

## تحلیل ساختاری و شکستگی‌های میدان نفتی پارسی

محمد یزدانی<sup>1</sup>، دکتر سید احمد علوی<sup>2</sup>، مهندس محمد سراج<sup>3</sup>

1. گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

2. گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

3. شرکت ملی نفت مناطق نفت‌خیز جنوب

### چکیده

میدان نفتی پارسی در شمال بخش مرکزی فروافتادگی دزفول واقع شده است. در این مطالعه بر اساس اطلاعات زیرسطحی و با بهره‌گیری از روش‌های تحلیلی زیرسطحی سازوکار چین‌خوردگی و شکستگی‌های این تاقدیس مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به وجود گسل راندگی در یال جلویی (جنوب غرب تاقدیس پارسی)، تاقدیس پارسی یک چین مرتبط با گسل راندگی می‌باشد و مجموعه ویژگی‌های این تاقدیس سازوکار چین‌های جدایشی گسل خورده و مدل مهاجرت لولا و چرخش یال را برای رشد آن پیشنهاد می‌کند. روش‌های تحلیلی هندسی، داده‌های حفاری و مطالعه مغزه‌ها نشان داد که منطقه‌های مخزنی یک و دو سازند آسماری از گسترش و تراکم شکستگی بالایی برخوردارند. همچنین یال جنوب غربی کوهانه جنوب شرقی و یال شمال شرقی کوهانه شمال غربی به عنوان بخش‌هایی از ساختار با تراکم بالای شکستگی شناسایی شدند.

**کلید واژه‌ها:** سازوکار چین‌خوردگی، شکستگی، گسل راندگی، میدان نفتی پارسی

### مقدمه

میدان پارسی یکی از میادین بزرگ نفتی است که در استان خوزستان و 130 کیلومتری جنوب شرقی اهواز قرار گرفته است. از لحاظ تقسیمات ناحیه‌ای حوضه زاگرس در شمال بخش مرکزی فروافتادگی دزفول، در بین میادین کرنج، ماماتین، کوه بنگستان، منصورآباد و در محدوده عرض‌های جغرافیایی  $30^{\circ}55'$  الی  $31^{\circ}12'$  و طول‌های جغرافیایی  $49^{\circ}49'$  الی  $50^{\circ}03'$  واقع شده است (شکل 1). رخنمون‌های منطقه مورد مطالعه مشتمل بر سازند بختیاری (کنگومرای پلیستوسن) و سازندهای گروه فارس - سازندهای گچساران (میوسن پایینی)، میشان (میوسن پایینی - میانی) و آجاجاری (میوسن بالایی - پلیوسن) می‌باشد. تاقدیس پارسی یک چین غیراستوانه‌ای<sup>1</sup>، باز<sup>2</sup>، نامتقارن<sup>3</sup>، دوکوهانه و دو دماغه با سطح محوری خمیده است و در ناحیه زین اسبی بصورت یک چین جعبه‌ای قابل مشاهده می‌باشد. آزمون عمومی محور این تاقدیس N 328 درجه و در رأس سازند آسماری دارای نسبت عمومی طول به عرض 1:6 می‌باشد (مطیعی 1382).

سازند آسماری به صورت سنگ مخزن این میدان است که در مناطق بالایی عمدتاً از آهک و دولومیت تشکیل شده است و بر اساس جدیدترین منطقه‌بندی انجام شده، سازند آسماری میدان پارسی از نظر سنگ شناسی به 5 منطقه<sup>4</sup> و 2 زیرمنطقه<sup>1</sup> تقسیم‌بندی گردیده است. منطقه 1 در رأس و منطقه 5 در قاعده سازند

1. Non- Cylindrical

2. Open

3. Asymmetric

4. Zone

آسماری قرار گرفته است (اشراقی و قربانی قشقایی، 1381). در این تحقیق با توجه به نوع داده‌های موجود جهت شناسایی و بررسی خصوصیات ساختاری و شکستگی‌های زیرسطحی از مجموعه روش‌های کاربردی زیر استفاده گردیده است:

- تفسیر نیم‌رخ‌های لرزه‌ای
- بهره‌گیری از روش‌های تحلیلی هندسی به منظور مطالعه و بررسی میزان تغییرات انحاء
- استفاده از اطلاعات حفاری (بررسی میزان تغییرات هرزروی و وزن گل حفاری)
- مطالعه و بررسی مغزه‌های حفاری

## روش مطالعه

### تحلیل و بررسی توزیع فراوانی و تراکم شکستگی‌ها در میدان پارسی

تحلیل صحیح شکستگی‌ها و شناسایی مکان‌هایی با تراکم بالای شکستگی در مخازن هیدروکربنی و کربناته جنوب غرب ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جهت بررسی توزیع فراوانی و تراکم شکستگی‌ها در میدان پارسی از مجموعه روش‌هایی بهره گرفته شده است که هر یک از کارایی خاص خود برخوردارند و نتایج حاصل از آنها بسیار سودمند واقع گردید. این روش‌ها عبارتند از:

**1- روش‌های تحلیلی هندسی به منظور مطالعه و بررسی میزان تغییرات انحاء:** مشتمل بر روش RFF، تحلیل دایره محاطی و تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری می‌باشند.

**الف- روش RFF:** با توجه به مطالعات شرکت McCord & Associates (1975) پیرامون جمع‌بندی عوامل مرتبط با شکستگی‌های مؤثر رابطه (1) ارائه شده است. حاصل رابطه زیر کیفی و فاقد ابعاد در نظر گرفته شده است. هر کدام از اجزاء این رابطه با توجه به درجات کیفی کمیت‌گذاری شده‌اند و به صورتی است که در جدول (1) آورده شده است. در رابطه (1):

$$RFF = (R \times B_r) + (S \times B_s) \times (1 - C) \times L \quad \text{رابطه (1)}$$

RFF: انبوهی نسبی شکستگی‌ها

L: سنگ شناسی: با فرض اینکه سر سازند آسماری بین اعماق 7500 تا 15000 فوت باشد و با ثابت بودن سایر عوامل، کیفیت به چهار رده 4 تا 1 تقسیم شده است.

C: سیمان شدگی: با احتساب دو فرض اساسی یکی اینکه تمامی شکستگی‌ها در زیر سطح آب و نفت سیمان شده‌اند و دیگر اینکه از سطح تماس آب و نفت بطرف سرسازند آسماری سیمان شدگی کاهش می‌یابد، با استفاده از رابطه 2 محاسبه می‌شود:

$$C = \frac{D_x - D_h}{D_L - D_h} \times 0.9 \quad \text{رابطه (2)}$$

که در این رابطه C عامل سیمان شدگی،  $D_x$  عمق نقطه مورد مطالعه،  $D_h$  عمق بلندترین نقطه در تاق‌دیس مورد بررسی،  $D_L$  عمق سطح تماس آب و نفت می‌باشد.

<sup>1</sup>. Subzone

S: عامل خمش محور ساختمانی: در صورتی که اثر سطح محوری یک تاقدیس زیرزمینی در نمای نقشه خطوط تراز زیرسطحی<sup>1</sup> (سطح افقی) دچار خمش شده و انحنایی در آن مشاهده شود، با رسم بهترین شعاع انحنا محور و محاسبه طول آن می‌توان این عامل را کمیت‌گذاری کرد.

BS: عامل محور ساختمانی: اگر سطح محوری تاقدیس در نمای نقشه خطوط تراز زیرسطحی بعنوان سطح خنثی نسبت به یال‌های شمالی و جنوبی در نظر گرفته شود، این عامل نشان‌دهنده فاصله نقطه مورد مطالعه نسبت به این سطح می‌باشد و برحسب فاصله کمیت‌گذاری می‌شود. (این عامل در ارتباط با عامل (S) در نظر گرفته می‌شود).

R: عامل ساختمانی با شعاع انحنا: با وجود اینکه برای یک نیمرخ چین، مراکز انحنا و شعاع‌های متفاوتی به دست می‌آید، اما بهترین دایره منطبق بر کمان چین ترسیم می‌شود که شعاع آن معرف انحنا چین خواهد بود و برحسب طول کمیت‌گذاری می‌شود.

Br: عامل برش آسماری: با توجه به اینکه در یک لایه چین خورده شکستگی‌های کششی باز در بالای سطح خنثی شکل می‌گیرند و با فاصله از این سطح رابطه مستقیم دارند و دیگر اینکه شکستگی‌های تراکمی در زیرسطح خنثی تشکیل می‌شوند، ( $B_r$ ) 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 (3) استفاده می‌شود:

$$a = \frac{(D_t + D_b)}{2} \quad \text{رابطه (3)}$$

a: عمق سطح خنثی،  $D_t$ : عمق سر سازند آسماری و  $D_b$ : عمق قاعده آسماری در نقطه مورد مطالعه است. برای یک ساختار تاقدیس گون مقدار  $B_r$  در دو حالت قابل بررسی و تعیین است، بدین ترتیب که در عمق‌های بیشتر از سطح خنثی (a)، مقدار  $B_r$  مساوی صفر و در عمق‌های کمتر از عمق سطح خنثی  $B_r$  از رابطه (4) محاسبه می‌شود:

$$B_r = \frac{D_x - a}{a - D_t} \times 4 \quad \text{رابطه (4)}$$

در کلیه روابط ذکر شده، تمامی عمق‌ها بر حسب فوت یا متر از سطح دریای آزاد است (مطیعی، 1374). به منظور بکارگیری روش RFF بر روی جدیدترین نقشه خطوط تراز زیرسطحی سازند آسماری که حاصل تفسیر مقاطع لرزه‌ای دوبعدی می‌باشد، 50 مقطع عرضی تقریباً عمود بر روند ساختار و گذرا از چاه‌های حفاری شده ترسیم گردیده‌اند. با توجه به اطلاعات موجود در خصوص شیب سطوح سیالات (سطح تماس آب و نفت<sup>2</sup>) و سنگ‌شناسی سازند آسماری، در هر مقطع عوامل معرفی شده در رابطه RFF برای سر سازند آسماری و سطوح عمقی 150،50 و 300 متر از سرسازند آسماری محاسبه شده و مقادیر بدست آمده به نقشه درآمده است (شکل 2 الف - ث).

ب - روش تحلیل دایره محاطی<sup>3</sup>

1. UGC Map

2. WOC

3. Inscribed Circle Analysis

هدف از بکارگیری روش تحلیل دایره محاطی تعیین محدوده گسترش شکستگی‌های باز ناشی از خمش عرضی چین‌خوردگی یا شکستگی‌های کششی ساختار تاقدیسی است. اصول این روش بر این فرض استوار است که حداکثر توزیع و گسترش شکستگی‌های حاصل از انحناء<sup>1</sup> چین‌خوردگی به مناطق با حداکثر خمش عرضی ساختار یعنی نواحی واقع در بین نقاط عطف<sup>2</sup> چین محدود می‌شود و به طرف یال‌ها از میزان تراکم، عرض، تراوایی و تخلخل آنها کاسته می‌شود. در این مطالعه روش فوق بر روی سازند آسماری اعمال شده است. بدین منظور، نخست بر روی جدیدترین نقشه خطوط تراز زیر سطحی سازند آسماری که حاصل از تفسیر مقاطع لرزه‌ای دو بعدی می‌باشد، 25 مقطع عرضی تقریباً عمود بر روند ساختار ترسیم گردیده است. در ادامه برای هر مقطع پس از مشخص نمودن منطقه‌های مخزنی - که با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی تعیین شده‌اند - دایره محاطی گذرا از نقاط عطف چین ترسیم و محل برخورد دایره با مرز بالایی هر یک از منطقه‌های مخزنی روی محور فاصله مشخص شده است. سپس همان نقاط با اعداد معرف هر منطقه بر روی نقشه پایه منتقل شده است. با متصل نمودن نقاط هم ارزش، برای هر یک از منطقه‌ها یک خط تراز حاصل می‌شود که حدود گسترش شکستگی‌های آن منطقه مخزنی را نشان می‌دهد. به عبارت دقیق تر نقشه دایره محاطی محدوده گسترش افقی و عمودی شکستگی‌های کششی تاقدیس را معرفی می‌کند. از روش تحلیل دایره محاطی به منظور دیگری نیز استفاده شده است. از آنجا که در این روش حداکثر توزیع و گسترش شکستگی‌های حاصل از انحناء چین‌خوردگی به مناطق با حداکثر خمش ساختار محدود می‌شود بنابراین ترسیم خط گذرا از نقاط با حداکثر خمیدگی خطوط تراز که حدود گسترش شکستگی‌های منطقه‌های مخزنی را مشخص می‌کنند، می‌تواند خط لولای چین و به عبارتی محور چین را مشخص سازد (شکل 3).

### ج - روش تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری

یک ساختار چین خورده ممکن است در جهات مختلفی تحت تأثیر تغییرات انحناء قرار بگیرد. از آن جمله می‌توان به تغییرات انحناء طولی اشاره نمود که در ارتباط با خمیدگی محور ساختار رخ می‌دهد. بدیهی است موقعیت‌های ساختمانی که متأثر از این پدیده باشند با گسیختگی، توسعه و تراکم بیشتر شکستگی‌ها همراه هستند. جهت اعمال این روش ابتدا محور اولیه ساختار تعیین شده است. برای تعیین محور اولیه، در آخرین منحنی تراز زیرسطحی بسته میدان در افق مورد بررسی (سازند آسماری)، خطوط مماس بر روی یال‌های ساختار ترسیم گردیده و خط میانه‌ای با فاصله مساوی از پایانه‌های این دو خط به عنوان محور اولیه میدان در نظر گرفته شده است. سپس میزان و جهت انحراف محور کنونی (محور پیشنهادی بدست آمده از روش تحلیل دایره محاطی) نسبت به آن، مورد بررسی قرار گرفته است. محدوده‌های تعیین شده‌ای که بین محور اولیه و محور کنونی قرار گرفته‌اند مناطقی را که مستعد شکستگی‌های کششی ناشی از خمش ساختاری هستند، نشان می‌دهد (شکل 4).

### 2- استفاده از اطلاعات حفاری

**الف - داده‌های هرز روی گل حفاری<sup>3</sup>:** گم‌شدگی گل یا هرز روی گل حفاری از جمله روش‌های غیر مستقیمی است که در مطالعه و تفسیر شکستگی‌های زیر سطحی بکار می‌رود. اگر چه هرزروی گل حفاری

<sup>1</sup> Curvature

<sup>2</sup> Inflection points

<sup>3</sup> Drilling Mud Loss Data

امتداد، شیب و دیگر خصوصیات ساختاری شکستگی‌ها را روشن نمی‌سازد، اما با بهره‌گیری از آن می‌توان مکان‌هایی با تراکم بالای شکستگی و محل احتمالی گسل‌ها را تعیین کرد. دیگر اینکه بکارگیری نتایج بدست آمده هرز روی گل حفاری به عنوان روش مقایسه‌ای و تکمیلی در کنار نتایج سایر روش‌ها در تفسیر و تحلیل دقیق‌تر شکستگی‌ها بسیار سودمند است. از آنجا که داده‌های هرز روی این میدان نسبتاً کامل و دارای پراکندگی مناسب می‌باشند جهت نمایش این سری از اطلاعات از نقشه‌های منحنی همتراز استفاده شده است. بر این اساس مجموع میزان گم‌شدگی گل یا هرزروی گل حفاری حاصل از اطلاعات 54 حلقه چاه بر حسب بشکه در ساعت<sup>1</sup> برای منطقه‌های یک تا پنج مخزن سازند آسماری به صورت نقشه‌های منحنی میزان هرزروی گل تهیه شده است (شکل 5 الف - ج).

**ب - داده‌های وزن گل حفاری<sup>2</sup> :** کاهش و یا افزایش وزن گل حفاری به طور مستقیم تحت تأثیر فشار سازند حفاری شده است زیرا عموماً وزن گل حفاری به گونه‌ای برابر فشار لیتواستاتیک سازند تنظیم می‌گردد تا از جریان مواد سازندی ناپایدار به درون چاه و همچنین از جریان مصنوعی گل حفاری به درون سازند جلوگیری شود. از آنجا که فشار رابطه مستقیم با تنش دارد میزان وزن گل حفاری - با درصد کمی خطا - شباهت زیادی با تنش لیتواستاتیک ساختار دارد. بر همین اساس نقشه توزیع تغییرات وزن گل حفاری در یک افق زمین شناسی می‌تواند منعکس کننده وضعیت توزیع تنش در آن افق باشد. از این رو جهت شناسایی مناطق حساس ساختاری نقشه منحنی‌های همتراز از وزن گل حفاری در سر سازند آسماری میدان پارسی - که تا حدود زیادی نقشه توزیع تنش را برای سر سازند آسماری نشان می‌دهد - تهیه شده است (شکل 6).

### 3- مطالعه و بررسی مغزه‌ها:

چاه‌های انتخابی جهت مطالعه مغزه‌ها شامل چاه‌های 10، 18، 19، 33 و 69 می‌باشند که تمامی مغزه‌های آنها بصورت غیر جهت یافته هستند. چاه شماره 69 بصورت مغزه کامل<sup>3</sup> و بقیه بصورت ورقه شده<sup>4</sup> می‌باشند. پس از آماده‌سازی مغزه‌ها تراکم شکستگی‌ها بر اساس رابطه (7) که نشان دهنده تعداد شکستگی‌ها در مغزه‌ها برای هر متر چاه حفاری شده می‌باشد، محاسبه گردیده و به صورت نقشه منحنی میزان به نمایش در آمده است (شکل 7).

$$\text{رابطه (5)} \quad 100 \times (\text{طول حد فاصل برداشت اطلاعات}) / \text{تعداد شکستگی} = \text{تراکم شکستگی}$$

مقادیر فواصل فاقد اطلاعات بین چاه‌های دارای مغزه به روش زمین آماری Kiriging برون یابی شده است.

### بحث

بر اساس نقشه‌های منحنی میزان تهیه شده از فراوانی شکستگی‌ها در سطوح عمقی مختلف با استفاده از روش RFF، مناطقی از ساختار تاق‌دیزی با عملکرد توأم انحناء مرتبط با چین‌خوردگی و انحناء ناشی از اعوجاج محور ساختاری مستعد شکستگی‌های بیشتر شناخته می‌شوند. منطقه‌های یک و دو مخزن آسماری میدان پارسی به‌علت گسترش قابل توجه دولومیت و با در نظر گرفتن سایر عوامل نسبت به منطقه‌های سه،

1. BPH

2. Mud Weight Data

3. Whole Core

4. Slab

چهار و پنج از توسعه شکستگی‌های بیشتری برخوردار می‌باشند. همچنین از سر سازند آسماری به سمت منطقه‌های عمیق‌تر آن از نقش خمش چین‌خوردگی در ایجاد شکستگی‌ها کاسته شده و خمش محور ساختاری در این زمینه بیشتر جلوه‌گر می‌شود به‌طوریکه تراکم شکستگی‌های پیش‌بینی شده برای عمق 300 متر در قسمت‌های خمش محوری متمرکز شده است. نقشه تهیه شده با استفاده از روش تحلیل دایره محاطی نشان می‌دهد که تمامی پنج منطقه مخزنی سازند آسماری در این میدان مستعد شکستگی هستند. شکستگی‌های باز کششی حاصل از چین‌خوردگی یا شکستگی‌های طولی به کوهانه‌های تاقدیس محدود شده‌اند و از روند محور ساختار تبعیت می‌کنند. همچنین از این نقشه استنباط می‌شود که گسترش افقی و عمودی شکستگی‌ها در کوهانه جنوب شرقی نسبت به کوهانه شمال غربی به مراتب بیشتر است و منطقه‌های یک و دو مخزن آسماری از گستردگی بیشتری نسبت به دیگر مناطق برخوردارند. روش تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری بیانگر آن است که در میدان پارسی بخش مرکزی ناحیه زین اسبی همانند نقطه عطفی در ایجاد شکستگی‌های کششی ناشی از خمش محور ساختاری است. به‌طوریکه از این بخش به سمت جنوب شرق و شمال غرب تاقدیس بر وسعت مناطق گسیخته شده و همچنین بر میزان فاصله محور کنونی از محور اولیه افزوده می‌گردد. در نقشه‌های منحنی میزان تهیه شده از هرزروی گل حفاری، بیشترین میزان هرزروی گل برای منطقه یک در کوهانه جنوب شرقی و یال شمالی کوهانه شمال غربی، در منطقه دو در یال جنوبی کوهانه شمال غربی و یال شمالی در ناحیه زین اسبی، در منطقه سه در ناحیه زین اسبی و کوهانه جنوب شرقی، در منطقه چهار در ناحیه زین اسبی و برای منطقه پنج در کوهانه جنوب شرقی و یال جنوبی ناحیه زین اسبی مشاهده می‌شود. مقایسه میزان هرزروی گل در منطقه‌های مختلف مخزنی نشان می‌دهد که بیشترین هرزروی گل در منطقه‌های مخزنی یک و دو رخ داده است. افزایش قابل ملاحظه هرزروی گل در این مناطق را می‌توان به گسترش شکستگی‌های طولی نسبت داد که در اثر فاز کششی حاکم بر قسمت‌های بالایی سازند آسماری ایجاد شده‌اند. گستردگی و تراکم بیشتر شکستگی‌ها برای منطقه‌های یک و دو با استفاده از روش‌های تحلیل دایره محاطی و RFF پیش‌بینی شده است. با استفاده از تحلیل دایره محاطی تمرکز شکستگی‌های ناشی از خمش عرضی ساختار تاقدیسی در کوهانه‌ها پیش‌بینی می‌شود. هرزروی بالا در کوهانه‌ها به خصوص در کوهانه جنوب شرقی میدان بخوبی مؤید این واقعیت است. در مقابل هرزروی کمتر در بخش شمال‌غربی را می‌توان به چین‌خوردگی ضعیف‌تر و تأثیر کمتر پارامترهای هندسی چین‌خوردگی و همچنین روبراه رسوبی بیشتر در این بخش توجیه نمود. بخش‌هایی از یال جنوبی کوهانه جنوب شرقی و یال شمالی کوهانه شمال غربی که هرزروی بالایی را نشان می‌دهند در موقعیت‌های ساختمانی واقع شده‌اند که تحت تأثیر خمش ناشی از چین‌خوردگی و خمش محور چین قرار گرفته‌اند. چنین مناطقی با استفاده از روش RFF نیز پیش‌بینی شده‌اند. هرزروی بالا در بخش مرکزی میدان یا ناحیه زین اسبی با هیچیک از روش‌های پیش‌بینی و تحلیلی پارامترهای هندسی چین‌خوردگی (تحلیل دایره محاطی و روش RFF) قابل توجیه نیست. این هرزروی بالا می‌تواند ناشی از یک عامل ثانویه غیر از عوامل مؤثر در ایجاد شکستگی در یک ساختار تاقدیسی باشد و احتمالاً در ارتباط با یک زون گسلی بوجود آمده است. در اینجا می‌توان به نقش گسل امتداد لغز راستگرد هنديجان - ایزه در ایجاد این هرزروی بالای گل حفاری اشاره نمود. نقشه تغییرات وزن گل حفاری در سر سازند آسماری بیشترین میزان وزن گل را در کوهانه جنوب شرقی، ناحیه زین اسبی و کوهانه شمال غربی نشان می‌دهد. افزایش وزن گل بالا یا به عبارتی افزایش تنش لیتواستاتیک در کوهانه‌ها به

خصوص در کوهانه جنوب شرقی در پاسخ به خمش ناشی از چین خوردگی به وجود آمده که روش‌های تحلیل هندسی (تحلیل دایره محاطی و روش RFF) نیز آنها را پیش بینی نموده است. افزایش غیر متعارف وزن گل در ناحیه زین اسبی را می‌توان به عملکرد گسل امتداد لغز راستگرد هنديجان - ایزده و ایجاد یک بخش حساس ساختاری در این میدان نسبت داد. طبق نقشه تراکم شکستگی تهیه شده بر اساس مطالعه مغزه‌ها قسمت‌های مختلف ساختمان مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهند. در چاه شماره 10 بیشترین تراکم شکستگی مشاهده می‌شود. این چاه در کوهانه شمال غربی، در یال شمالی واقع شده است. بدلیل اینکه این بخش تحت تأثیر خمش عرضی ناشی از چین خوردگی و خمش محور چین قرار گرفته است و دو عامل ساختمانی بصورت توأم در ایجاد شکستگی‌ها دخیل هستند، شکستگی‌ها از تراکم بسیار بالایی برخوردار می‌باشند. چاه شماره 69 که در کوهانه جنوب شرقی، در محل خط الرأس تاقدیس قرار گرفته تراکم شکستگی بالا و البته کمتر از چاه شماره 10 را نشان می‌دهد. در این موقعیت ساختمانی شکستگی‌ها بیشتر در اثر خمش عرضی ناشی از چین خوردگی ایجاد شده‌اند. چاه شماره 33 که در کوهانه شمال غربی، در یال جنوبی و در قسمت تقعر محوری قرار گرفته است تراکم شکستگی نسبتاً بالایی را نشان می‌دهد. چون در این قسمت از ساختمان دیگر عامل خمش محوری نقشی در ایجاد شکستگی‌های کششی ندارد، بنابراین شکستگی‌ها بیشتر در اثر عملکرد خمش عرضی حاصل از چین خوردگی بوجود آمده‌اند. همچنین بدلیل اینکه این چاه در یال تاقدیس حفاری شده است، نسبت به چاه شماره 69 که در محل خط الرأس ساختمان قرار دارد تراکم شکستگی کمتری را نشان می‌دهد. چاه‌های 18 و 19 که در ناحیه زین اسبی واقع شده‌اند از تراکم شکستگی کمتری نسبت به دیگر چاه‌ها و یا به عبارتی قسمت‌های دیگر ساختمان برخوردارند و چون میزان خمش عرضی ناشی از چین خوردگی در ناحیه زین اسبی کمتر از کوهانه‌ها است این کاهش چندان دور از ذهن نیست. در عین حال بدلیل اینکه چاه شماره 18 در یال شمالی و در یک منطقه کششی متأثر از خمش محوری قرار دارد نسبت به چاه شماره 19 که در یال جنوبی و قسمت تحذب محوری واقع است، تراکم شکستگی بیشتری را نشان می‌دهد. در یک جمع بندی در خصوص تراکم شکستگی‌ها بر اساس مطالعه مغزه‌ها در میدان پارسی می‌توان عنوان کرد که از یال به سمت لولا یا محور چین خوردگی در سازند آسماری تراکم شکستگی‌ها افزایش می‌یابد. قسمت‌هایی از میدان که تحت تأثیر خمش عرضی ناشی از چین خوردگی و خمش محوری هستند از تراکم شکستگی بسیار بالایی برخوردارند و در عین حال نقش جداگانه هر یک از این دو عامل ساختمانی نیز در افزایش تراکم شکستگی‌ها کاملاً محسوس می‌باشد.

### سازوکار چین خوردگی در تاقدیس زیرسطحی پارسی

تاقدیس پارسی یک تاقدیس زیر سطحی است و شواهد زمین شناسی زیادی از آن وجود ندارد و بدلیل وجود و عملکرد سازند شکل‌پذیر گچساران در منطقه مورد مطالعه، هندسه ساختمان سطحی و زیرسطحی این تاقدیس کاملاً متفاوت می‌باشد. جهت شناسایی سازوکار چین خوردگی در تاقدیس پارسی از داده‌های ژئوفیزیکی حاصل از لرزه‌نگاری سه بعدی به همراه داده‌های حفاری بهره گرفته شده است. خطوط لرزه ای که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند به صورت عمقی و کوچ داده شده هستند. این نیمرخ‌های لرزه‌ای عرضی و عمود بر محور ساختمان می‌باشند (شکل 8). به منظور تفسیر خطوط لرزه‌ای بر روی نیمرخ‌های لرزه‌ای رفلکتورهای مربوط به رأس سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه - که با استفاده از داده‌های حفاری نیز مورد تأیید قرار گرفته‌اند - شناسایی گردیده و در ادامه با اتصال و ترسیم آنها و دیگر پدیده‌های

ساختمانی موجود فرآیند تفسیر نیمرخ‌های لرزه‌ای به انجام رسیده است (شکل 9). در نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده از تاقدیس پارسی محدوده‌ای بهم ریخته و مبهم در یال جنوب غربی مشاهده می‌شود. 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 اثر عملکرد گسلش راندگی در امتداد یال جنوبی، گسیختگی رخ داده است. یال جنوب غربی این تاقدیس چندان پرشیب نیست و شیب قائم و برگشتگی نیز هرگز در آن مشاهده نمی‌شود. از سوی دیگر جابجایی در رأس سازندها حداقل تا افق سازند سروک قابل شناسایی است. بنابراین وجود گسل راندگی در یال جنوب غربی تاقدیس به اثبات می‌رسد. بدین ترتیب در یک بیان کلی تاقدیس زیرسطحی پارسی را می‌توان یک چین مرتبط با گسل راندگی<sup>1</sup> نامگذاری نمود. (Mc Clay, 2004) طبقه‌بندی مثلثی ساده‌ای را برای چین‌های مرتبط با گسل راندگی ارائه نموده است (شکل 10).

مدل‌های انتقالی بین سه نوع اصلی چین‌خوردگی به‌واسطه گذر از چین‌های از پیش شکل گرفته صورت می‌گیرد. نظر به اینکه در نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده تاقدیس زیرسطحی پارسی الگوی شیبراهه و سکو مشاهده نمی‌شود بنابراین نمی‌توان مدل چین‌های خمش گسلی<sup>2</sup> را برای آن در نظر گرفت. پس باید مدل هندسی تاقدیس پارسی را در ضلع پایینی مثلث طبقه‌بندی (Mc Clay, 2004) جستجو کرد.

حضور گسل راندگی در یال جلویی<sup>3</sup> تاقدیس که لایه‌بندی را قطع کرده است سبب می‌شود که این تاقدیس در گروه چین‌های جدایشی<sup>4</sup> قرار نگیرد. (Mc Clay, 2004) در تشریح ویژگی‌های چین‌های انتشار گسلی<sup>5</sup> اشاره می‌کند که در این مدل از چین‌خوردگی در جلو چین هیچگونه دگرشکلی وجود ندارد. همانگونه که در نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده تاقدیس پارسی مشاهده می‌شود در برخی از قسمت‌های ساختمان در فرودیواره گسل راندگی واقع در یال جلویی، یک ناودیس کوچک، تاقدیس پارسی را از تاقدیس نسبتاً کوچک پرنج جدا ساخته است (خطوط لرزه‌ای شماره 550، 600 و 700 در شکل 9). وجود این ناودیس که مؤید تحمیل شدن دگرشکلی در فرودیواره گسل راندگی است انتخاب مدل چین‌های انتشار گسلی را برای این تاقدیس در پرده ابهام قرار می‌دهد. با توجه به موارد فوق در طبقه‌بندی مثلثی McClay (2004) تاقدیس پارسی را باید در زمره چین‌های جدایشی انتقالی<sup>6</sup> قلمداد نمود. این گروه از چین‌ها دامنه وسیعی از مدل‌های هندسی چین‌خوردگی را در بر می‌گیرد. بنابراین تعیین جایگاه مدل هندسی تاقدیس پارسی در این گستره اگرچه دشوار ولی ضروری به نظر می‌رسد.

(Mitra, 2002) سبک ساختاری خاصی از چین‌های جدایشی را در کمربندهای چین-رانده مورد بررسی قرار داده و تحت عنوان چین‌های جدایشی گسل خورده<sup>7</sup> معرفی نموده است (شکل 11). وی معتقد است که این ساختمان‌ها در واحدهایی با تمایز مقاومتی بالا شکل می‌گیرند و با افزایش میزان کوتاه شدگی انتقال در رفتار دگرشکلی را از چین‌خوردگی جدایشی تا چین‌خوردگی انتشار گسلی پیشرونده نشان می‌دهند. ساختمان‌ها

1. Thrust Fault Related Fold

2. Fault Bend Folds

3. Fore limb

4. Detachment Folds

5. Fault Propagation Folds

6. Transported Detachment Folds

7. Faulted Detachment Folds



نخست بوسیله چین خوردگی جدایشی متقارن یا نامتقارن ایجاد می‌شوند و طول موج چین توسط ضخامت واحدهای مقاوم کنترل می‌شود. محدودیت حجمی نیازمند حرکت مواد از ناودیس‌ها به سمت تاقدیس‌ها است ادامه کوتاه‌شدگی منجر به شکل‌گیری چین‌های تنگ‌تر می‌شود. این فرایند با چرخش یال که توسط مهاجرت لولا صورت می‌گیرد، چرخش قطعه یال و برش درونی همراه است. چرخش قطعات یال بین لولاهای قفل شده سبب ایجاد گسل‌های رانندگی می‌شوند. این گسل‌ها میان مناطق دگرشکلی بر روی یال جلویی و احتمالاً یال پشتی نفوذ می‌کنند. در چین‌های جدایشی گسل خورده یال‌های پشتی ممکن است زاویه بیشتری را نسبت به گسل رانندگی نشان دهند. برخی از سیماهای ویژه این سبک از چین خوردگی که توسط Mitra(2002) پیشنهاد شده است شامل: تغییرات حائز اهمیت در رفتار دگرشکلی واحدهای مختلف، هندسه خیلی باز و مدور چین و حضور ناودیس فرودیواره می‌باشد.

نخستین بار (1950) O'Brine ستون چینه‌شناسی زاگرس را از دیدگاه رفتار مکانیکی رسوبات طی دگر شکلی به پنج گروه تقسیم بندی نمود:

1- گروه پی سنگ<sup>1</sup>، 2- گروه متحرک پائینی<sup>2</sup>، 3- گروه مقاوم<sup>3</sup>، 4- گروه متحرک بالایی<sup>4</sup>، 5- گروه نامقاوم بالایی<sup>5</sup>. در مدل (1950) O'Brien گروه مقاوم در فرو افتادگی دزفول واحد ساختاری منفردی را تشکیل می‌دهد درحالی‌که (2005) Sherkat et al.؛ (2004) Sherkat & Letouzey با مطالعه بخش مرکزی و شرقی زاگرس با بهره‌گیری از مقاطع لرزه‌ای، اطلاعات جدید چاه‌ها، مقاطع ترازمند ناحیه‌ای و نقشه‌های هم ضخامت جدید نشان دادند که چندین سطح گسیختگی میانی نیز در داخل این مدل رسوبی در حین چین خوردگی فعال بوده‌اند و این سطوح گسیختگی واحدهای لیتوتکتونیک را از هم جدا ساخته‌اند. بر اساس مطالعات مذکور تبخیری‌های تریاس، شیل‌های آلبین، مارن‌های ائوسن و تبخیری‌های میوسن به‌عنوان سطوح گسیختگی میانی معرفی شدند و تقسیم‌بندی ساختاری جدیدی برای بخش پوشش رسوبی زاگرس ارائه شد. بنابراین در منطقه مورد مطالعه واحدهای شکل‌پذیری وجود دارند که نقش سطوح گسیختگی میانی را ایفا می‌کنند و تناوبی از واحدهای مقاوم و نامقاوم را می‌توان مشاهده نمود. در این میان تبخیری‌های تریاس سازند دشتک می‌تواند به عنوان یکی از کاندیداهای سطح جدایش در نظر گرفته شود. در بررسی خصوصیات هندسی و رده‌بندی بر اساس نیمرخ‌های لرزه‌ای، تاقدیس پاریسی همواره سیمای یک چین باز، نامتقارن با هندسه مدور را به نمایش می‌گذارد. در بررسی نیمرخ‌های لرزه‌ای نیز به وجود ناودیس جداکننده تاقدیس‌های پاریسی و پرنج واقع در فرودیواره گسل رانندگی اشاره شده است. بنابراین مجموع ویژگی‌های فوق‌الذکر مدل هندسی چین‌های جدایشی گسل خورده را برای آن پیشنهاد می‌کند. با توجه به ویژگی‌های این سبک از چین خوردگی می‌توان مؤخر بودن گسلش رانندگی را نسبت به تکامل چین استنباط نمود. نقش سطوح گسیختگی میانی<sup>6</sup> بر هندسه چین خوردگی تاقدیس پاریسی در نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده به‌وضوح به‌وضوح نمایان است. در کوهانه‌های جنوب شرقی و شمال غربی- که دگر شکلی بیشتری را نسبت به سایر قسمت‌های ساختمان متحمل شده‌اند- فعال شدن سازندهای شکل‌پذیر پابده و گورپی چین‌های نسبتاً

1. Basement Group

2. Lower Mobile Group

3. Competent Group

4. Upper Mobile Group

5. Upper Incompetent Group

6. Intermediate Detachments Levels

کوچکی را در یال جنوب غربی ایجاد کرده‌اند (خطوط لرزه‌ای شماره 700 و 1090 در شکل 9). این چین‌های کوچک فرعی به ساختمان‌های گوش خرگوشی<sup>1</sup> موسومند (Sherkati & Letouzey, 2004). (Poblet & McClay (1996) سه مدل را برای رشد و تکامل چین‌های جدایشی ارائه دادند که عبارتند از 1) شیب یال ثابت و طول یال متغیر، 2) شیب یال متغیر و طول یال ثابت و 3) شیب یال متغیر و طول یال متغیر (شکل 12). تاقدیس پارسی یک چین جدایشی گسل خورده می‌باشد و بنابراین از مرحله یک چین جدایشی محض گذر کرده است. پس باید یکی از این مدل‌های ارائه شده در رشد و توسعه آن دخیل بوده باشند. جهت انتخاب مدل تکاملی تاقدیس پارسی، نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده و همچنین مقاطع عرضی تهیه شده از سر سازند آسماری در قسمت‌های مختلف ساختمان را می‌توان به عنوان مراحل از تکامل چین در نظر گرفت (شکل‌های 9 و 13). افزایش شیب یال‌ها و همچنین جابجایی موقعیت لولا از دماغه جنوب شرقی به سمت بخش میانی تاقدیس نشانگر فعال بودن فرایندهای چرخش یال و مهاجرت لولا در تکامل چین می‌باشند و به عبارتی مدل سوم (Poblet & McClay (1996) را تأیید می‌کند.

### نتیجه‌گیری

- 1- بررسی نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده وجود راندگی را در یال جلویی تاقدیس پارسی به اثبات رسانده است و نشان داده است که تاقدیس پارسی یک چین مرتبط با گسل راندگی است. هندسه باز و مدور چین، گسل راندگی در یال جلویی، حضور ناودیس فرود یواره و وجود واحدهای با رفتار دگرشکلی متفاوت در منطقه مورد مطالعه از جمله دلایلی است که سازوکار چین خوردگی چین‌های جدایشی گسل خورده و مؤخر بودن گسلش راندگی را نسبت به چین خوردگی برای تاقدیس پارسی پیشنهاد می‌کند.
- 2- تغییر نیمرخ چین، جابجایی موقعیت لولا و تغییر شیب یال در طول تاقدیس مدل مهاجرت لولا و چرخش یال را برای رشد تاقدیس پارسی به اثبات می‌رساند.
- 3- تأثیر سطوح جدایش میانی (سازندهای پابده و گورپی) بر هندسه ساختمان پارسی با وجود ساختمان‌های گوش خرگوشی به اثبات رسیده است.
- 4- بکارگیری روش‌های تحلیلی هندسی زیرسطحی در میادین نفتی، جهت تحلیل و شناخت صحیح از گسترش شکستگی‌ها، علی‌رغم کم هزینه بودن بسیار سودمند است.
- 5- بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده از مجموعه روش‌های کاربردی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت نشان داد که منطقه‌های مخزنی یک و دو سازند آسماری نسبت به سایر مناطق مخزنی از گسترش و تراکم شکستگی قابل توجهی برخوردار هستند. همچنین کوهانه‌های تاقدیس پارسی مستعد شکستگی‌های طولی ناشی از خمش عرضی ساختار می‌باشند که کوهانه جنوب شرقی به علت گستردگی بیشتر سهم بیشتری از این شکستگی‌ها را به خود اختصاص داده است. به دلیل تأثیر کمتر پارامترهای هندسی چین خوردگی (خمش عرضی و طولی ساختار) در ایجاد و گسترش شکستگی‌ها، کمترین میزان شکستگی مرتبط با چین خوردگی در ناحیه زین اسبی تاقدیس (بخش میانی ساختار) پیش بینی می‌شود.
- 6- به دلیل عملکرد ترکیبی خمش عرضی چین خوردگی و خمش محور ساختاری، یال جنوب غربی کوهانه جنوب شرقی و یال شمال شرقی کوهانه شمال غربی در مقایسه با دیگر بخش‌های ساختمان تاقدیس پارسی مستعد شکستگی بیشتری هستند و از دیدگاه زمین شناسی ساختمانی ارزش مخزنی بالاتری دارند.

<sup>1</sup>. Rabbit Ear Structures

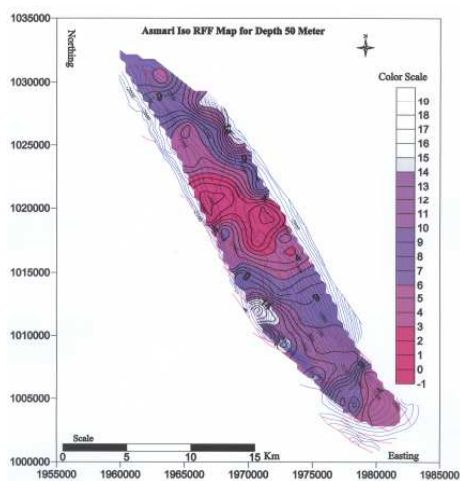
## تشکر و قدردانی

این تحقیق از همکاری و حمایت‌های اداره کل زمین‌شناسی شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب بهره‌مند شده است که سپاسگزاری می‌گردد.

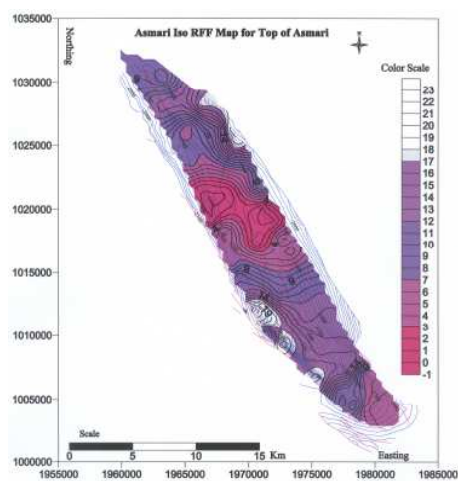
## منابع

- اشراقی، ا. و قربانی قشقائی، ا.، 1381. مطالعه تکمیلی زمین‌شناسی مخزن آسماری میدان پارسی، گزارش شرکت ملی نفت ایران، شماره پ-5233.
- مطیعی، ه.، 1374. زمین‌شناسی نفت زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران، جلد اول 589.
- مطیعی، ه.، 1382. زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس-سازمان زمین‌شناسی کشور، 536.
- Exploit, geol, div., 1382. Parsi Underground Contour Map on Top of Asmari Formation, NIOC.
- Mc Clay, K.R., 2004. Advanced Structural Geology for Petroleum Exploration, Royal Holloway University London, (Un Pub.).
- McCord, D.R., and Associates., 1975. Asmari Reservoir, Khuzestan Province Iran, Fracture Study of Asmari Reservoir, OSCO, (Un pub.).
- Mitra, S., 2002. Structural Models of Faulted Detachment Folds, AAPG Bulletin, 86(4), 671-693.
- O'Brien, C.A.E., 1950. Tectonic Problems of the Oilfield Belt of South-west Iran. Int. Geol. Cong. 18<sup>th</sup>, Great Britain, Report. pt 6, 45-58.
- Pablet, J. and Mc Clay, K.R., 1996. Geometry and Kinematic of Single Layer Detachment Folds, AAPG Bull, 80, 1085-1109.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon De Lamotte, D., Letouzey, J., 2005, Detachment Folding in the Central and Eastern Zagros Fold-belt(Iran): Salt Mobility, Multiple Detachment and Late basement control, Journal of Structural Geology, 27, 1680-1696.
- Sherkati, S. and Letouzey, J., 2004. Variation of Structural Style and Basin Evolution in the Central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran, Marine and Petroleum Geology, 21(5), 535-554.

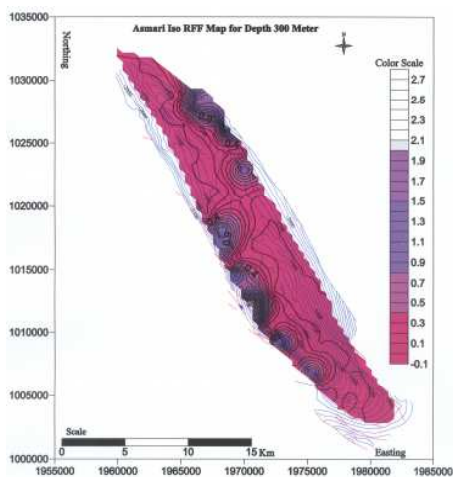




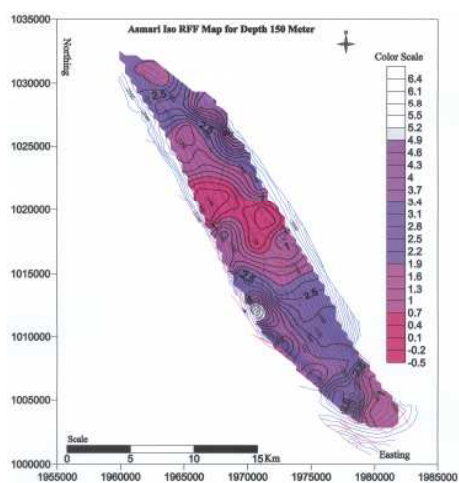
شکل 2-ب) نقشه منحنی‌های میزان هم RFF برای عمق 50 متر از سر سازند آسماری



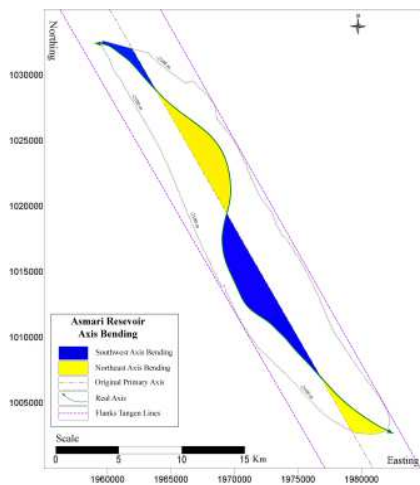
شکل 2-الف) نقشه منحنی‌های میزان هم RFF برای سر سازند آسماری



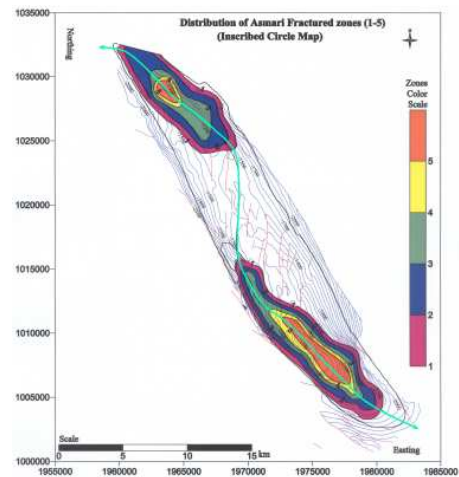
شکل 2-ت) نقشه منحنی‌های میزان هم RFF برای عمق 300 متر از سر سازند آسماری



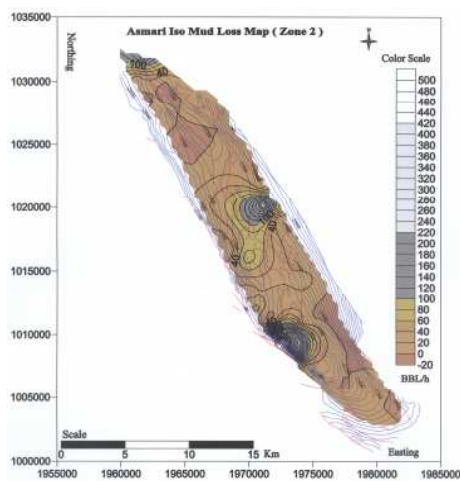
شکل 2-ث) نقشه منحنی‌های میزان هم RFF برای عمق 150 متر از سر سازند آسماری



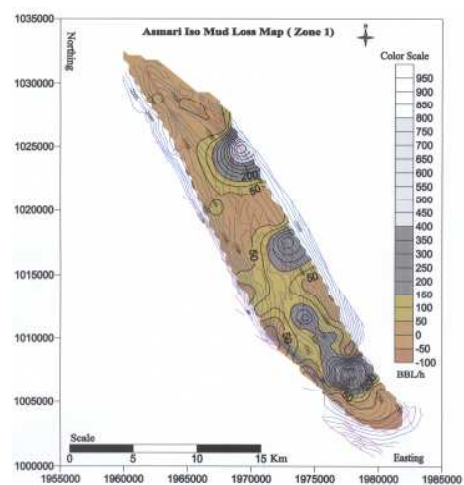
شکل 4- پیش‌بینی اندازه و جهت انحراف از حالت اولیه محور چین‌خوردگی برای سازند آسماری در تاقدیس پارسی



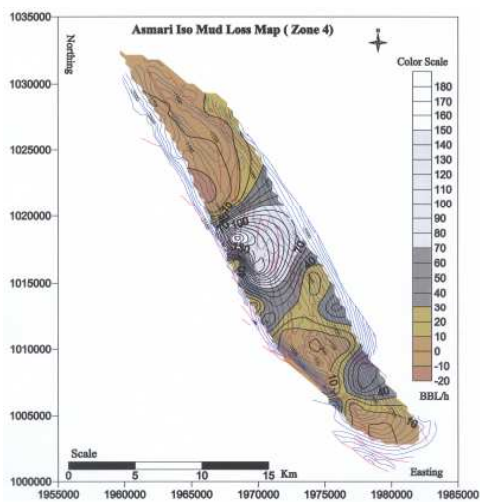
شکل 3- محدوده‌های مستعد گسترش شکستگی‌های باز کششی وابسته به چین‌خوردگی در منطقه‌های مخزنی سازند آسماری به همراه موقعیت محور پیشنهادی



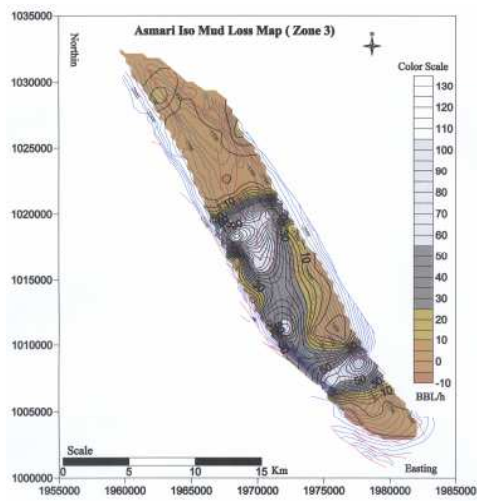
شکل 5- ب) نقشه منحنی‌های میزان هرز روی گل در منطقه دو مخزن آسماری



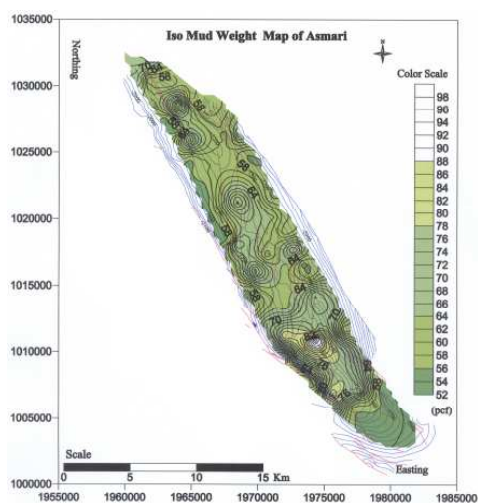
شکل 5- الف) نقشه منحنی‌های میزان هرز روی گل در منطقه یک مخزن آسماری.



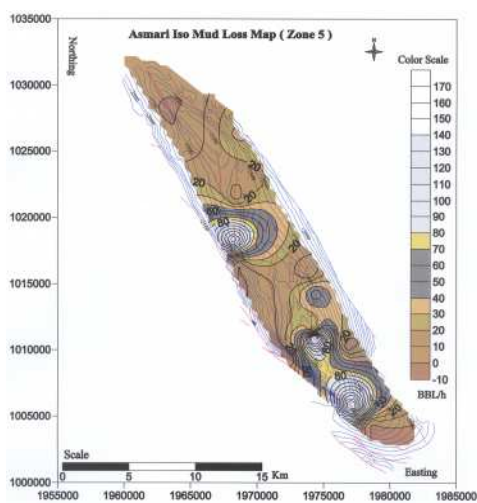
شکل 5-ث) نقشه منحنی‌های میزان هرز روی گل در منطقه چهار مخزن آسماری



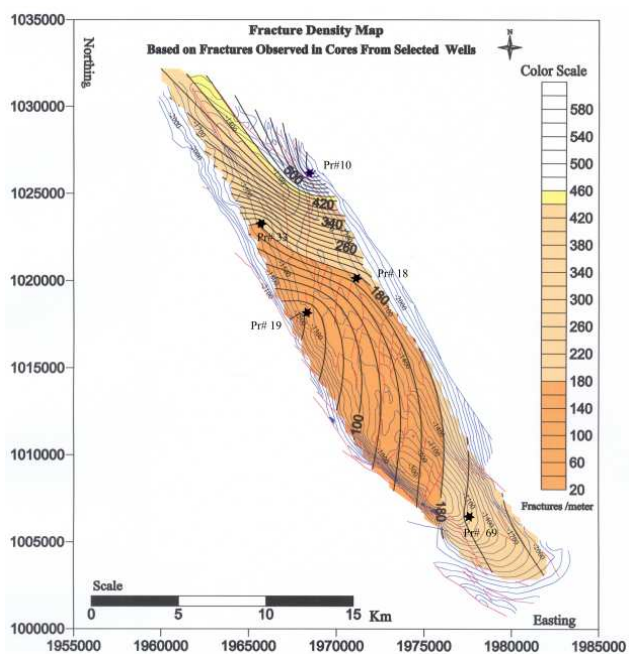
شکل 5-ت) نقشه منحنی‌های میزان هرز روی گل در منطقه سه مخزن آسماری



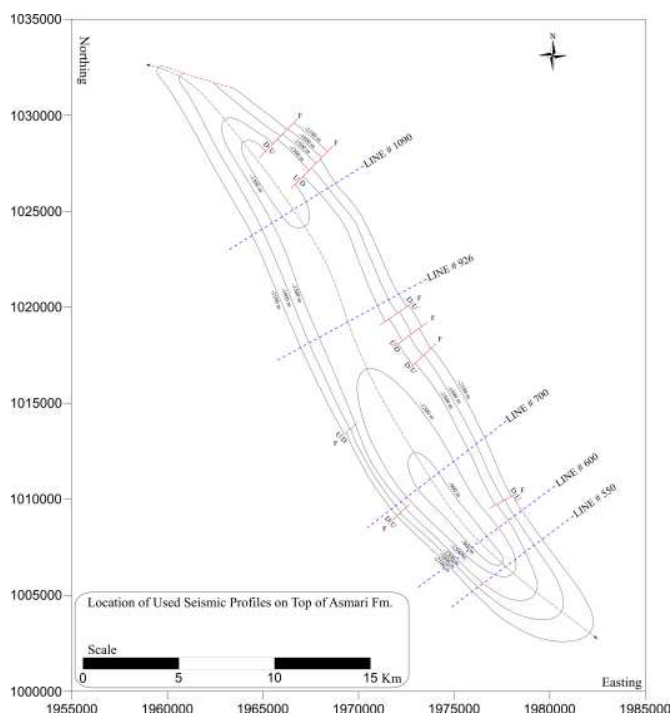
شکل 6) نقشه منحنی‌های میزان وزن گل در سرسازند آسماری



شکل 5-ج) نقشه منحنی‌های میزان هرز روی گل در منطقه پنج مخزن آسماری

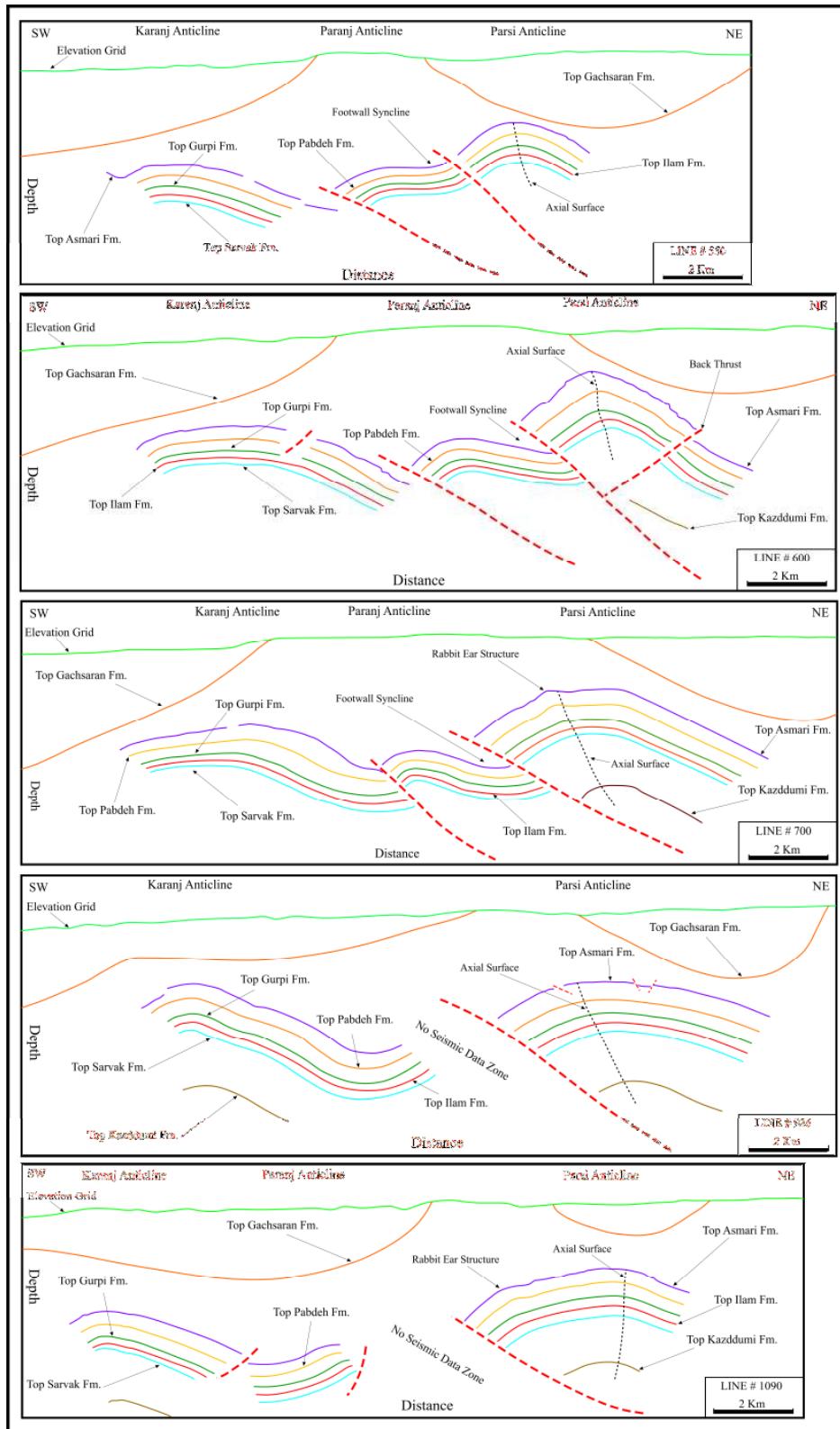


شکل 7- نقشه تراکم شکستگی‌ها بر اساس مطالعه مغزه‌ها به همراه موقعیت چاه‌های انتخابی در میدان پارس.

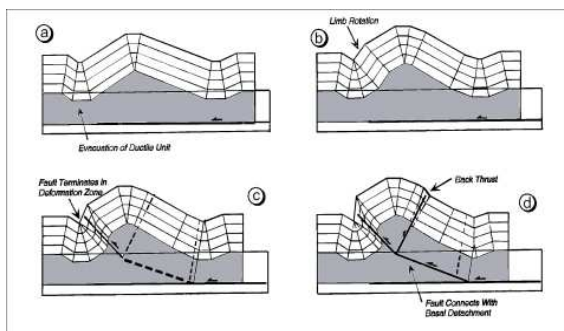


شکل 8- موقعیت خطوط لرزه‌ای تفسیر شده در میدان پارس

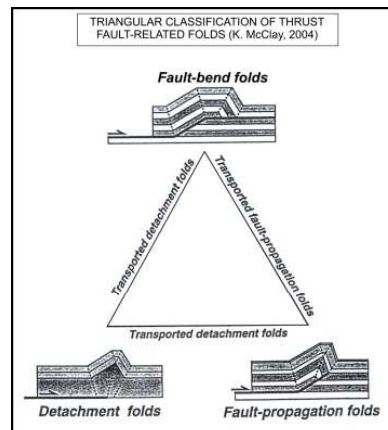




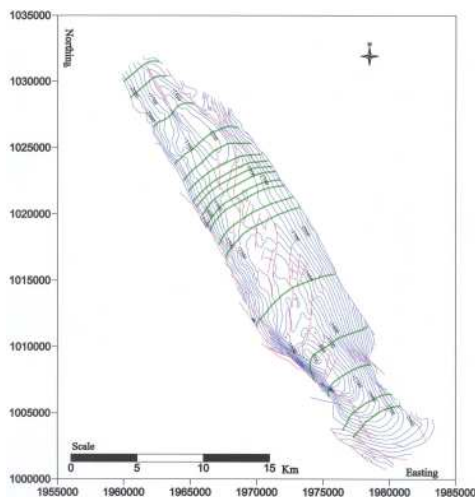
شکل 9- نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده بر اساس لرزه‌نگاری سه بعدی و داده‌های حفاری در میدان پارسی



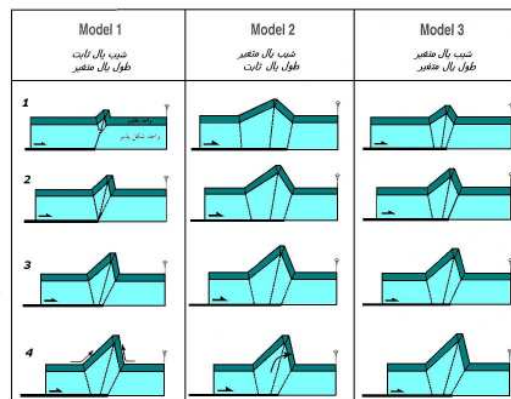
شکل 11- مراحل تکامل یک چین جدایشی گسل خورده نامتقارن (Mitra, 2002). در نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده، تاقدیس پارسی شباهت بسیار زیادی با این مدل هندسی چین خوردگی نشان می‌دهد.



شکل 10- مثلث طبقه‌بندی چین‌های مرتبط با گسل (McClay (2004). تاقدیس پارسی در ضلع پایینی این مثلث قرار می‌گیرد.



شکل 13- مقاطع عرضی تهیه شده از تاقدیس پارسی بر روی نقشه خطوط تراز زیرسطحی سازند آسماری



شکل 12- مدل‌های رشد چین‌های جدایشی (Poblet & McClay, 1996). ویژگی‌های هندسی تاقدیس پارسی مدل سوم را در تکامل چین محرز می‌سازد.

خمش محور ساختاری، یال جنوب غربی کوهانه جنوب شرقی و یال شمال شرقی کوهانه شمال غربی در مقایسه با دیگر بخش های ساختمان تاقدیس پارسی مستعد شکستگی بیشتری هستند و از دیدگاه زمین شناسی ساختمانی ارزش مخزنی بالاتری دارند.

### تشکر و قدردانی

این تحقیق از همکاری و حمایت های اداره کل زمین شناسی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب بهره مند شده است که سپاسگزاری می گردد.

### منابع

- اشراقی، ا. و قربانی قشقائی، ا.، ۱۳۸۱. مطالعه تکمیلی زمین شناسی مخزن آسماری میدان پارسی، گزارش شرکت ملی نفت ایران، شماره پ-۵۲۳۳.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴. زمین شناسی نفت زاگرس، انتشارات سازمان زمین شناسی ایران، جلد اول، ۵۸۹.
- مطیعی، ه.، ۱۳۸۲. زمین شناسی ایران، چینه شناسی زاگرس - سازمان زمین شناسی کشور، ۵۳۶.
- Eploit, geol, div., 1382. Parsi Underground Contour Map on Top of Asmari Formation, NIOC.
- Mc Clay, K.R., 2004. Advanced Structural Geology for Petroleum Exploration, Royal Holloway University London, (Un Pub.).
- McCord, D.R., and Associates., 1975. Asmari Reservoir, Khuzestan Province Iran, Fracture Study of Asmari Reservoir, OSCO, (Un pub.).
- Mitra, S., 2002. Structural Models of Faulted Detachment Folds, AAPG Bulletin, 86(4), 671-693.
- O'Brien, C.A.E., 1950. Tectonic Problems of the Oilfield Belt of South-west Iran. Int. Geol. Cong. 18<sup>th</sup>, Great Britian, Report. pt 6, 45-58.
- Pablet, J. and Mc Clay, K.R., 1996. Geometry and Kinematic of Single Layer Detachment Folds, AAPG Bull, 80, 1085-1109.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon De Lamotte, D., Letouzey, J., 2005. Detachment Folding in the Central and Eastern Zagros Fold-belt (Iran): Salt Mobility, Multiple Detachment and Late basement control, Journal of Structural Geology, 27, 1680-1696.
- Sherkati, S. and Letouzey, J., 2004. Variation of Structural Style and Basin Evolution in the Central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran, Marine and Petroleum Geology, 21(5), 535-554.

تاقدیس پارسی، نیمرخ های لرزه ای تفسیر شده و همچنین مقاطع عرضی تهیه شده از سر سازند آسماری در قسمت های مختلف ساختمان را می توان به عنوان مراحل حل از تکامل چین در نظر گرفت (شکل های ۹ و ۱۳). افزایش شیب یال ها و همچنین جابجایی موقعیت لولا از دماغه جنوب شرقی به سمت بخش میانی تاقدیس نشانگر فعال بودن فرایندهای چرخش یال و مهاجرت لولا در تکامل چین می باشند و به عبارتی مدل سوم (McClay & Poblet 1996) را تایید می کند.

### نتیجه گیری

- ۱- بررسی نیمرخ های لرزه ای تفسیر شده وجود راندگی را در یال جلویی تاقدیس پارسی به اثبات رسانده است و نشان داده است که تاقدیس پارسی یک چین مرتبط با گسل راندگی است. هندسه باز و مدور چین، گسل راندگی در یال جلویی، حضور ناودیس فرود یواره و وجود واحدهای بارفتار دگرشکلی متفاوت در منطقه مورد مطالعه از جمله دلایلی است که ساز و کار چین خوردگی چین های جدایشی گسل خورده و موخر بودن گسلش راندگی را نسبت به چین خوردگی برای تاقدیس پارسی پیشنهاد می کند.
- ۲- تغییر نیمرخ چین، جابجایی موقعیت لولا و تغییر شیب یال در طول تاقدیس مدل مهاجرت لولا و چرخش یال را برای رشد تاقدیس پارسی به اثبات می رساند.
- ۳- تاثیر سطوح جدایش میانی (سازندهای پابده و گورپی) بر هندسه ساختمان پارسی با وجود ساختمان های گوش خرگوشی به اثبات رسیده است.
- ۴- بکارگیری روش های تحلیلی هندسی زیر سطحی در میادین نفتی، جهت تحلیل و شناخت صحیح از گسترش شکستگی ها، علی رغم کم هزینه بودن بسیار سودمند است.
- ۵- بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده از مجموعه روش های کاربردی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت نشان داد که منطقه های مخزنی یک و دو سازند آسماری نسبت به سایر مناطق مخزنی از گسترش و تراکم شکستگی قابل توجهی برخوردار هستند. همچنین کوهانه های تاقدیس پارسی مستعد شکستگی های طولی ناشی از خمش عرضی ساختار می باشند که کوهانه جنوب شرقی به علت گستردگی بیشتر سهم بیشتری از این شکستگی ها را به خود اختصاص داده است. به دلیل تاثیر کمتر پارامترهای هندسی چین خوردگی (خمش عرضی و طولی ساختار) در ایجاد و گسترش شکستگی ها، کمترین میزان شکستگی مرتبط با چین خوردگی در ناحیه زمین اسبی تاقدیس (بخش میانی ساختار) پیش بینی می شود.
- ۶- به دلیل عملکرد ترکیبی خمش عرضی چین خوردگی و