تحلیل چین خوردگی مرتبط با گسلش پنهان در میدان نفتی کرنج

احسان عزیزی^(۱و*)، محمدمهدی خطیب ^۲ و ایرج قربانی قشقایی ^۳ ۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، گروه مهندسی نفت، یاسوج، ایران ۲. دانشیار، گروه زمینشناسی دانشگاه بیرجند ۳. اداره زمینشناسی شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۰

چکیدہ

بر اساس مطالعات صورت گرفته، تاقدیس کرنج یک چین نامتقارن با تمایل به سمت جنوب باختری است. میانگین ضخامت موازی با سطح محوری سازند آسماری در بخش های مختلف این تاقدیس، ۵۵۰ متر و ضخامت حقیقی آن ۴۰۳ متر برآورد شده است. در میدان نفتی کرنج، مدل چین جدایشی گسلیده به عنوان سازوکار چین خوردگی پیشنهاد میشود. برشهای زمین شناسی و کانون سطحی زمین لرزههای دستگاهی در کنار تفسیر نیمرخهای لرزهای سه بعدی حکایت از عملکرد دو گسل راندگی در یالهای شمالی و جنوبی این تاقدیس و یک گسل تراگذر متقاطع با محور تاقدیس، دارد که انحنای محور نقشههای زیر سطحی و اطلاعات حفاری چاهها نشان داد که ریخت شناسی سازند آسماری بوسیله عملکرد این گسل ها تاثیر پذیرفته است. تحلیل فرکتالی آبراههها مشخص می کند که بخشها مختلف این تاقدیس در طول تاریخ زمین شناختی خود، دارای آهنگ زمین ساختی متفاوتی بوده است، به گونهای که بخش میانی در یال شمالی بالاترین آهنگ فعالیت زمین ساختی را به خود است، به گونهای

واژههای کلیدی: نیمرخ لرزهای، چین جدایشی گسلیده، گسل پنهان

مقدمه

از مسائل قابل توجه در زاگرس، وجود کانونهای سطحی زمین لرزههای است که نمی توان آنها را به هیچ کدام از گسلهای سطحی در منطقه نسبت داد و بیشتر در ارتباط با گسلهای زیرسطحی هستند که هنوز نتوانسته اند به سطح برسند. بنابراین گسلهای زیرسطحی فعال می توانند به عنوان مسبب بسیاری از دگر شکلیهای پیچیده در زاگرس به شمار آیند (پورکرمانی و آرین، ۱۳۷۶). پژوهشهای انجام شده بر روی زمین لرزههای طبس (۱۶/۹/۱۹۷۶) و الاصنام الاجزایر (۱۰/۱۰/۱۹۸۰) نشان داد که تاقدیسهای سطحی، وابسته به گسلهای راندگی می باشند ۱۹۶۴ در Berberian, 1995). بسیاری از زمین لرزههای (۱۹/۱۰/۱۹ و ۱۹۶۲/

در Nahanni کانادا (Berberian, 1995) و زمین لرزه Nahanni ب بم در ایران بوسیله گسلهای پنهان موجود ایجاد شدهاند. لزوم شناخت نقش ساختاری این گسلها در کمربند چینخورده – راندگی زاگرس به دلیل حضور ۶۵ درصد ذخائر نفتی ثابت شده و ۳۴ درصد ذخائر گازی دنیا که در خاورمیانه به ویژه شده و ۳۴ درصد ذخائر گازی دنیا که در خاورمیانه به ویژه از اهمیت دو چندان برخوردار است. به دلیل بالا بودن غیرعادی تراوایی در برخی از چاهها حفاریشده و توزیع غیر عادی برخی از سازندهای خاص در میدان نفتی کرنج، این پژوهش به دنبال بررسی احتمال حضور گسلهای پنهان و ارتباط آن با پدیدههای فوق در این تاقدیس است. در ابتدا برای درک بهتر ویژگیهای ساختاری این تاقدیس عناصر الگوی چین در این تاقدیس با

^{*} نویسنده مرتبط ehsan87.azizi@gmail.com

استفاده از نیمرخهای لرزهای دو بعدی ارزیابی میشود و در ادامه با استفاده از اطلاعات مختلف موجود، به بررسی احتمال حضور گسلهای پنهان در این میدان پرداخته شده است.

موقعیت زمین شناسی

تاقدیس کرنج با روند شمال باختر – جنوب خاور بخشی از کمربند کوهزایی زاگرس است که در جنوب باختری ایران و در ۱۳۰ کیلومتری جنوب خاوری اهواز قرار دارد. سازندهای گروه فارس، واحدهای عمده سنگچینهای این تاقدیس سطحی را تشکیل میدهند (مطیعی،۱۳۷۴).

این میدان در کمربند ساده چین خورده از تقسیمبندی Faver (1975) و در (1961) و فروافتادگی دزفول از تقسیمبندی (1975) و در بین عرض کمربند چین خورده از تقسیمبندی مطیعی(۱۳۷۴) و در بین عرض ۲۸'۸۸ ۴۹° ۲۱ از ۲۹' ۲۹ ۳۹ و طولهای ۲۴'۳۹ ۳۹ تا ۲۵'۴۵ ۴۹ قرار می گیرد.(مطیعی، ۱۳۷۴)

این میدان نفتی در سال ۱۹۶۳ کشف شد. ذخائر قابل بازیافت این میدان ۱/۶۵ میلیارد بشکه نفت وحدود ۳/۵ تریلیون فوت مکعب گاز برآورد شده است(مطیعی،۱۳۷۴). در حال حاضر، سطح آب و نفت (O.W.C) در این میدان ۲۶۴۸ و سطح نفت و گاز (G.O.C) در ۲۱۸۰ – قرار گرفته است. نفت خام این میدان دارای درجه ای.یی.آی ۵/۳۴ است.

سنگ منشاء در این میدان سازند گورپی و سنگ مخزن نیز سازند آسماری با سن اولیگو – میوسن است Alshahran and) Nairan 1997).

عناصر الگوی چین

روش لرزهای بازتابی به دلیل دقت در تعیین شکل و وضعیت ساختارها در عمق، روشی برتر در اکتشافات منابع بشمار میآید، این روش در ردیابی ویژگیهای زمینساختی و چینهشناسی ساختارهای عمقی دارای توانایی بسیار بالایی است.

در این پژوهش به دلیل انعکاس مناسب سازند آسماری بر روی نیمرخهای لرزهای بازتابی دوبعدی، عناصر الگوی چین بر روی راس این سازند در دو بخش باختری و خاوری تاقدیس، مورد بررسی قرارگرفت.

تقارن

به دلیل اینکه در این نیمرخ ها، لولا و قله در سازند آسماری بر هم منطبق نمیشوند و طول یالها در سازند آسماری با هم متفاوت است و از نظر هندسی، صفحه محوری تاقدیس، صفحه تقارن چین نمیباشد، تاقدیس کرنج یک چین نامتقارن با تمایل به سمت جنوب باختری است.

الگوی یک سطح چینخوردہ نسبت ظاہری

این مقدار که از نسبت دامنه به نصف طول موج بدست میآید، در بخشهای خاوری و باختری تاقدیس کرنج به ترتیب P - E =•/۲ و P - W =•/۱۳ است که نشاندهند یک چین وسیع



شکل ۱- تصویر سه بعدی بخشی از جنوب غرب ایران که که موقعیت جایگاه میدان نفتی کرنج نسبت به سایر میادین مشخص شده(A)، نقشه زمینشناسی میدان نفتی کرنج (B)

نسبت لولا به یال این نسبت در سال (۱۹۸۷) توسط رمزی به شکل زیر پشنهاد شد:

مقدار این پارامتر در بخش خاوری ۶/۲۵ و در بخش باختری ۱/۷۵ است، به عبارتی در بخش خاوری، چین از نوع زاویهدار و دارای منطقه لولای باریک است و در بخش باختری تاقدیس کرنج، چین از نوع نیمه مدور میباشد.

نوک دار بودن

این پارامتر انحنای نسبی چین در محل بستگی آن را مورد بررسی قرار میدهد (Twiss and Moores, 1992) و از رابطه B=Ro/Rc حاصل می شود. در این رابطه Rc شعاع انحنا در محل بستگی تاقدیس و Ro شعاع دایره مماس بر یالهای تاقدیس در محل نقاط عطف آن می باشد. مقدار این پارامتر برای بخش باختری و خاوری به ترتیب ۷۲۳ و ۰/۵ می باشد که نشان دهنده یک چین نیمه مدور است.

تحليل فوريه

با استفاده از روش (Stebler (1968) برای تعیین ضرایب فوریه یک سطح چینخورده، ربع طول موج را به سه قسمت مساوی تقسیم میکنند (شکل۲) و بر اساس روابط (۱) و (۲) ضرایب فوریه محاسبه میشود (پورکرمانی و آرین، ۱۳۸۵).

$$b_3 = \frac{2y_1 - \sqrt{3}y_2 + y_3}{3} \tag{1}$$

$$b_3 = \frac{2y_1 - y_3}{3} \tag{(7)}$$

که در این پژوهش ضرایب فوریه (ضرایب (b₃, b₁) (شکل ۳) بر اساس شکل موج سازند آسماری در نیمرخهای لرزهای دوبعدی در دو بخش خاوری و باختری تاقدیس مطابق جدول (۱) برآورد شده است.

جدول ۱- ضرایب \mathbf{b}_1 و \mathbf{b}_3 از تحلیل فوریه در دو بخش باختری و خاوری
تاقدىسى

$b_3 = 0/4$	$b_1 = 0/7$	بخش باخترى
$b_3 = 0/37$	$b_1 = 1/1$	بخش خاوري

الگوی یک لایه چینخورده انحنای نسبی(شیب ایزو گون)

برای بررسی انحنای نسبی، با رسم مقطع چین در سازند آسماری از روی نیمرخهای لرزهای الگوی شیب ایزوگونها در دو سمت باختری و خاوری تاقدیس مورد بررسی قرار گرفت. ایزوگونهای این سازند در بخش باختری الگوی همگرا با همگرایی ضعیف را نشان میدهد که در رده 1C از ردهبندی رمزی و در بخش خاوری الگوی 1B از این تقسیمبندی را نشان میدهد. (شکل ۴)

ضخامت حقيقي(ta)

میانگین ضخامت حقیقی سازند آسماری در نیمرخهای لرزهای دو بعدی در بخشهای مختلف تاقدیس کرنج ۴۰۳ متر محاسبه شده است.

ضخامت موازی سطح محوری(Ta)

ضخامت موازی سطح محوری، بر اساس روش انجام شده برای ضخامت حقیقی در سازند آسماری ۵۵۰ متر اندازهگیری شده است.



شکل ۲- محاسبه ضرایب فوریه با استفاده از شکل چین اقتباس از (Marshak and Mitra, 1988)



شکل ۳- روش ترسیمی برای پیاده کردن شکل چینها بر اساس ضرایب فوریه (Marshak and Mitra,1988) . خطوط ۱ تا ۵ مربوط به دامنه چین هستند و نقاط در جدول ۱ معرفی شده اند.



شکل۴- رده بندی هندسی سازند آسماری در تاقدیس کرنج بر اساس الگوی شیب ایزوگون اقتباس از (Twiss and Moores,1992)



شکل۵– جابجایی در ناحیه لولا در طول سکانس رسوبی در بخشی از یک نیمرخ لرزهای دوبعدی که عمود بر محور چین برداشت گردیده و چین خوردگی متفاوت را در این تاقدیس نشان میدهد(شکل بدون مقیاس میباشد)

الگوی یک توالی چینخوردہ هندسه سطح محوری

انطباق فضایی نیمرخهای لرزهای بر روی محور تاقدیس و محاسبه میل (براساس تعیین عمق راس سازند آسماری در چند نیمرخ موازی و با فاصله مشخص) و تعیین شیب صفحه محوری مشخص شد که هندسه سطح محوری تاقدیس کرنج از نوع مسطح و شیب از ۶۴ درجه در بخش خاوری تا ۸۰ درجه بخش باختری در نوسان است. انتقال این دادها بر روی نمودارهای مثلثی نشان میدهد که تاقدیس کرنج در بخش باختری تا خاوری، به ترتیب از یک چین ایستاده مایل تا یک چین خمیده مایل در تغییر است.

سازوکار چین خوردگی

بر اساس تغییرات عمقی لایهها و وضعیت عمومی متفاوت لایههای چینخورده در بالا و پایین توالی چینخورده و بر اساس شواهد حاصل از نیمرخهای لرزهای از بخشهای مختلف این میدان (شکل ۵)، تاقدیس کرنج یک تاقدیس ناهماهنگ است که سازند گچساران به صورت کاملا مشخص، نقش مرز این ناهماهنگی و تغییر در چینخوردگی را ایفا میکند.

که حضور Sherkati and Letouzey (2004) معتقد است که حضور ناودیس های فرودیواره، تنگشدگی چین ها به واسطه چرخش پهلوها و مهاجرت لولا مشخصه انتقال رفتار دگرشکلی از چین خوردگی جدایشی به چین خوردگی پیشرونده انتشار گسلی همراه با افزایش کوتاه شدگی است.

این کلاس از چینخوردگی مشابه چینهای جدایشی گسلیده است که توسط (2002) Mitra ارائه شده است. این چینها در واحدهای با اختلاف مقاومت زیاد تشکیل می شود.

حث

از مسائل قابل توجه و سوال برانگیز در تاقدیس کرنج توزیع غیر عادی سازند آغاجاری و عضو لهبری در این تاقدیس است. این توزیع غیر عادی به خوبی در نقشههای زمین شناسی ۲/۰۰۰۰۰ شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب منعکس شده است. در این پژوهش برش های زمین شناسی (شکل ۶) (Ragan, 1985) به گونهای که، عمود بر محور تاقدیس باشند، از منطقه رسم شدند.

رسم برش های زمین شناسی بویژه برش های C-C و B-B عملکرد یک فراخاست غیرعادی در این تاقدیس را به عنوان یک احتمال که بصورت فعال سبب اوج گیری و رخنمون غیرعادی این سازندها و فرسایش سازندهای جوانتر می شوند، را ایجاد می نماید.

مکانیابی مراکز سطحی زمین لرزههای دستگاهی و بررسی ارتباط آنها با گسلهای شناخته شده در منطقه نشان داد، که تعدادی از این زمین لزرهها با توجه به عمق کانونی زمین لرزه و شیب گسلهای سطحی منطقه قابل انتساب به فعالیتهای زمین ساختی هیچ یک از گسلهای سطحی نیست. نکته قابل توجه در این مرحله، قرارگیری تعدادی کانون سطحی از این زمین لرزهها در محدوده میدان نفتی کرنج است که موقعیت کانون سطحی زمین لرزهای دستگاهی (شکل ۷) در دو یال شمالی و جنوبی تاقدیس به گونه است که احتمال وجود عملکرد گسلهای پنهان را تقویت میکند.

گسلش پنهان

مطالعات لرزهخیزی هر ناحیه تنها با توجه به سرچشمههای لرزهای آشکار شده در سطح، بدون در نظر گرفتن نقش جنبشی گسلهایی که هنوز نتوانستند به سطح برسند، به طور یقین



شکل۷- کانون زمین لرزههای دستگاهی رخ داده از ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ در منطقه مورد مطالعه بر گرفته از www.iiees.ir



شکل۸- نیمرخهای لرزهای سه بعدی تفسیر شده از تاقدیس کرنج که در این پزوفیلها مناطق گسلی با خطوط ممتد قرمز مشخص گردیدهاند.

نمی تواند درک صحیحی از میزان لرزهخیری آن ناحیه ارائه دهد. (1996) Shaw and Suppe در زیر حوضه لوس آنجلس آمریکا چندین گسل پنهان را شناسایی و تاکید کرد که این گسل ها توانایی ایجاد زمین لرزههای با بزرگی 7/3 = M را دارند.

در سان فرانسیسکو گسل های Johnson and Furlong در سان فرانسیسکو گسل های پنهانی را معرفی میکند که سبب فراخاست غیرعادی و شدید واحدهای سنگی در برخی از مناطق این ناحیه شده است. این گسل ها توانایی تولید زمین لرزههایی با بزرگی 6/3 = Mw را دارند. به منظور بررسی احتمال حضور گسل پنهان در تاقدیس کرنج

و تاثیر آنها بر ریخت شناسی سازند آسماری از نیمرخهای لرزهای بازتابی وضوح بالا استفاده شد. نیمرخهای لرزهای بازتابی وضوح بالا برای مطالعه گسلهای پنهان فعال که سیمای سطحی قابل نقشهبرداری نداشته باشند، و یک ناحیه دگرشکلی وسیع در زیر سطح ایجاد کرده باشند ابزاری مفید به شمار می آیند ,.Sugiyama et al

از این نیمرخها می توان برای به دست آوردن اطلاعاتی درباره آهنگ فراخاست یک ناحیه، استفاده کرد (Sugiyama et al., 2003). نیمرخهای لرزهای بازتابی در هنگام عبور از مناطق گسلی



شکل ۹- موقعیت گسل های پنهان بر روی U.G.C.Map سازند آسماری. گسل یال شمالی احتمالاً به عنوان پس راندگی گسل یال جنوبی عمل میکند گسل عرضی برشی که سبب جابجایی محور تاقدیس شده است بر اثر تغییر نرخ رشد در طول صفحه گسل راندگی در یال جنوبی بوجود آمده است.

به دلیل خردشدگی و از بین رفتن مرز لایهها دچار آشفتگی و ناهنجاریی هایی در انعکاس لایهها میشوند(شکل ۸) که با عبور از این نواحی لایهها قابل پیگیری هستند.

سازوکار و شیب گسلها را می توان با توجه به موقیعت بخشهای جدا شده از یک لایه راهنما (مانند راس سازند آسماری) نسبت به هم محاسبه کرد.

بررسیهای انجام شده، بر روی دوازده نیمرخ لرزهای سهبعدی تهیه شده از این میدان و تعیین موقعیت گسلها بر روی نقشههای زیرسطحی نشاندهنده دو زون گسلی در سازند آسماری در واقع شده در یال جنوبی در بخش خاوری چین به دو شاخه تقسیم که یکی از این شاخهها به صورت هماهنگ با محور چین دچار انحناء شده و با روندی موازی با محور چین ادامه می یابد، و شاخه دیگر با همان روند اولیه نیز در بخش خاوری ادامه می یابد، و شاخه ۹). بخش قرار گرفته در بین این دو شاخه گسل در یال جنوبی، تاقدیس کوچک پرنج را ایجاد می کنند. در عملکرد گسل های واقع شده در یالها، مولفه راندگی غالب و میانگین جدایش حقیقی برای گسل واقع شده در یال شمالی ۲۵ متر و این مقدار برای

از دیگر ویژگیهای این تاقدیس پیچش محور این تاقدیس در نقشههای زیرسطحی سازند آسماری است. نیمرخهای لرزهای که از محل این پیچش میگذرد یک زون گسلی را نشان میدهند که از عرض این تاقدیس عبور میکند. این گسل به احتمال زیاد به عنوان یک گسل تراگذر عمل میکند. این گسل ها بر اثر تفاوت

کوتاه شدگی در صفحه راندگی یا تغییر جانبی در رشد صفحه راندگی بوجود میآید (Twiss and Moores, 1992).

در این تاقدیس در توالیهای رسوبی جوانتر از سازند آسماری، تعداد این گسلها بیشر میشوند و تشکیل ساختارهای سورتمهای را میدهند، اما این گسلها در اعماق پایین تر با کاهش شیب صفحه گسلی به یکدیگر می پیوندند، به گونهای که در بیشتر بخشهای تاقدیس، سازند آسماری تنها حاوی دو شاخه گسلی است.

مدل سه بعدی شاهدی دیگر بر گسلش پنهان

برای تهیه مدل سه بعدی از سازند آسماری و میزان تاثیر گسلها بر ریخت شناسی آن، از نقشههای زیرسطحی سازند آسماری و اطلاعات حفاری چاهها استفاده شد (شکل ۱۰). این مدل ضمن تائید وجود دو سامانه گسلی در یالهای شمالی و جنوبی تاقدیس در سازند آسماری، از تاثیرپذیری ریخت شناسی سازند آسماری از عملکرد این دو گسل حکایت دارد.

تحليل فركتالي

بمنظور بررسی آهنگ فعالیتهای زمین ساختی متاثر از فعالیت گسل های پنهان در تاقدیس کرنج از روش حل معکوس با استفاده از هندسه فرکتالی استفاده شد. از ویژگی هندسه فرکتالی اینست که مبتنی بر تحلیل گذارههای خاصی است که در آن از تغییرات نسبی نمایی کمیتهای مستقل به منظور تعیین هویت متغیرهای وابسته در قالب توابع لگاریتمی استفاده می شود ,Mandelbort) (1987). بنابرین معادلات فرکتالی، توابع متعارفی هستند که در



شکل ۱۰– مدل سهبعدی از راس سازند آسماری (عمق ۱۲۰۰ تا ۴۸۰۰) در تاقدیس کرنج که گسل های پنهان در آن نشان داده شده است. اعداد پایین شکل طول و عرض تاقدیس را نشان میدهد.



شکل ۱۱- شبکه بندی آبراهههای تاقدیس کرنج با ابعاد ۵۰۰۰ متر(سمت راست) نمودارهای log-log برای نواحی ششگانه تاقدیس که محور افقی شامل (S/l)، محور عمودی شامل Log N میباشد (سمت چپ).

آنها تغییر یک کمیت مانند آهنگ فعالیتهای زمینساختی از ویژگیهای قابل سنجش دیگری مانند الگوی آبراههها پیروی میکند. اساس این روش رسم نمودارهای Log-Log است که در آن لگاریتم تعداد مربعات حاوی آبراهه (Log Ns) محور قائم و لگاریتم عکس اندازه شبکهها (Log1/S) محور افقی این نمودارها را تشکیل میدهد (شهریاری و همکاران، ۱۳۷۶). همواره برای هر کدام از این نمودارها رابطه زیر برقرار است:

Log(Ns) = a + DLog (1/S)

در این رابطه D شیب خط و نشان دهنده بعد فرکتالی است و همواره بین ۱ تا ۲ در تغییر است (Mandelbort, 1983). فرض اساسی در این رهیافت توجه به این نکته است که در یک منطقه هر چه میزان فعالیتهای زمینساختی و آهنگ فراخاست بیشتر باشد به همان اندازه طرح آبراههها به خطیبودن تمایل مییابد و بعد فرکتالی به یک نزدیک میشود. در این پژوهش این تاقدیس به شش ناحیه تقسیم و سپس با مربعاتی با ابعاد ۵۰۰۰، ۲۵۰۰ ابه شش ناحیه رسیس با مربعاتی با ابعاد ۵۰۰۰، دمابق استفاده از نمودارهای Log-Log (شکل ۱۱، سمت چپ) مطابق جدول ۲، بعد فرکتالی هر یک از نواحی شش گانه محاسبه شد.

جدول ۲- ابعاد فرکتالی در بخشهای مختلف تاقدیس کرنج

DA	'DA	DB	'DB	DC	'DC
1/677	1/270	١/٧٣٩	1/499	1/895	١/٨٠٨

مطالعات فرکتالی آبراههها در تاقدیس کرنج نشان داد که بیشترین آهنگ فعالیتهای زمینساختی این تاقدیس در بخش میانی از یال شمالی(B') و کمترین آهنگ فعالیتهای زمینساختی در بخش خاوری از یال شمالی (C') دیده می شود.

نتيجه گيري

بر اساس مجموع مطالعات انجام شده بر روی نیمرخهای لرزهای دوبعدی مشخص شد که تاقدیس کرنج در جنوب خاوری خوزستان یک چین نامتقارن با تمایل به سمت جنوب باختری است که در بخش خاوری در رده 1B و بخش باختری در رده 1C از ردهبندی رمزی قرار می گیرد. بر اساس هندسه سطح محوری، از یک چین ایستاده مایل در بخش باختری تا یک چین خمیده مایل در بخش خاوری در تغییر است. این تاقدیس یک چین جدایشی گسلیده است که میانگین ضخامت حقیقی سازند آسماری در این تاقدیس ۴۰۳ متر و ضخامت موازی سطح محوری این سازند ۵۵۰ متر اندازگیری شده است. تهیه مقاطع زمین شناسی سازندهای سطحی و مطالعه کانون سطحی زمینلرزهای دستگاهی در کنار تفسیر نیمرخهای لرزهای سهبعدی نشان میدهد که هندسه یالهای شمالی و جنوبی این تاقدیس توسط گسل،های پنهان راندگی کنترل می شود. بیشترین میزان جابجایی حقیقی در نتیجه عملکرد این گسل ها در یال جنوبی با ۱۲۵ متر جابجایی مشاهده گردید. ادامه مطالعه و تفسیر نیمرخهای لرزهای عملکرد یک گسل تراگذر را در میانه این تاقدیس به

- Marshak S. and Mitra G., 1988. Basic Methods of Structural Geology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 213-247.

- Ragan, D.M., 1985, Structural geology : an intoduction to geometrical technigues, 3rd ed, John Wiley and Sons, New York, 393.

- Ramsay J.G., 1967, Folding and Facturing Rocks, McGraw-Hill, New York, 568.

- Shaw, J. H., and J. Suppe, 1996, Earthquake hazards of active blind-thrust faults under the central los angeles basin, California, Journal of Geophysical Research, 101, 8623-8642.

- 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.

- Sugiyama,Y. and Mizuno,K.,Nanayama,F., Sugai,T., Yokota, H., Hosoya,T., Miura,K., Takemura,K., Kitada,N., 2003, Study of blind thrust faults underlying tokyo and osaka urban areas using a combination of high-resolution seismic reflection profiling and continuous coring, of geophysics, 46, 1071-1085.

- Twiss. R.J., and Moores.E.M., 1992, Structural Geology, W.H, Freeman and Company.

اثبات رساند که سبب انحنای محور تاقدیس شده است. در نتیجه تحلیل فرکتالی مشخص شد که بخش میانی در یال شمالی با بعد فرکتالی ۱/۴۹۶ دارای بیشترین آهنگ فعالیتهای زمینساختی و بخش جنوبی در یال شمالی با بعد فرکتالی ۱/۸۰۸ دارای کمترین آهنگ فعالیتهای زمینساختی میباشد. بالابودن آهنگ فعالیت زمینساختی در بخش میانی از یال شمالی احتمالا بدلیل برهم کنش پایانه گسل تراگذر با گسل راندگی در این بخش می باشد. از طرفی رخنمون غیر عادی بعضی از سازندهای گروه فارس در این میدان نتیجه، ایجاد و توسعه گسل های پنهان و اوج گیری تاقدیس و در نهایت فرسایش سازندهای سطحی است.

منابع

- پوركرماني، م. و آرين، م،. سايزموتكتونيك، شركت مهندسي دز آب، زمستان۷۶. – پورکرمانی، م.، آرین، - مطيعي،ه.، زمين شناسي ايران زمين شناسي سازمان زمین شناسی، ۱۳۷۴. - شهریاری، س.، خطیب، م.، تحلیل فرکتالی نهبندان، فصل نامه علوم زمین، شماره ۲۳–۲۴، ۳۳–۴۰، ۳۷۶

- Alavi,M., 1994, Tectonics of the zagros orogenic belt of iran;new data and interpertions, tetonophysics, 229, 211-238.

- Alvai, M., 2007, Structurs of zagros fold - thrust belt in iran, American journal of Science, 307, 1064-1095

- Alshahran, A.S. and Nairan, A.E.M., 1997, Sedimantri basins and petroleuom geology of the middle East:Amesterdam, Elsevier, 843.

- Berberian, M., 1995, Master blind thrust faults hidden under the zagros folds:active basement tectonics and surface morphotectonics, tectonophysics, 241, 193-224.

- Falcon, N.L., 1961. Major earth-flexing in the zagros mountains of southwest iran, Geological Society of London, 117, 367-376.

- Johnson, B., Furlong, P., 2009, Integrated geomorphic and geodynamic modeling of a potential blind thrust in the san francisco bay area, california, Tectonophysics, 471, 319-328

- Mandelbort, B.,1983, The Fractal Geometry of Nature., W.H.Freeman New York.

- Mandelbrot, B., 1987, Principle of Fractals in Nature, Paris Univ., 2 nd Edition, France.

- Mitra, S., 2002- Structural models of faulted detachment folds, AAPG Bull, 86(9), 1673-1694.