تحلیل شکستگیها در تاقدیس لالی، جنوب باختر ايران

عظیم رمضانی^(۱و*)، سید احمد علوی^۲ و حسین حاجی علی بیگی^۳ ۱. کارشناسی ارشد رشته تکتونیک گروه زمینشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ۲. دانشیار گروه زمینشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ۳. استادیار گروه زمینشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۲۷

چکیدہ

تاقدیس لالی در جنوبباختر ایران، در ۶۰ کیلومتری شمالخاور شوشتر قرار گرفته است. این تاقدیس در منطقه فروافتادگی دزفول واقع شده است. در این پژوهش بر اساس اطلاعات زیرسطحی و با بهره گیری از روشهای تحلیلی زیرسطحی، سازوکار چینخوردگی و شکستگیهای تاقدیس لالی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به وجود گسل راندگی در یال جلویی (جنوبباختری)، تاقدیس لالی یک چین مرتبط با گسل می باشد. مجموعه ویژگیهای این تاقدیس، سازوکار چینهای پیشروی گسلی را برای آن پیشنهاد می کند. تحلیل هندسی انجام شده بر اساس استفاده از روش تحلیل دایره محاطی، روش تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری، مشتق دوم نقشه ساختمان زیرسطحی و روش آلالی، مستعد تشان می دهد که زونهای مخزنی به ویژه زونهای بالایی سازند آسماری در میدان نفتی لالی، مستعد توسعه شکستگی هستند. همچنین تراکم شکستگیها در یال جلویی می باشد.

واژەھاي كليدي: سازوكار چين خوردگي، شكستگي، گسل راندگي، تاقديس لالي

مقدمه

تاقدیس لالی یک تاقدیس زیرسطحی است. این تاقدیس یکی از میدانهای نفتی است که در استان خوزستان و ۶۰ کیلومتری شمالخاور شوشتر قرار گرفته است. از لحاظ تقسیمات ناحیهای حوضه زاگرس در شمال فروافتادگی دزفول (شکل ۱)، در بین میادین مسجد سلیمان (در جنوب شرق)، زیلایی (در جنوب غرب)، کارون (در شرق) و کمرشاه (در شمال شرق) و در محدوده ۱۰/ ۳۲۰ و ۵۲ ۳۲۰ عرض شمالی و ۵۰ م۸۴ و ۱۰ ۴۹۰ طول خاوری قرار دارد (شکل ۲). رخنمونهای منطقه مورد مطالعه سازندهای گچساران (میوسن پایینی)، میشان (میوسن پایینی – میانی) و آغاجاری (میوسن بالایی – پلئیستوسن) میباشد. سازند آسماری در تاقدیس لالی که این پژوهش بر شکستگیهای آن

در مناطق بالایی عمدتا از آهک و دولومیت تشکیل شده است. در این تحقیق با توجه به نوع دادههای موجود جهت شناسایی

متمر کز شده است، عمدتاً از سنگهای آهکی، آهکهای دولومیتی

ولایههای نازکی از شیل و انیدریت تشکیل شده و در بخشهای

میانی سازند آسماری مشاهده گردیده است. تاقدیس لالی یک

چین غیر استوانهای، باز تا ملایم، نامتقارن و با سطح محوری

ین خمیده است. روند محور در بخش باختری N5° W و درمرکز ب میدان N50° W است که در نزدیکی بخش خاوری به N65° W ده تبدیل شده و در بخش خاوری به N30 ° W میرسد. بنابراین ول محور چین S شکل بوده و احتمالاً در کل این چین متاثر از یک اعم منطقه برشی راست گرد است. زاویه میل محور چین در بخش س، خاوری ۷° و در بخش باختری ۸° می باشد (رمضانی، ۱۳۸۹). – سازند آسماری به صورت سنگ مخزن این میدان است که

^{*} نویسنده مرتبط azimramezany@gmail.com

تحليل شكستگيها در تاقديس لالي...



شكل ۱. موقعيت تاقديس زيرسطحي لالي در فروافتادگي دزفول (با تغييرات از Abddollahie Fard et al. 2006).



شکل ۲. موقعیت تاقدیس زیرسطحی لالی و سایر تاقدسهای هم جوار آن در فروافتادگی دزفول (برگرفته از شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۳). در این تصویر موقیعت نیمرخ لرزهای تهیه شده از تاقدیس لالی نیز درج شده است. این نیمرخ لرزهای در شکل ۷ نشان داده شده است.

و بررسی خصوصیات ساختاری و شکستگیهای زیرسطحی از مجموعه روشهای کاربردی زیر استفاده گردیده است: ۱- تفسیر نیمرخهای لرزهای ۲- بهرهگیری از روشهای تحلیلی هندسی به منظور مطالعه و بررسی میزان تغییرات انحناء.

مطالعه تحلیل و بررسی توزیع فراوانی و تراکم شکستگیها در تاقدیس لالی

شکستگیها رایج ترین ساختار زمین شناسی هستند که ممکن است در هر رخنمون سنگی وجود داشته باشند (Park, 1989). البته به دلیل فرآیندهای پیچیده ای که در تشکیل آنها دخالت دارد، تحلیل و بررسی آنها به خصوص از دیدگاه ساختاری، به ویژه در مورد شکستگیهای زیرسطحی مشکل بوده و به همین خاطر علیرغم اهمیت زیاد، کمتر مورد توجه زمین شناسان قرار گرفته اند. تحلیل صحیح شکستگیها و شناسایی مکان هایی با تراکم بالای شکستگی در مخازن هیدرو کربنی و کربناته جنوب باختر ایران از همیت ویژه ای برخوردار است. این تحقیق اولین ارزیابی و برآورد شکستگیهای تاقدیس لالی از مجموعه روش هایی بهره گرفته شد که هر یک از کارایی خاص خود برخوردار بوده و نتایج حاصل از آنها بسیار سودمند واقع گردید. این روش ها شامل روش RFF، تحلیل دایره محاطی، تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری و مشتق گیری ریاضی می باشند.

روش RFF (انبوهی نسبی شکستگیها) مقدار RFF از رابطه ۱ (مطیعی، ۱۳۷۴) بهدست آمده است:

$$RFF = \left[\left(R \times B_r \right) + \left(S \times B_s \right) \right] \times \left(1 - C \right) \times L \tag{1}$$

این رابطه دارای جواب کیفی است و فاقد ابعاد میباشد. هر کدام از عوامل موجود دراین رابطه با توجه به درجات کیفی مطابق با جدول ۱ کمیتگذاری شدهاند. این عوامل عبارتند از: L: سنگشناسی، C: سیمان شدگی، S: عامل خمش محور ساختمانی، Bs: عامل ساختمانی، Br: عامل برش آسماری، R: عامل ساختمانی با شعاع انحنا.

L (عامل سنگشناسی)

تراکم شکستگی در سنگهای مختلف یکسان نیست Nemati) and Pezeshk, 2006). افزایش استحکام و کاهش شکلپذیری سنگ باعث افزایش تراکم شکستگی می شود (Nelson, 2001).

بر اساس نگارههای (Handin et al. (1963) و Handin et al و Stearns and و Handin et al. (1963) (1972) Friedman با فرض این که سرسازند آسماری بین اعماق (1972) ۲۵۰۰ تا ۱۵۰۰۰ فوت باشد، و ثابت بودن سایر عوامل و براساس جدول ۱، کیفیت سنگشناسی به چهار رده ۱ تا ۴ تقسیم شده است.

محامل سنگشناسی (L)		فاصله شکستگیها از اثر سطح محوری چین (بر حسب متر)(Bs)		
لوميت ۴	دو	¥	کمتر از ۱۰۰۰	
ت – سنگ آهک ۲/۵	دولوميد	١	1 • • • - 7 • • •	
به سنگ ۲	ماس	۲/۵	···-	
نگ – سنگ آهک	ماسه س	٣	۳۴	
گ آهک 1		k	بیشتر از ۴۰۰۰	
میزان انحنا محور چین (بر حسب کیلومتر)(\$)		میزان انحنا چین (بر حسب متر)(R)		
		۴	۶	
ر از ۱۰ ۴/۵	كمت	٣/۵	1 • • •	
۳/۵ ۱۰-	10	٣	17	
۳ ۱۵–۲	۵	٢	7	
۲ ۲۵–۲	•	١	٣	
۲ ۳۰–۲	۵	•/۵	4	
ىتر از ۳۵ ،	بيث	•	• • • ۴ و بیشتر	

جدول۱. فاکتورهای مؤثر در برآورد نسبی انبوهی شکستگیها (مطیعی،۱۳۷۴)

تحليل شكستگيها در تاقديس لالي...

C (عامل سیمان شد گی)

با احتساب دو فرض اساسی، یکی اینکه تمام شکستگیها در زیر سطح آب و نفت سیمانی شود و دیگر آنکه عمق سطح تماس آب و نفت چقدر باشد، می توان بین عمق نقطه مورد مطالعه و بلندترین نقطه در ساختمان مورد مطالعه، عامل سیمان شدگی را محاسبه نمود. در تاقدیس لالی نیز فرض بر این است که تمام شکستگیها در زیر سطح آب و نفت سیمان شدهاند و همچنین از سطح تماس آب و نفت به طرف سرسازند آسماری سیمان شدگی کاهش می یابد. عامل سیمان شدگی با استفاده از رابطه ۲ (مطیعی،

$$c = \frac{D_x - D_h}{D_L - D_h} \times 0.9 \tag{(Y)}$$

در رابطه ۲، C عامل سیمانشدگی، D_x عمق نقطه مورد مطالعه D_h عمق بلندترین نقطه در تاقدیس مورد بررسی، D_h عمق سطح تماس آب و نفت میباشد.

S (عامل خمش محور ساختمانی)

در صورتی که اثر سطح محوری یک تاقدیس زیرزمینی در نمای نقشه خطوط تراز زیرسطحی (سطح افقی) دچار خمش شده و انحنایی در آن مشاهده شود، با رسم بهترین شعاع انحناء محور و محاسبه طول آن می توان این عامل را کمیت گذاری کرد.

Bs (عامل ساختمانی)

این عامل در پیوند با عامل S محاسبه می شود. فرض اصلی بر این کمیتگذاری قبول اثر سطح محوری در روی نقشه (سطح افقی) به عنوان سطح خنثی نسبت به یالهای شمالی و جنوبی است. لذا این عامل تعیینکننده فاصله نقطه مورد مطالعه نسبت به این سطح خنثی است.

R (عامل ساختمانی با شعاع انحنا)

با وجود اینکه برای یک نیمرخ چین، مراکز انحنا و شعاعهای متفاوتی بدست میآید اما بهترین دایره منطبق بر کمان چین ترسیم میشود که شعاع آن معرف انحناء چین خواهد بود و بر حسب طول، کمیتگذاری میشود.

B_r (عامل برش آسماری):

با توجه به اینکه در یک لایه چینخورده شکستگیهای کششی باز در بالای سطح خنثی شکل میگیرند و با فاصله از این سطح رابطه مستقیم دارند و دیگر اینکه شکستگیهای تراکمی در زیر سطح خنثی تشکیل میشوند، بنابراین عامل B_r مبین فاصله نقطه مورد نظر از این سطح است.

جهت تعیین سطح خنثی با فرض گذر این سطح از میانه ضخامت سازند آسماری از رابطه ۳ (مطیعی، ۱۳۷۴) استفاده میشود.

$$a = \left(\frac{D_t + D_b}{2}\right) \tag{(7)}$$

در رابطه ۳، م عمق سطح خنثی، D_i عمق سر سازند آسماری و D_b عمق قاعده آسماری در نقطه مورد مطالعه است. برای یک ساختار تاقدیس گون مقدار عامل B_r در دو حالت قابل بررسی و تعیین است، بدین ترتیب که در عمقهای بیشتر از سطح خنثی، مقدار B_r مساوی صفر و در عمقهای کمتر از عمق سطح خنثی، B_r از رابطه ۴ (مطیعی، ۱۳۷۴) محاسبه می شود.

$$B_r = \left(\frac{D_x - a}{a - D_t}\right) \times 4 \tag{(f)}$$

در کلیه روابط ذکر شده، تمامی عمقها بر حسب فوت یا متر از سطح دریای آزاد است. در این پژوهش، با درنظرگرفتن عوامل فوق، بهمنظور بهکارگیری روش RFF، شانزده برش عرضی، عمود بر محور تاقدیس بر روی جدیدترین نقشه خطوط تراز زیر سطحی افق مخزنی آسماری ترسیم شده است (شکل ۳ الف). با توجه به عمق و شیب سطح تماس سیالات (آب و نفت) و سنگشناسی سازندهای تشکیل دهنده این مخازن براساس زونبندیهای انجام شده، در هر برش عوامل معرفی شده در رابطه RFF برای رأس مخزن و سطوح عمقی معین نسبت بهآنها که منطبق بر میانه ضخامت زونهای مختلف در هر مخزن هستند، محاسبه شده و با استفاده از مقادیر بهدست آمده، نقشههای هم ارزش RFF برای آن

زونبندی انجام شده بر روی مخزن آسماری در تاقدیس لالی زونبندی انجام شده بر روی مخزن آسماری در تاقدیس لالی تاقدیس انجام شده است. در این تاقدیس سازند آسماری به هفت زون (از 1 تا ۷ از بالا به پایین) شماره گذاری شدهاند. بیشترین ضخامت مربوط به زون ۴ با ضخامت متوسط ۷۰ متر و کمترین شامل تناوبی از لایه های انیدریتی و سنگ آهک است. بخش انتهایی زون ۷ بر روی انیدریت قاعدهای قرار دارد و در انتهای آن سازند پابده شروع می گردد. زونهای او ۲ شامل آسماری فوقانی و بقیه زونها آسماری میانی را دربرمی گیرند. هر یک از این زونها با شروع یا پایان یافتن یک لایه شیلی – مارنی آغاز گردیده است. (شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳۸۷).

براساس این روش، مناطقی از ساختار تاقدیس که با عملکرد توأم انحناء عرضی و طولی همراه هستند، مستعد تراکم بالای شکستگی شناخته شده (زونهای ۱ تا ۴) و با افزایش عمق از فراوانی شکستگیها کاسته میشود (زونهای ۵ تا ۷). بنابراین، حداکثر تراکم شکستگیهای، مربوط به مناطق با عمق کمتر، در کمان بیرونی انحناء محوری تاقدیس میباشند. همچنین از رأس افق مخزنی به سمت مناطق عمیق تر آن، از نقش انحناء عرضی در ایجاد شکستگیها کاسته شده و انحناء طولی نقش پررنگ تری پیدا میکند.



شکل۳. الف) موقعیت برش های عرضی تهیه شده برروی سرسازند آسماری میدان نفتی لالی جهت به کارگیری روش RFF. ب تا ح) به ترتیب نقشههای هم RFF برای سرسازند آسماری، عمق منطبق بر میانه زونهای یک ، دو ، سه و چهاروپنج و شش و هفت سازند آسماری (مناطق سبز رنگ نواحی دارای حداکثر تراکم شکستگی را نشان میدهند) (رمضانی، ۱۳۸۹).

عظیم رمضانی و همکاران



ادامه شکل ۳

محوری، کمان بیرونی انحنا^۲، به علت تأثیر تنشهای کششی^۳ می تواند ایجاد شکستگیهای کششی نموده و کمان درونی^۴ انحناء، به دلیل تأثیر تنشهای فشارشی^۵ می تواند حتی شکستگیهایی که در اثر چین خوردگی (انحناء عرضی) ساختار به وجود آمده است را به صورت شکستگیهای بسته درآورد.

به منظور استفاده از این روش، اقدام به ترسیم مماسهایی بر روی آخرین منحنی تراز زیرسطحی بسته تاقدیس در افق مخزنی آسماری گردیده است. سپس محور اولیه ⁵، با رسم خط میانه ای که دارای فاصله مساوی از پایانه های این دو خط می باشد، بازسازی شده و با موقعیت محور کنونی ^vآن، که با ترسیم خط گذرا از نقاط دارای حداکثر انحناء عرضی بر روی نقشه حاصل از روش دایره محاطی به دست آمده است، مورد مقایسه قرار گرفته تا میزان و جهت جابجایی محور کنونی از حالت اولیه مشخص گردد. کششی ناشی از انحناء محوری ساختار را نشان می دهند. افزایش فاصله محور کنونی از حالت اولیه بیان کننده افزایش استعداد توسعه شکستگی های کششی و مساحت محدوده شکسته شده می باشد (شکل ۴). بررسی های انجام شده با استفاده از روش دایره



شکل۴. الف) موقعیت برش های عرضی تهیه شده بر روی سرسازند آسماری میدان نفتی لالی جهت بهکارگیری روش دایره محاطی ب) نقشه حاصل ازروش دایرهمحاطی که نواحی مستعد گسترش شکستگیهایکششی باز ناشی از چینخوردگی (خمش عرضی) را در زونهای مختلف مخزن آسماری نشان میدهد. همچنین مناطق تیره تر معرف نواحی دارای حداکثر خمش و به تبع آن تراکم بالاتر شکستگی می باشد (رمضانی، ۱۳۸۹).

- 2- Outer Arc
- 3- Tensional Stress
- 4- Inner Arc
- 5- Compressional Stress
- 6- Primary Axis
- 7- Current Axis

هدف از به کارگیری روش تحلیل دایره محاطی، تعیین محدوده گسترش شکستگیهای باز ناشی از خمش عرضی چین خوردگی یا شکستگیهای کششی ساختار تاقدیسی است. اساس این روش بر تغییرات شعاع انحناء تاقدیس و تأثیر آن بر میزان تراکم شکستگیها استوار است. به عبارت دیگر در یک لایه سنگی که تحت خمش غیریکنواخت قرار گرفته است، تغییرات و یا افزایش شیب در آن لایه معرف خمش بیشتر و به تبع آن تراکم بالاتر شکستگی میباشد. در این مطالعه پس از ترسیم پانزده برش اسماری در تاقدیس لالی و رسم دوایر محاطی، محل برخورد این دوایر با سرزونهای مختلف، بر روی نقشه پایه تاقدیس پیاده گردیده و نقشه همارزش حاصل از این نقاط تهیه شده است (شکل ۴).

روش تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری

با استفاده از این روش می توان محدوده شکستگیهای مرتبط با میزان انحناء محوری ساختار را مشخص نمود. در هر انحناء

¹⁻ Base Map

تحليل شكستگيها در تاقديس لالي...

محاطی نشان میدهد که هر هفت زون مخزنی سازند آسماری در تاقدیس لالی مستعد شکستگی بوده و زونهای بالایی این مخزن از استعداد توسعه شکستگی بیشتری نسبت به زونهای عمیق تر برخوردار میباشند. بر این اساس پهنای محدوده شکستگیهای عمیق و پر تراکم در محدوده مرکزی مخزن که از انحناء عرضی بالاتری نسبت به محدودههای دیگر آن برخوردار است، همچنین، به دلیل شیب زیادتر یال جنوب باختری، توسعه شکستگیها ساختمان تاقدیس نیز، حکایت از استعداد بالاتر توسعه شکستگی در نیمه جنوبخاوری تاقدیس دارد.

استفاده از مشتق دوم نقشه ساختماني زير سطحي

یکی از روش های بررسی میزان تغییرات انحناء و شیب سطح لایه بندی تهیه نقشه مشتق دوم از نقشه خطوط تراز زیر سطحی است. در واقع مشتق دوم نقشه خطوط تراز زیر سطحی مناطقی از ساختمان چین را که دارای بیشترین انحناء و خمش هستند، مشخص می سازد. چنین مناطقی از بیشترین توسعه و تراکم شکستگی برخوردارند (شکل ۵).

نکته قابل توجه در تفسیر نقشه مشتق دوم این است که حضور بی نظمیهای کوچک مقیاس میتواند سبب ایجاد اختلال و خطا در نتایج این روش گردد و از آن جا که نقشه خروجی، نتیجه

درونیابی نرم افزاری است، این اختلالها به تمامی ساختمان چین تعمیم داده می شود. از این رو اگر در نقشه پایه ای که پس از رقومی سازی به عنوان اطلاعات خام مورد استفاده قرار می گیرد، خطوط منحنی تراز تحت تأثیر عملکرد گسلش یا انحناء شدید ناشی از آن باشد نقشه مشتق دوم حاصل از آن دارای خطای فراوان خواهد بود. چگونگی اثر نقش سینوسیته کوچک مقیاس در بروز اختلال فراوان جهت تعیین انحناء ساختارهای ناحیه ای بزرگتر طی فرآیند مشتق گیری ساختاری در شکل ۶ به خوبی نشان داده شده است.

بر اساس نقشههای مشتق اول رأس مخزن آسماری، بیشترین میزان شیب یالها در این مخزن مربوط به یال جنوب باختری و به میزان کمتر، بخش مرکزی یال شمالخاوری آن میباشد. با توجه به نقشه مشتق دوم، بیشترین آهنگ تغییرات شیب و در نتیجه بالاترین استعداد توسعه شکستگیهای ناشی از انحناء عرضی ساختار، در مخزن آسماری مربوط به یال جنوب باختری میباشد.

ساز و کار چین خوردگی در تاقدیس زیرسطحی لالی

تاقدیس لالی یک تاقدیس زیرسطحی است و شواهد زمین شناسی زیادی از آن وجود ندارد و به دلیل وجود و عملکرد سازند شکلپذیر گچساران و تفاوت در نحوه عملکرد فازهای چین خوردگی در منطقه مورد مطالعه بخصوص آخرین فازهای



شکل۵. الف) بازسازی محور اولیهٔ ساختار لالی در مخزنی آسماری با استفاده از نقشهٔ حاصل از روش دایره محاطی. ب) تعیین نواحی مستعد توسعه شکستگیهای کششی، ناشی از انحناء محوری (طولی) ساختار در افق مخزنی آسماری میباشد (رمضانی، ۱۳۸۹).



شکل۷. اثر سینوسیته کوچک مقیاس در بروز اختلال فراوان طی فرآیند مشتق گیری از رأس ساختمان مخزن (Intera Company,1992).

تحليل شكستگيها در تاقديس لالي...

حفاري بهره گرفته شده است.

جنوبی، گسیختگی رخ داده است.

كوهزايي آليي (Hajialibeigi et al., 2011)، هندسه ساختمان

سطحي و زير سطحي اين تاقديس كاملا متفاوت مي باشد. جهت

شناسایی سازوکار چین خوردگی در تاقدیس لالی از دادههای

ژئوفیزیکی حاصل از لرزه نگاری دو بعدی به همراه داده های

در نیمرخهای لرزهای تفسیر شده از تاقدیس لالی محدودهای به هم ریخته و مبهم در یال جنوب باختری مشاهده می شود (شکل

۸). تفسیر ژئوفیزیکی چنین محدودههایی بدین گونه میباشد که یا

یال جنوبی بسیار پر شیب شده و به حالت قائم تا برگشته نزدیک

شده است و یا اینکه در اثرعملکرد گسلش راندگی در امتداد یال

یال شمال خاوری آین تاقدیس چندان پر شیب نیست و شیب

قائم و برگشتگی نیز هرگز در آن مشاهده نمی شود. وجود گسل

راندگی در یال جنوب باختری تاقدیس به اثبات رسیده است (شکل ۸). بدین ترتیب در یک بیان کلی تاقدیس زیر سطحی لالی را می توان یک چین مرتبط با گسل راندگی در نظر گرفت. مقایسه نیم رخ های لرزهای مربوط به تاقدیس لالی با مدلهای ارائه شده برای چینهای مرتبط با گسل (McClay, 2003)، نشان میدهد (شکل ۹) این تاقدیس میتواند از نوع چینهای انتشار گسلی['] باشد. همچنین با اندازه گیری شیب شیبراهه راندگی (۵) از روی این نیم رخ ها و میانگین زاویه بین یالی (۲) تاقدیس از روی برش های عرضی رسم شده بر رأس مخزن آسماری (شکل ۱۰ و جدول ۲)، و انطباق این مؤلفه ها بر روی نیم رخلرزه ای (شکل ۸) می توان گفت که احتمالا یال جلویی تاقدیس دچار تغییرات چندان زیادی نشده است. درج مقادیر برداشت شده در نمودار (Jamison, تغییر ضخامت یال جلویی چینهای انتشار گسلی (Jamison,

> Top of Asmari 0 5 kilometers

شکل۸ نیمرخلرزهای مربوط به میدان نفتی لالی که راندگی در هسته تاقدیس در آن دیده میشود.



شکل ۹. تقسیمبندی سه گانه چینهای مرتبط با گسل (McClay, 2003)

¹⁻ Fault-Propagation Fold



شکل۱۰. برشهای عرضی رسم شده بر روی رأس مخزن آسماری و محاسبه زوایای شیب یال شمالخاوری، جنوبباختری و زاویه بین یالی در این برشها (رمضانی وهمکاران، ۱۳۸۸).



ادامه شکل ۱۰



ادامه شکل ۱۰







ادامه شکل ۱۰

1987)، نیز نشان می دهد که نازکشدگی یا ضخیمشدگی چندانی در یال جلویی این تاقدیس صورت نگرفته است (شکل۱۱).

لازم به ذکر است، اطلاعات ارائه شده در این پژوهش تنها بر اساس سه نیم رخ لرزهای دو بعدی است (که تنها بخشی از یکی از آنها در این پژوهش نشان داده شده است، شکل ۸) از اینرو، تعمیم نتایج حاصل از بررسی این نیم رخ ها به سرتاسر تاقدیس خالی از اشکال نیست، چرا که این تاقدیس در طول خود، می تواند در اثر عوامل مختلفی همچون عملکرد گسلهای

پیسنگی و بلنداهای قدیمی، سازوکار چینخوردگی متفاوتی را متحمل شده باشد.

همچنین احتمال دارد که یالهای این تاقدیس درطول ساختار، نرخهای متفاوتی از نازکشدگی یا ضخیم شدگی را نیز نشان دهند. برای رفع این مشکل، تهیه نیمرخهای لرزهای سهبعدی یا دوبعدی متعدد در سرتاسر تاقدیس ضروری میباشد.

باید توجه داشت که، چینهای پیچیده میتوانند در برگیرنده اجزایی از هر سه نوع اصلی چینخوردگی مرتبط با گسل، یعنی

برش عرضی	زاویه یال شمال خاوری (درجه)	زاویه یال جنوب باختری (درجه)	زاویه بین یالی (درجه)
A-A'	٩	٩	188
B-B'	۱۵	18	149
C-C'	١۴	١٩	141
D-D'	١٨	۲۵	141
E-E'	۲.	74	139
F-F'	۲۳	٣٨	119
G-G'	۲۲	۶۳	٩۶
H-H'	١٩	۷۳	٨٩
I-I'	١٨	٧١	٩٢
J-J'	18	۶۹	٩۶
K-K'	١٢	۵۷	١١٣
L-L'	١٢	۳۶	١٣٣
M-M'	١٣	hth	١٣٥
N-N'	14	74	141
0-0'	10	10	149

جدول۲. محاسبه زوایای شیب یال شمالخاوری، جنوبباختری و زاویه بین یالی در برشهای عرضی رسم شده بر رأس مخزن آسماری که در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۱. انطباق مؤلفههای لازم جهت تحلیل نازکشدگی و ضخیمشدگی یال جلویی تاقدیس لالی بر روی نمودار نازکشدگی و ضخیمشدگی یال جلویی چینهای انتشار گسلی (Jamison, 1987).

چینهای جدایشی، انتشارگسلی و خمش گسلی باشند (Mitra, 1990). همچنین اعتقاد بر این است که این مدلها را می توان به عنوان مراحل مختلف یک جریان پیوسته چینخوردگی در نظر گرفت، به عبارت دیگر، این امکان وجود دارد که چینها در مرحله نهایی تکامل خود تمام این مراحل را پشت سر گذاشته باشند که با خمش ساده بر روی یک لایه انعطاف پذیر آغاز شده و با اتصال راندگی به سکوی بالایی (که ممکن است سطح توپو گرافی باشد) و تشکیل چینهای خمش گسلی خاتمه می بابد (شرکتی، ۱۳۸۴)، که به نظر می رسد تاقدیس لالی در حال حاضر سازوکار چینهای انتشار گسلی را از خود نشان می دهد.

نتيجه گيري

بر اساس روش RFF مناطقی از ساختار تاقدیس که با عملکرد توأم انحناء مرتبط با چین خوردگی (خمش عرضی) و انحناء ناشی از پیچش محور ساختمانی (خمش طولی) همراه هستند، مستعد تراكم بالاي شكستگي شناخته مي شوند (زون هاي ۱ تا ۴). مناطق عمیق تر مخزن آسماری (زون های ۵ تا ۷) به علت عبور از سطح خنثی که افزایش نیروهای فشارشی و ایجاد شکستگیهای برشی بسته را به دنبال دارد از گسترش و تراکم شکستگی کمتری نسبت به مناطق کمعمق تر برخوردار می باشند. بنابراین بر اساس این روش، حداکثر تراکم شکستگی مربوط به مناطق با عمق کمتر، در يال جنوبباختري چين و منطبق با يال محدب خمش محوري تاقدیس می باشد. همچنین از سرسازند آسماری به سمت مناطق عمیقتر از نقش خمش عرضی در ایجاد شکستگیها کاسته شده و خمش محوری (طولی) که خود می تواند متأثر از عملکرد گسل،های پیسنگی احتمالی و همچنین چینخوردگی همزمان فشارشی و برشی تاقدیس باشد، نقش پررنگتری پیدا میکند. ميزان انحناء طولي ساختمان نيز، حكايت از استعداد بالاتر توسعه شکستگی در نیمه جنوبباختری تاقدیس دارد. بررسیهای انجام شده با استفاده از روش دایره محاطی نشان میدهد که هر هفت زون مخزنی به ویژه زونهای بالایی سازند آسماری در میدان نفتی لالی مستعد توسعه شکستگی بوده و بالاترین تراکم شکستگی را در مناطقی که هر هفت زون دارای شکستگی هستند مى توان مشخص نمود. همچنين به دليل شيب بيشتر يال جنوبباخترى، توسعه شكستگىها بيشتر متمايل به جنوبباختر تاقديس مي باشد. ميزان انحناء طولي ساختمان تاقديس نيز، حکایت از استعداد بالاتر توسعه شکستگی در نیمه جنوبخاوری تاقدیس دارد. با توجه به مشتق دوم نقشه خطوط تراز زیر سطحی به نظر میرسد که یال جنوبباختری دارای بیشترین انحناء و خمش است و مشخص می سازد که این منطقه از بیشترین توسعه و تراکم شکستگی برخوردار است. این مسأله منطبق بر نتایج حاصل از روش های تحلیلی دایره محاطی و RFF می باشد. این مسأله، نشاندهنده بالا بودن نرخ دگرشکلی در نیمه جنوبباختری تاقدیس نسبت به نیمه شمال خاوری آن است. با استفاده از نیمرخهای لرزهنگاری دو بعدی و همچنین برشهای عرضی تهیه

شده بر روی جدیدترین نقشه خطوط تراز زیرسطحی، می توان دریافت که تاقدیس زیرسطحی لالی یک چین غیر استوانهای و نامتقارن است. مقایسه نیم رخ های لرزهای مربوط به تاقدیس لالی با مدلهای ارائه شده برای چینهای مرتبط با گسل، نشان می دهد این تاقدیس می تواند از نوع چینهای انتشار گسلی باشد. همچنین می توان گفت که احتمالا یال جلویی تاقدیس دچار تغییر ضخامت چندان زیادی نشده است. درج مقادیر برداشت شده در نمودار تغییر ضخامت یال جلویی چینهای انتشار گسلی، نیز نشان می دهد که ناز کشدگی یا ضخیم شدگی چندانی در یال جلویی این تاقدیس صورت نگرفته است.

منابع

شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳۸۷. مطالعه
زمین شناسی مخزن آسماری میدان نفتی لالی. شماره پ. (گزارش منتشر نشده)، ۳۴۵.

- شرکتی، ش.، ۱۳۸۴. تکتونیک پوشش رسوبی و پیسنگ در کمربند کوهزایی زاگرس، نکاتی در زمینه مدلسازی هندسی دگرشکلی. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف، گزارش زمین شناسی شماره GR-۲۰۶۷ (گزارش منتشر نشده)، ۶۵. - شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۳. نقشه ساختاری زاگرس. مدیریت اکتشاف.

- رمضانی، ع.، ۱۳۸۸. تحلیل شکستگیهای زیرسطحی میدان نفتی لالی در افق مخزنی آسماری و تعیین نواحی با تراکم شکستگی بالا در این مخزن. بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین - سیزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران. - رمضانی، ع.، علوی، س. ا.، حاجی علی بیگی، ح. و طالبی، ح.، ۱۳۸۹. تحلیل ساختاری و شکستگیهای میدان نفتی لالی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۰. زمین شناسی نفت زاگرس. انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، جلد اول، ۵۸۹.

- Abdollahie Fard, I., Sherkati, S. and Letouzey, J., 2006. Neogene salt in southwest Iran and its interaction with Zagros folding. American Association of Petroleum Geologists Geo 2006 Middle East Conference and Exhibition, Bahrain.

- Handin, J., Friedman, M. and Feather, J.N., 1963. Experimental deformation of sedimentary rocks under confining pressure. pore pressure Test, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 47, 717-755.

- Hajialibeigi, H., Alavi, S.A., Eftekharnezhad, J., Mokhtari, M. and Adabi, M.H., 2011. Signatures of the Balarud deep seated fault zone in Khushab anticline, SW Iran, An integrated study. Journal of Sciences, Islamic Re-

عظيم رمضاني و همكاران

public of Iran, 22, 33-49.

- Intera Company, 1992. Asmari reservoir fracture study in Marun Oil Field. Unpublished No. 65.

- Jamison, W.R., 1987. Geometric analysis of fold devolopment in overthrust terranes. Journal of Structural Geology, 9, 207-219.

- McClay, K.R., 2003. Structural Geology for Petroleum Exploration. Lecture Notes, 503.

- Mitra, S., 1990. Fault propagation folds: geometry, kinematics and hydrocarbon traps. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 74, 921-945.

- Nelson, R.A., 2001. Geologic Analysis of Naturally

Fractured Reservoirs. Gulf publishing, Houston, Texas, Contribution In Petroleum Geology and Engineering, 2nd ed., 332.

- Nemati, M. and Pezeshk, H., 2006. Spatial distribution of fractures in the Asmari Formation of Iran in subsurface environment: Effect of lithology and petrophysical properties. Natural Resources Research, 14, 305-316.

- Park, R.G., 1989. Foundation of Structural Geology. 2nd ed., 358.

- Stearns, D.W. and Friedman, M., 1972. Reservoirs in fractured rock. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 16, 82-100.