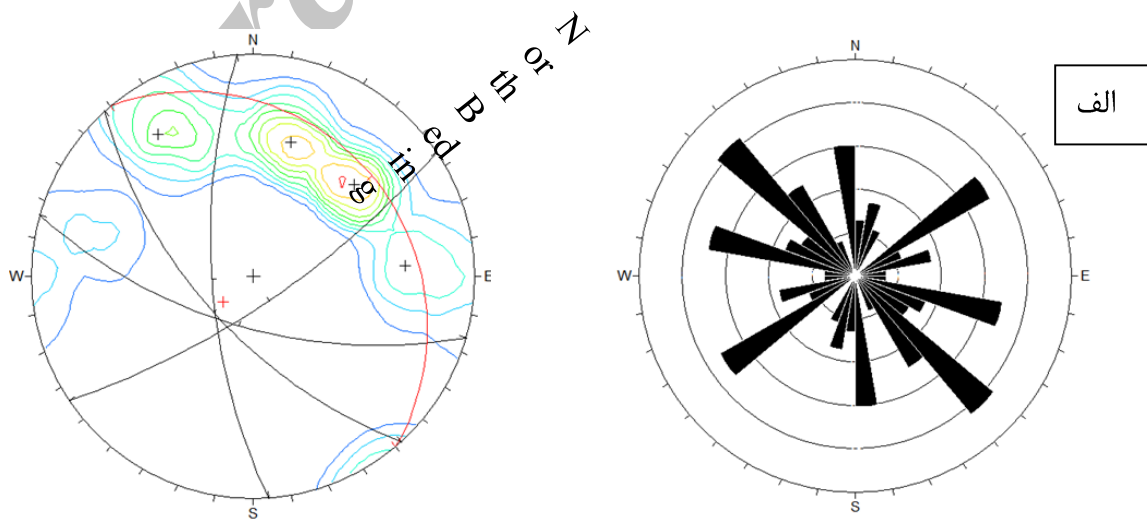


موقعیت ایستگاههای برداشت شکستگی در جایگاههای مختلف ساختاری، دیاگرام گل سرخی و استریوگرام هر بخش، تهیه گردید (شکل ۶). با توجه به دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگی های برداشت شده در یال شمال شرقی چهار دسته شکستگی شناسایی شد که شامل دسته شکستگی های با وضعیت  $N0-10W$ ،  $N60-70W$ ،  $N40-50W$ ،  $N50-60E$  می باشند. با توجه به دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگیهای برداشت شده در یال جنوب غربی چهار دسته شکستگی شناسایی گردیدند که شامل دسته شکستگی های با وضعیت  $N80-90E$ ،  $N10-20E$ ،  $N40-50W$ ،  $N40-50E$  می باشند. نهایتاً با توجه به دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگی های برداشت شده در ناحیه لولایی، سه دسته شکستگی شامل دسته شکستگی های با وضعیت  $N0-10W$ ،  $N40-50W$ ،  $N50-60E$  شناسایی گردیدند.

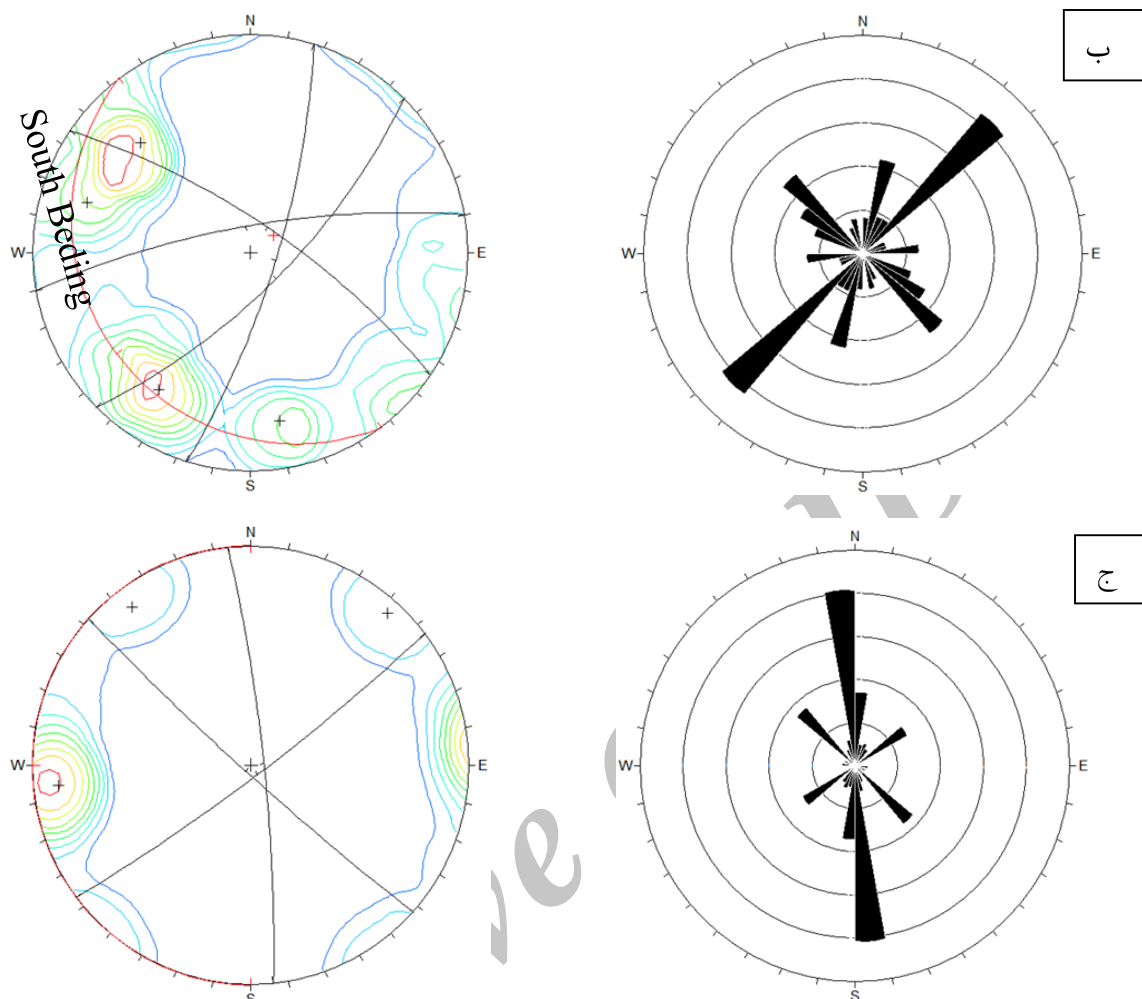




شکل ۵) تصاویری از شکستگی‌های سازند آسماری در تاقدیس دارا، الف) تصویر مربوط به ایستگاه شماره هفت، برداشت شکستگی در یال شمال شرقی تاقدیس دارا، ب) تصویر مربوط به ایستگاه شماره یازده، برداشت شکستگی در یال جنوب غربی تاقدیس دارا، ج) تصویر مربوط به ایستگاه شماره هشت، برداشت شکستگی در یال جنوب غربی تاقدیس دارا، د) تصویر مربوط به ایستگاه شماره سه، برداشت شکستگی در ناحیه لولایی تاقدیس دارا.







شکل ۶) دیاگرام گل سرخی و استریوگرام شکستگی های سازند آسماری در تاقدیس دارا، الف) دیاگرام گل سرخی و استریوگرام شکستگی های برداشت شده در یال شمال شرقی تاقدیس دارا، ب) دیاگرام گل سرخی و استریوگرام شکستگی های برداشت شده در یال جنوب غربی تاقدیس دارا، ج) دیاگرام گل سرخی و استریوگرام شکستگی های برداشت شده در لولای تاقدیس دارا.

## بحث

### تحلیل هندسی شکستگی ها

در نگاه اول مشخصات هندسی شکستگی های برداشت شده طی عملیات صحرایی، بطور کلی انطباق خوبی را با موقعیت شکستگی های برداشت شده بر اساس مطالعات سنجش از دور نشان می دهند [۱]. در بسیاری از حالات درزه های متعددی در حوالی چین ها ایجاد می شوند که این درزه ها بر اثر نیروهایی که لایه ها را چین داده اند، به وجود آمده اند. ذکر این نکته لازم می باشد که ممکن است درزه ها بعد از چین خوردگی نیز بر ساختار اضافه شوند. از آنجایی که جهت تنش در لایه های در حال چین خوردن، از یک مکان به مکان دیگر چین و در طول مدت توسعه چین تغییر می کند، می تواند پاسخی برای

وجود درزه‌ها با جهت‌های مختلف بر روی چین باشد [۱۸]. بر این اساس، مطالعات نشان می‌دهد که بعضی از این درزه‌ها حاصل همان میدان تنش هستند که چین را به وجود آورده است و برخی دیگر در میدان تنش که طی چین خوردن، بر روی یال‌ها یا بخش‌های خمیده چین تشکیل شده است، به وجود آمده‌اند [۱۱]. شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی، از نظر راستای قرارگیری نسبت به محور چین خوردگی به سه گروه عمده تقسیم می‌گردند: شکستگی‌های طولی که راستای آنها موازی محور چین خوردگی است، شکستگی‌های عرضی که به صورت عمود بر محور چین خوردگی ایجاد می‌شوند و دسته سوم که نسبت به شکستگی‌های عرضی دارای زاویه بین ۳۰-۴۵ درجه می‌باشند و به نام شکستگی‌های برشی معروف هستند. استرنز [۱۳، ۱۴، ۱۵] شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی را با توجه به هندسه چین و وضعیت لایه بندی مورد بررسی قرار داد. بر این اساس ایشان پنج الگوی شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی را معرفی کرد. در الگوی اول شکستگی‌ها در اثر موازی بودن تنش فشاری بیشینه ( $\sigma_1$ ) با جهت شیب لایه‌بندی و موازی با لایه بندی به وجود می‌آیند. این الگو شامل دو دسته شکستگی برشی و یک دسته شکستگی کششی (عمود بر امتداد لایه بندی و محور چین خوردگی) می‌باشد. در الگوی دوم، شکستگی‌ها در اثر عمود بودن تنش فشاری بیشینه ( $\sigma_1$ ) با جهت شیب لایه بندی و موازی با لایه بندی ایجاد می‌شوند. این الگو دارای دو دسته شکستگی امتداد لغز و یک دسته شکستگی کششی (به موازات امتداد لایه بندی و موازی با محور چین) است. در الگوی سوم، شکستگی‌ها در اثر موازی بودن تنش فشاری کمینه ( $\sigma_3$ ) با جهت شیب لایه بندی و قرار گرفتن تنش فشاری بیشینه ( $\sigma_1$ ) به صورت عمود بر لایه بندی ایجاد می‌شوند. این الگو دارای دو دسته شکستگی شیب لغز که با جابجایی نرمال هماهنگ است و همچنین دارای یک دسته شکستگی کششی است. شکستگی‌های کششی و مزدوج مربوط به این الگو، از لحاظ جهت گیری دارای یک امتداد و تنها در میزان شیب و جهت شیب با هم متفاوت هستند. در الگوی چهارم، شکستگی‌ها در اثر موازی بودن تنش فشاری متوسط ( $\sigma_2$ ) با امتداد لایه‌بندی و قرار گرفتن تنش فشاری کمینه ( $\sigma_3$ ) به صورت عمود بر لایه بندی ایجاد می‌شوند. در این الگو با دو دسته شکستگی امتداد لغز که با جابجایی معکوس همراه هستند، مواجه هستیم. این شکستگی‌ها همراه با تراست‌های مرتبط با چین ایجاد می‌شوند. امتداد شکستگی‌های الگوی سوم و چهارم با شکستگی کششی الگوی دوم که به موازات محور چین خوردگی هستند، همخوانی دارد. بنابراین الگوی یک و الگوی دو از جامعیت بیشتری از لحاظ شکستگی‌های مرتبط با

چین برخوردار هستند. الگوی یک و الگوی دو شکستگی های مرتبط با چین خوردگی در تاقدیس های جنوب غرب ایران، متداول تر هستند [۱۶].

در این پژوهش با توجه به وضعیت متوسط لایه بندی یال شمال شرقی و یال جنوب غربی تاقدیس دارا که به ترتیب N40W/20NE و N37W/15SW می باشند. شکستگی های مورد انتظار با توجه به الگوهای اول و دوم (شکستگی مرتبط با چین خوردگی) پیش بینی گردیدند (جدول ۱). همچنین از آنجایی که وضعیت صفحه محوری تاقدیس دارا N41W/86SW می باشد، وضعیت شکستگی های مرتبط با چین خوردگی بر اساس مدل پرایس (۱۹۶۶) شامل شکستگی های طولی با وضعیت N41W±10 و شکستگی عرضی با وضعیت N49E±10 و شکستگی های برشی که با شکستگی های عرضی زاویه بین ۳۰-۴۵ دارند با وضعیت N84E±10 و N14E±10 می باشند.

جدول ۱- شکستگی های مورد انتظار مرتبط با چین خوردگی در یال شمال شرقی تاقدیس دارا و یال جنوب غربی و ناحیه لولایی آن.

الگو	نوع شکستگی	حرکت	وضعیت شکستگی یال شمال شرقی	وضعیت شکستگی یال جنوب غربی	وضعیت شکستگی	نام گذاری دسته شکستگی
۱	عرضی	کششی	N50E±10/90	N53E±10/90	N50E±10/90	A
	مزدوج	راست گرد	N15E±10/80NW	N18E±10/81SE	N15E±10/90	B1
		چپ گرد	N84E±10/80SE	N84E±10/82NW	N85E±10/90	B2
۲	طولی	کششی	N40W±10/75SW	N37W±10/77NE	N40W±10/90	C
	مزدوج	راست گرد	N73W±10/74SW	N73W±10/79NE	N75W±10/90	D1
		چپ گرد	N75W±10/74SW	N73W±10/79NE	N05W±10/90	D2

دسته شکستگی با وضعیت N40-50W که در طی مطالعات صحرایی و در سه جایگاه ساختاری تاقدیس دارا با پراکندگی های مختلف شناسایی گردید، به موازات محور چین خوردگی می باشد و از این رو بر اساس مدل پرایس (۱۹۶۶) نوعی شکستگی طولی می باشد. این دسته شکستگی از لحاظ روندی با شکستگی گروه B از الگوی دوم شکستگی های پیش بینی

شده مرتبط با چین خوردگی هماهنگی دارد (جدول ۱). آثار کشش به صورت بازشدگی و پرشدگی کلسیتی در این دسته شکستگی مشاهده می‌گردد (شکل ۷ الف، ج).

دسته شکستگی‌ها با وضعیت N50-60E و N40-50E که بر اساس مطالعات صحرایی به ترتیب در یال شمال شرقی و یال جنوب غربی تاقدیس دارا شناسایی شدند، که این دسته شکستگی‌ها تقریباً عمود بر محور چین خوردگی (محور چین N42W) قرار دارند و از این رو بر اساس مدل پرایس (۱۹۶۶) نوعی شکستگی عرضی می‌باشند. این دسته شکستگی‌ها از لحاظ روندی با شکستگی گروه A از الگوی اول شکستگی‌های پیش‌بینی شده مرتبط با چین خوردگی هماهنگی دارند (جدول ۱). آثار کشش به صورت بازشدگی و پرشدگی کلسیتی در این دسته شکستگی‌ها مشاهده می‌گردد (شکل ۷ ب، ج).

در یال جنوب غربی تاقدیس دارا دو دسته شکستگی دیگر با وضعیت N80-90E و N10-20E بر اساس مطالعات صحرایی شناسایی گردیدند. این دسته شکستگی‌ها تقریباً به صورت مورب نسبت به محور چین خوردگی (محور چین N42W) قرار دارند. دسته شکستگی‌های N80-90E و N10-20E از لحاظ روندی به ترتیب با شکستگی‌های C1 و C2 از الگوی اول شکستگی‌های پیش‌بینی شده مرتبط با چین خوردگی هماهنگی دارند (جدول ۱). بنابر مطالب گفته شده دسته شکستگی‌های N80-90E و N10-20E که در یال جنوب غربی شناسایی شدند، شکستگی‌های مزدوج می‌باشند.

در یال شمال شرقی تاقدیس دارا دو دسته شکستگی دیگر با وضعیت N60-70W و N0-10W بر اساس مطالعات صحرایی شناسایی گردیدند، این دسته شکستگی‌ها تقریباً به صورت مورب نسبت به محور چین خوردگی (محور چین N42W) قرار دارند. این دسته شکستگی‌های از لحاظ روندی به ترتیب با شکستگی‌های D1, D2 از الگوی دوم شکستگی‌های پیش‌بینی شده مرتبط با چین خوردگی، هماهنگی دارند (جدول ۱). بنابر مطالب گفته شده دسته شکستگی‌های N80-90E و N10-20E که در یال جنوب غربی شناسایی شدند، شکستگی‌های مزدوج می‌باشند.



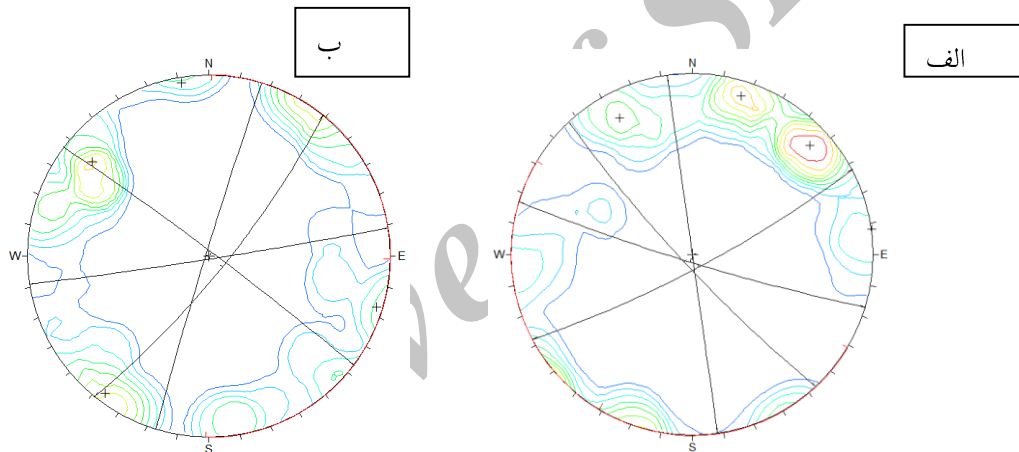
شکل ۷) آثار کشش به صورت بازشدگی و پرشدگی در شکستگی های کششی، الف) ایستگاه شماره هفت در یال شمال شرقی، ب) ایستگاه شماره شش در یال شمال شرقی، ج) ایستگاه شماره نه در یال جنوب غربی.

### تعیین سن نسبی شکستگی ها نسبت به چین خوردگی

یکی از روشهای بررسی زمان تشکیل شکستگی ها نسبت به زمان تشکیل چین خوردگی، بازگرداندن طبقات چین خورده به حالت افقی می باشد به نحوی که اثر چین خوردگی طبقات از بین برود. نحوه توزیع شکستگی ها بر روی استریوگرام پس از افقی کردن طبقات و از بین بردن اثر چین خوردگی نشان دهنده این مطلب است که تمامی درزه های موجود عمود یا تقریباً عمود بر سطح لایه بندی هستند. بنابراین کلیه درزه های مربوط به الگوی شماره ۱ و ۲ قبل و یا همزمان با چین خوردگی طبقات (بسیار نزدیک به زمان چین خوردگی) تشکیل شده اند (شکل ۸). این شواهد نشان می دهد که تنش اصلی تکنونیک که مسبب تغییرات ساختاری فوق شده است، به صورت افقی عمل کرده است. در نتیجه تمامی درزه های اصلی



کششی و برشی، در هنگام تشکیل قائم و عمود بر سطح لایه بندی ایجاد شده‌اند. بدیهی است که با تکامل چین خوردگی، موقعیت این درزه‌ها تغییر خواهد کرد ولی همواره سطح آنها بر لایه بندی عمود است. لازم به ذکر است که اگر بعد از چین خوردگی طبقات، شکستگی‌های جدیدی ایجاد شوند، این درزه‌ها به دلیل افقی بودن تنش در هنگام تشکیل قائم بوده ولی به دلیل شیب دار بودن طبقات، زاویه بین درزه و طبقه به صورت عمودی نخواهد بود. بنابراین با این توضیحات، عمده درزه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه در ابتدای تغییر شکل ساختاری و قبل یا همزمان با چین خوردگی (در طی کوتاه شدگی) ایجاد شده‌اند (شکل ۸). در این بخش از پژوهش برای تعیین زمان نسبی تشکیل شکستگی‌ها نسبت به چین خوردگی، تنها از داده‌های ایستگاه‌هایی که امکان برداشت شیب شکستگی‌ها نیز بوده است، استفاده گردید.

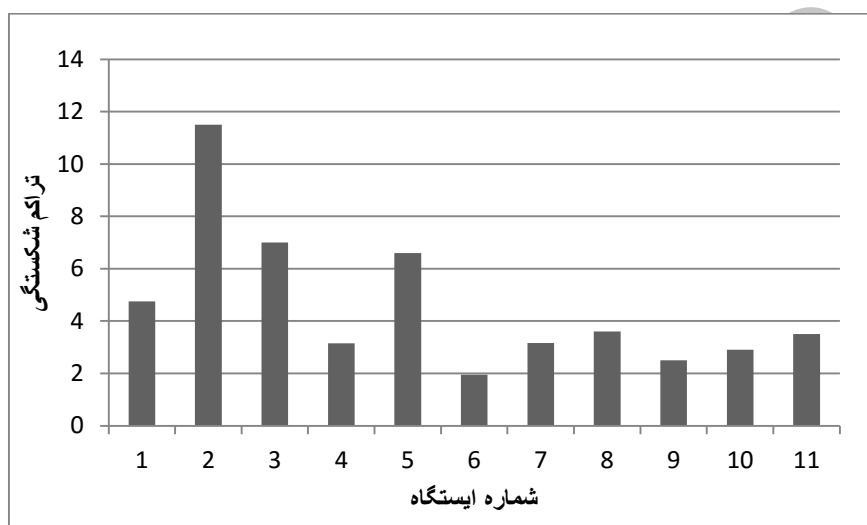


شکل ۸) استریوگرام مربوط به شکستگی‌های (الف) یال شمالی و (ب) یال جنوب غربی تاقدیس دارا، پس از دوران حول محور چین خوردگی و افقی کردن لایه‌ها.

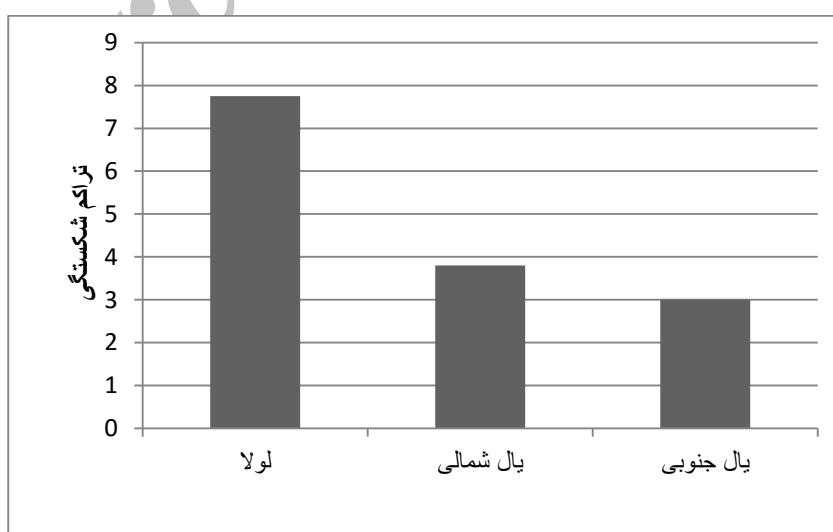
### تراکم شکستگی‌ها

تراکم شکستگی‌ها در بخش‌های مختلف یک تاقدیس یکی از پارامترهای مهمی است که بویژه در مطالعه درزه‌ها با اهداف مطالعه مخازن نفت و گاز، استفاده می‌شود. لذا در این پژوهش، تراکم شکستگی‌ها در هر ایستگاه بدست آمد که نتایج آن در هیستوگرام (شکل ۹) آورده شده است. سپس با توجه به محل ایستگاه‌ها نسبت به ساختار، میانگین تراکم شکستگی‌ها در هر ناحیه از تاقدیس دارا (بال شمال شرقی، یال جنوب غربی و ناحیه لولای) تهیه گردید (شکل ۱۰).

تراکم شکستگی ها بر اساس شکل ۱۰ در ناحیه لولایی بیشتر و در یال ها کمتر می باشد که دلیل آن خمش بیشتر ناحیه لولایی نسبت یال ها است. با توجه به نمودار شکل ۹، تراکم شکستگی ها بر اساس مطالعات صحرایی در هر ایستگاه بر روی رخنمون سازند آسماری بین مقادیر ۲ تا ۱۱/۷۵ شکستگی در هر متر، است.



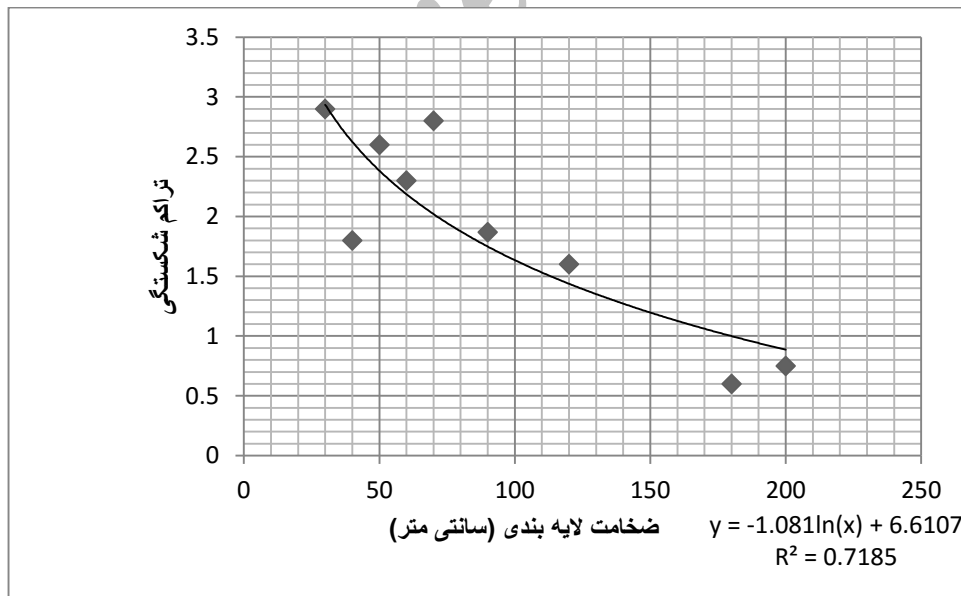
شکل ۹) هیستوگرام مربوط به تراکم شکستگی در هر ایستگاه. ارقام موجود بر خط افقی نشان دهنده شماره ایستگاه های برداشت شکستگی و ارقام موجود بر روی خط قائم نشان دهنده تعداد شکستگی در واحد متر می باشد.



شکل ۱۰) هیستوگرام مربوط به میانگین تراکم شکستگی در سه جایگاه ساختاری تاقدیس دارا.

همچنین در این پژوهش، رابطه بین تراکم شکستگی‌ها و ضخامت لایه بندی نیز بررسی شد و نمودار نقطه‌ای بین این دو پارامتر (تراکم شکستگی و ضخامت لایه‌بندی) تهیه گردید (شکل ۱۱). در این نمودار محور قائم نشان دهنده تراکم شکستگی و محور افقی نشان دهنده ضخامت لایه‌هاست، بطوریکه این نمودار نشان دهنده کاهش تراکم شکستگی با افزایش ضخامت لایه بندی است. در این نمودار پس از بررسی الگوهای آماری مختلف بر روی داده‌ها، توزیع لگاریتمی منفی بهترین خط انطباق را با داده‌ها نشان می‌دهد. این رابطه دارای ضریب همبستگی بیش از ۷۰ درصد می‌باشد، ضمناً مکویلن [۹،۱۰] نشان داد که تعداد شکستگی‌ها، در یک طول مشخص با ضخامت لایه رابطه عکس دارد و در عین حال این یک رابطه لگاریتمی می‌باشد.

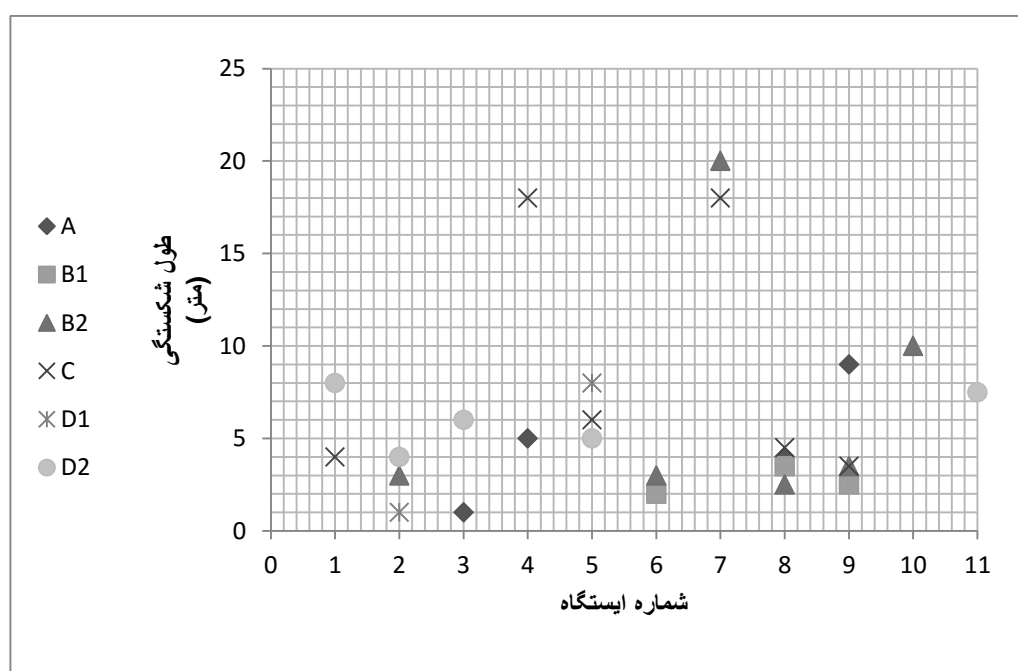
نهایتاً اینکه، اگر تمام شاخص‌های مرتبط با تراکم شکستگی مساوی باشند، درزه‌ها در لایه‌های نازکتر، فاصله بندی کمتر و در لایه‌های ضخیم‌تر، فاصله‌داری بیشتری خواهند داشت. به عبارتی با افزایش ضخامت لایه‌ها تراکم شکستگی‌ها کمتر می‌شود [۱۹].



شکل ۱۱) نمودار نقطه‌ای بین تراکم شکستگی و ضخامت لایه بندی در سازند آسماری تاقدیس دارا.

## طول دسته شکستگی‌ها

طول شکستگی‌ها یکی از پارامترهای مهم در مطالعات درزه و شکستگی، به عنوان ابزاری برای تعیین شکستگی‌های اصلی می‌باشد. در طی عملیات صحرایی بر روی سازند آسماری تاقدیس دارا، طول دسته شکستگی‌های اصلی برداشت شده و نمودار نقطه‌ای که نشان‌دهنده طول متوسط دسته شکستگی‌های اصلی است، تهیه گردید (شکل ۱۲). اکثریت شکستگی‌های موجود در سازند آسماری، دارای طولی کمتر از ۵ متر هستند. البته دامنه تغییرات طول شکستگی‌ها تا ۲۵ متر هم می‌رسد.



شکل ۱۲) نمودار نقطه‌ای طول دسته شکستگی‌های اصلی در ایستگاه‌های عملیات صحرایی (A, B1, B2, C, D1, D2) نام دسته شکستگی‌ها می‌باشند).

## نتیجه گیری

در طی مطالعات صحرایی بر روی تاقدیس دارا، چهار دسته شکستگی بر روی یال شمال شرقی تاقدیس دارا با وضعیت N40-50E, N40-50W, N50-60E, N0-10W, N60-70W و در یال جنوب غربی چهار دسته شکستگی با وضعیت N40-50E, N40-50W, N50-60E, N0-10E و در ناحیه لولایی سه دسته شکستگی با وضعیت N50-60E, N40-50W, N0-10E و در ناحیه لولایی سه دسته شکستگی با وضعیت 50W N10-20E, N80-90E گردیدند. روند ساختاری شکستگی‌های شناسایی شده، با روند شکستگی‌های پیش بینی شده مرتبط با چین خوردگی هم راستا هستند. بنابر این به احتمال زیاد شکستگی‌های شناسایی شده بر روی تاقدیس دارا با توجه به وضعیت آنها، مرتبط با

چین خوردگی هستند. همچنین شکستگی‌های شناسایی شده بر روی تاقدیس دارا نسبت به وضعیت لایه بندی (در حالت افقی و قبل از چین خوردگی) عمود می‌باشند، که این موضوع حاکی از تشکیل عمده این شکستگی‌ها قبل یا همزمان با چین خوردگی است. تراکم شکستگی‌های ساختاری در ناحیه لولایی، در مقایسه با دیگر جایگاه‌های ساختاری تاقدیس دارا، بیشتر می‌باشد. بطوریکه تعداد شکستگی‌ها در ناحیه لولایی ۷-۸ در هر متر طولی می‌باشد. علت افزایش تراکم شکستگی در ناحیه لولایی نسبت به دیگر جایگاه‌های ساختاری، به دلیل بیشتر بودن میزان خمش در ناحیه لولایی است، که باعث افزایش این پارامتر در این ناحیه از تاقدیس شده است. همچنین در این پژوهش مشخص گردید که با افزایش ضخامت لایه‌ها تراکم شکستگی‌ها کمتر می‌شود. سازند آسماری در کوه دارا در ناحیه فرو بار دزفول رخنمون وسیع و مناسبی دارد از این رو نتایج حاصله از مطالعات شکستگی بر روی سازند آسماری تاقدیس دارا را میتوان به عنوان الگویی برای مطالعات شکستگی‌های مخازن آسماری زیر سطحی با اهداف اکتشاف و تولید هیدروکربور استفاده نمود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک آقای سعید محمدی اصل در دانشگاه اصفهان که از سوی اداره مناطق نفت خیز جنوب نیز مورد حمایت قرار گرفته است، استخراج شده است. نگارندگان از حمایت‌های دانشگاه اصفهان و نیز شرکت ملی نفت ایران کمال تشکر را دارند. همچنین از داوران محترم این مقاله آقایان دکتر مهرداد پسندی، دکتر موسی الرضاتوری و مهندس حسین محمدرضایی که نظرات و پیشنهادات سازنده آنها باعث تکمیل و رفع اشکالات این مقاله گردید، صمیمانه قدردانی می‌شود.

## منابع:

- [۱] محمدی اصل، س.، فرضی پورصائین، ع.، صفایی، ه.، ۱۳۹۵، تحلیل هندسی و کینماتیکی شکستگی‌های محدوده تاقدیس دارا، در فزادگی دزفول: مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲۰، صفحه ۴۱-۵۱.
- [۲] مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین شناسی نفت زاگرس: دو جلد، طرح تدوین کتاب زمین شناسی، ۱۰۰۹ صفحه.
- [۳] معاریان، ه.، ۱۳۸۸، زمین شناسی ساختاری، موسسه دانشگاه تهران، ۸۴۲ صفحه.
- [۴] نورایی نژاد، خ.، امیری بختیار، ه.، محمدیان، ر.، ساعدی، ق.، ۱۳۸۰، تعیین غیرمستقیم گسترش شکستگی‌ها در مخزن آسماری میدان نفتی مارون، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۹۰، صفحه ۵۲.
- [5] BERBERIAN, M., King, G.C.P., 1981, Towards a Paleogeography and Tectonic Evolution of Iran: *Canadian Journal of Earth Sciences*, **18(2)**, 210-265.



- [6] FALCON, N.L., 1974, Southern Iran: Zagros Mountains. In: Spencer a (Ed) Mesozoic–Cenozoic Orogenic Belts: *Geological Society of London Special Publication*, **41**, 99–211.
- [7] FARZIPOUR-SAEIN, A. YASSAGHI, A., S. SHERKATI, S., H. KOYI, H., 2009; Basin Evolution of the Lurestan Region in the Zagros Fold-And-Thrust Belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology*, **32**, 5-19.
- [8] HEYDARI, E., 2008, Tectonics versus Eustatic Control on Supersequences of the Zagros Mountains of Iran: *Tectonophysics*, **451**, 56-70.
- [9] MCQUILLAN, H., 1974, Fractuer pattern on Kuh-e-Asmari Anticline, southwest Iran. *AAPG Bulletin*, **58**, 236-245.
- [10] MCQUILLAN, H., 1973, Small scale Fractuer Density in Asmari Formation of Southwest and Itsrelationship to Bed Thickness and Structural Setting: *AAPG, Bull*, V. 57, No. 12, 2367-2385.
- [11] PRICE, N.J., 1966, Fault and joint Development in Brittle and Semi- Brittle Rooks, *Program, Oxford*. 176
- [12] SEPEHR, M., COSGROVE, J.W., 2005. Role of the Kazerun Fault Zone in the Formation and Deformation of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Tectonics* **24**, TC5005, doi 10.1029/2004TC001725.
- [13] STEARNS, D.W., 1964, Macrofracture Patterns on Teton Anticline, Northwest Montana: *American Geophysical Union Transactions*, **45**, 107-108.
- [14] STEARNS, D.W., 1968a, Fracture as a Mechanism of Flow in Naturally Deformed Rock, in Kink Bands and Brittle Deformation, AJ Baer and DK Norris, eds. *Geol. Soc. Canada Paper* **68-52**, 79-95.
- [15] STEARNS, D.W., 1968b, Certain Aspects of Fracture. In: Naturally Deformed Rocks, Rock Mechanics Seminar, Bedford, Massachusetts: *Air Force Cambridge Research Laboratory*, 97–116.
- [16] STEARNS, D.W., and FRIEDMAN, M., 1972, Reservoirs in Fractured Rocks: *AAPPG, Bulletin*, **16**, 82-106.
- [17] TALBOT, C.J., and ALAVI, M., 1996, the Past of a Future Syntaxis across the Zagros: *Geological Society London, Special Publications*, **100(1)**, .89-109.
- [18] TWISS, R.J., and MOORES, E.M., 1992, *Structural Geology* Freeman. New York, 532.
- [19] VAN, PLUIJIM, B.A., MARSHAK, S., 2004, *Earth Structure: an Introduction to Structural Geology and Tectonics*. New York: WW Norton; 2nd ed.

## **Geometrical fracture analysis of the Asmari Formation within the Dara anticline, as a sample for other Asmari subsurface hydrocarbon reservoirs**

S. Mohammadi Asl, A. Farzipour Saein, Gh. Shafiei

\*a.farzipour@sci.ui.ac.ir

Received: March 2016, Accepted: August 2017

### **Abstract**

Many studies have documented that quality of the Asmari Formation, as the main hydrocarbon reservoir rock in Southwest Iran, is often affected by fractures systems. In this study, in order to study fracture patterns in the Asmari Formation, as well as to present a natural analog model for the other Asmari reservoirs, the Dara anticline in South Dezful Embayment, which has extensive outcrops of the Asmari Formation, was considered. During field studies, eleven stations on the anticline, in its different structural positions, have been investigated. Four fracture sets, in the southwestern limb of the anticline and in the northeastern limb of the anticline were identified. Also, in its hinge area of the anticline, three fracture sets were detected. In this study, the relative formation time of the identified fractures, relative to folding, has been diagnosed as before or simultaneously with folding event. Based on the field studies, fractures density in the Dara anticline, the Asmari outcrop, ranges from 11.75 to 2 fractures per meter. Indeed, variation range of the fracture length is 1 to 25 m and most of the fractures have a length of lower than 5 meters. Also, in this study it was found that there is a reverse logarithmic relationship between fracture density and sedimentary layer thickness.

**Keywords:** Asmari Reservoir, Fracture, Dara anticline, South Dezful Embayment.