

کاربرد نشانگرهای ساختمانی در اکتشاف و توسعه هیدروکربنی یک پهنه تداخلی

علی ارزانی^{۱*}، سید احمد علوی^۲، محمود پولاد زاده^۱، علی رضا لال زاده^۱، ضرغام مهدی پور^۱

^۱ گروه ژئوفیزیک، اداره کل زمین شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ایران.

^۲ دانشگاه شهیدبهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه زمین شناسی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۶/۰۹

چکیده

محدوده مطالعه شده، بین دو رژیم ساختمانی زاگرس و عربی واقع شده و مطالعه لرزه‌ای سه بعدی جامعی بر روی آن انجام شد. بخشی از این مطالعه، استخراج نشانگرهای لرزه‌ای ساختمانی (Structural Seismic Attributes) از جمله 'Azimuth Maps'، 'Variance Cube'، 'First & Second Derivative Maps' و 'Inversion' است. در نهایت، استفاده از این نشانگرها، پدیده‌های ساختمانی تداخلی همچون 'Superimposed Folding' و 'Folding NW Termination' نمایان ساخته است. بنابراین به نظر می‌رسد در محدوده مورد مطالعه ساختمان‌های عربی و زاگرسی تداخل کرده و یک پهنه دوباره چین خورده (Refolding Belt) ملایم را تشکیل داده‌اند. مطالعات تکمیلی ژئوفیزیک مخزن پتانسیل مخزنی نسبی خوبی را در موقعیت ساختمانی جدید نشان می‌دهند.

کلید واژه‌ها: نشانگرهای لرزه‌ای، مشتق اول و دوم جهت‌دار، مکعب واریانس، وارون‌سازی، الگوهای تداخلی، اکتشافات هیدروکربنی، زاگرس، ایران.

*نویسنده مسئول: علی ارزانی

مقدمه

مرز جنوبی فرو افتادگی دزفول در پیشانی کمربند چین خورده زاگرس، دو روند زمین‌ساختی متفاوت را در خود جای داده است. جبهه دگربرختی زاگرسی که از شمال خاور به سمت جنوب باختر گسترش یافته و امتداد چیره ساختارهای آن شمال باختر- جنوب خاور است و روند عربی که قدیمی تر بوده و امتداد عمومی آن شمال شمال خاور- جنوب جنوب باختر است. تمامی ساختمان‌های موجود در این محدوده حاوی هیدروکربن هستند که تولید از بیشتر آنها توجیه اقتصادی دارد. گسترش مخازن نفتی از روندهای ساختمانی پیروی می‌کنند. پژوهشگران پیشین از جمله Ameen (1992), Berberian (1994), Hessami (2001), Bahroudi (2003) این دو زون را به وسیله خطی جدا ساخته‌اند. در این مطالعه، نشانه‌هایی از برخورد دو روند زاگرسی و عربی ارائه خواهد شد و بر پایه آن، محل برخورد، یک پهنه از ساختارهای پوشیده شده (Superimposed Structures) با چین‌های بسیار ملایم در نظر گرفته شده که نه روندی کاملاً عربی و نه روندی کاملاً زاگرسی دارند.

وضعیت ساختمانی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در چارچوب ساختمانی فروافتادگی دزفول و در حد فاصل بین کمربند چین خورده ساده زاگرس با روند ساختمانی چیره شمال باختر - جنوب خاوری و دشت آبادان با روند ساختمانی چیره شمالی - جنوبی واقع شده است (شکل ۱). دشت آبادان زون ساختاری واقع در انتهای جنوب باختری زاگرس است. مرز شمالی و شمال باختری آن محدود به جبهه چین‌های زاگرس (لبه جنوبی تاقدیس‌های سوسنگرد، آب تیمور، منصوری) است و پس از عبور از جنوب میدان رگ سفید وارد خلیج فارس می‌شود و از نظر زمین‌شناختی پایانه شمالی سکوی عربی به شمار می‌آید. افتخارنژاد (۱۳۵۹) نواحی دشت گونه خوزستان را بخشی از زاگرس چین خورده می‌داند. ولی برخلاف زاگرس، دشت آبادان توان لرزه‌خیزی بسیار پائینی دارد از همین رو، حتی پور (۱۳۵۸) وجود یک شکستگی بزرگ و پوشیده را، با سوی NW-SE در حد فاصل زاگرس چین خورده و دشت، محتمل می‌داند. میدان نفتی مورد نظر که در این مرز ساختاری واقع شده است، ساختمانی نامتقارن و بسیار ملایم (Gentle) بوده و بیشترین شیب پال‌های آن ۸/۴ درجه است.

روش تحقیق

استخراج پدیده‌های ساختمانی از داده‌های لرزه‌ای به صورت مستقیم و غیر مستقیم (با استفاده از نشانگرها) امکان پذیر است. استفاده مستقیم از داده‌ها در ساختمان‌هایی که تنش زمین‌ساختی شدیدی را تحمل کرده‌اند، مرسوم بوده در حالی که در ساختمان‌های ملایم، بیشتر از نشانگرهای لرزه‌ای استفاده می‌شود. از آنجا که ساختمان مورد نظر نیز یک میدان ملایم (Gentle) است (زاویه بین پال‌ها حدود ۱۶۶ درجه) بیشتر نتایج ساختمانی از نشانگرهای لرزه‌ای ساختمانی به دست آمده است.

نشانگر مشتق اول و دوم جهت‌دار

(First and second directional derivative Attributes)

این نشانگرها برای تهیه نقشه‌های هم‌شیب به کار گرفته شده‌اند. فرایند انجام شده در این نشانگر، عملیاتی ریاضی است که با در نظر گرفتن رأس سازند به عنوان صفحه‌ای با معادله درجه ۳ و قراردادن آن در یک دستگاه مختصات سعی در مشتق‌گیری در سویی خاص دارد. برای یک رأس سازند تفسیر شده، هر مقطع یا قسمتی از هر مقطع ساختاری را می‌توان به عنوان یک سهمی در یک دستگاه مختصات با دو بعد مسافت و ارتفاع در نظر گرفت. چنین نیم‌رخ در هر نقطه از x (فاصله) دارای شیب خاصی نسبت به y (عمق) است. شیب منحنی در هر نقطه در واقع شیب خط مماس بر آن نقطه بوده و مقدار آن برابر مشتق سهمی در آن نقطه است بدین ترتیب در این نقشه تراز ساختاری، با مشتق‌گیری جزء به جزء المان‌های محدود و متصل کردن نقاطی با درجه شیب برابر نقشه تراز دیگری به دست می‌آید که به آن نقشه هم‌شیب (Isodip) گفته می‌شود. مشتق‌گیری دوباره از نقشه محدوده‌های هم‌شیب، نقشه محدوده‌های هم‌خمشی (Isocurvature) را ایجاد می‌کند (ارزانی و همکاران، ۱۳۸۲). نقشه‌های شیبی (Dip Maps) و نقشه‌های امتدادی (Azimuth Maps) هر دو بر پایه مشتق‌گیری دوگانه زمان نسبت به مسافت طول و زمان نسبت به مسافت عرض ($\frac{dt}{dx}$ ، $\frac{dt}{dy}$) به دست می‌آیند به عبارتی محاسبات منتهی به نقشه مشتق اول افزون بر تغییرات شیب به تغییرات امتدادی نیز حساس خواهد بود (شکل ۲).

از طرفی مشتق عبارتنست از ریشه دوم مجموع مربعات تغییرات طول و عرض در طی زمان، برای نقشه‌های زمانی (Time Maps)، و عمق، برای نقشه‌های عمقی

در برش عرضی یک چین، صفحه محوری صفحه‌ای است که از هر یال فاصله مساوی دارد و زاویه بین آنها را نصف می‌کند و همچنین از لولای هر لایه چین خورده، یعنی نقطه‌ای از هر لایه منفرد که بیشترین خمش را دارد، عبور می‌کند و منطقه لولای چین (Hinge zone) را در طول یک خط که محور چین نامیده می‌شود، قطع می‌کند. برای تعیین محور حقیقی و خمش احتمالی آن در پایانه‌های چین خوردگی، از نشانگر مشتق دوم استفاده کرده‌ایم.

بر اساس تعریف نقشه مشتق دوم، این نشانگر، آهنگ تغییرات شیب و در نتیجه خمش ناگهانی در مقدار شیب یک صفحه را نشان می‌دهد و به عبارتی لولای یک چین که همان محور چین خوردگی است را ارائه می‌دهد (در اینجا از مباحث ریاضی مشتق گیری ثانویه از معادلات درجه سوم صرف نظر شده است).

در شکل ۴ نقشه نهایی مشتق دوم برای افق‌های بررسی شده از سازندهای میشان تا کژدمی نشان داده شده است. در دو افق میشان و گچساران تنها یک محور به طور کامل مشخص با ویژگی‌های ساختارهای زاگرسی با امتداد NW-SE و خمش دماغه‌ها دیده می‌شود؛ اما اضافه شدن یک محور ثانویه که شعاع تأثیر آن از افق آسماری شروع شده و در افق کژدمی به بیشترین مقدار می‌رسد، قابل ملاحظه است. این محور دارای پیچشی ناگهانی است که نشان‌دهنده ارتباط بین دو ساختار با روندهایی متفاوت است. اختلاف روند ۴۵ درجه‌ای این محور ثانویه با روند محوری اصلی می‌تواند بیانگر تفاوت روند ۹۰ درجه‌ای بین دو ساختاری باشد، که به هم متصل می‌کند. در محدوده داده‌های موجود روند ساختاری جدید E-W تا NE-SW است (شکل ۴). افزایش شعاع تأثیر محور ثانویه به سمت افق‌های پایین‌تر، یکی از ویژگی‌های ساختارهای موجود در سکوی عربی را یادآوری می‌کند؛ بویژه زمانی که روندی شمال خاور- جنوب باختری داشته باشد.

نشانگر لرزه‌ای واریانس

عملکرد توابع محاسباتی به کار رفته در این نشانگر به طور خلاصه به این صورت است که در محدوده‌ای مشخص از Trace‌های لرزه‌ای برای یک بازه زمانی یا عمقی مشخص به مقدار عددی یک sample اهمیتی صد درصدی و در یک پنجره با ابعاد مشخص در بالا و پایین آن sample به تدریج اهمیتی کمتر در محاسبه داده می‌شود (شکل ۵). در نتیجه مناطق هم‌دامنه به خوبی از هم متمایز می‌شوند. به عبارت دیگر در یک برش زمانی یا عمقی از مکعب به دست آمده تداوم جانبی یک سازند به خوبی قابل مشاهده است. افزون بر این، تداوم تغییرات دامنه نیز قابل پیگیری است؛ بنابراین شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌های بزرگ از دیگر نتایج استفاده از توابع واریانس است. شکل ۶ برشی از مکعب واریانس در ساختمان مورد مطالعه را نشان داده است. بر اساس تعریف، این تصویر تداوم جانبی تغییرات دامنه بین پایه سازند گچساران و رأس سازند آسماری را نمایش داده است. در این تصویر جدایش ساختمان ثانویه از ساختمان اصلی را به خوبی می‌توان به افق آسماری نسبت داد و در سازندهای قدیمی‌تر این پدیده ساختمانی به طور کامل گسترش یافته است؛ به گونه‌ای که در افق کژدمی و افق‌های پایین‌تر احتمال تداخل ساختمان مورد مطالعه با ساختمانی دیگر که تداوم جانبی آن به سمت جنوب باختر مشخص نیست، قابل بحث است.

آنچه که تاکنون گفته شده، استفاده از روش‌های غیرمستقیم و به عبارتی نشانگرهای لرزه‌ای در ردیابی ویژگی‌های جانبی میدان بوده است. با توجه به این که تمایز دو ساختار تداخلی ملایم (Superimposed) با پیشرفت دگرریختی افزایش می‌یابد، با کنکاش در افق‌های پایین‌تر به صورت مستقیم، وجود ساختار

(Depth Maps) (شکل ۲).

مشتق اول) $Dip_i = \sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2}$ or $Dip_{ii} = \sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2}$ بر اساس تعریف نقشه مشتق اول محدوده‌های هم‌شیب را از هم جدا می‌سازد و از آنجا که فرایند مشتق گیری فرایندی برداری است، سوی شیب نیز در نتایج این فرایند متمایز می‌شود به این معنی که در محدوده‌های ساختاری ملایم با دگرشیبی پایین به وسیله این فرایند می‌توان محدوده‌های هم‌شیب را در یال‌های تاقدیسی که چند درجه بیشتر شیب ندارد دنبال کرد. چنین عملی می‌تواند ریخت‌شناسی چین را در پایانه‌های آن (Fold Terminations) به خوبی متمایز سازد. به عبارت دیگر اگر چین دارای طبیعت دوگانه‌ای به همراه پدیده‌هایی همچون Superimposed folding , Refolding و Interference patterns در پایانه‌هایش باشد، این فرایند کمک زیادی به شناسایی آنها می‌کند.

چنین پدیده‌هایی (Refolding Structures, Superimposed Structures) به طور عمده در زون‌های تداخلی بین دو رژیم زمین‌ساختی متفاوت ایجاد می‌شوند. زون‌های تداخلی بسته به تداوم برخورد، درجه دگرریختی بالا یا پایین دارند. بهترین نتیجه ممکن از مشتق گیری جهت‌دار در محدوده‌های انتقالی (Transitional zones) بین دو رژیم زمین‌ساختی با درجه دگرریختی بسیار پایین مانند آنچه که در دشت آبادان مشاهده می‌شود، به دست می‌آید زیرا محدوده‌های گسلی اثر مخربی بر نتایج مشتق گیری جهت‌دار ثانویه دارند (ارزانی و همکاران، ۱۳۸۲).

اهمیت به کارگیری این روش زمانی مشخص می‌شود که بدانیم در ساختمان‌های بسیار ملایم شکستگی‌ها گسترش نمی‌یابند و تولید هیدروکربن به طور عمده از ماتریس توده سنگ صورت می‌گیرد و این به معنی آن است که تغییرات سطح عمومی آب و نفت به تولید از بخشی از میدان چندان وابسته نیست به عنوان مثال تولید بیش از حد در کوهانه یک چنین میدانی، سطح آب و نفت را در دماغه‌های آن چندان متأثر نمی‌سازد؛ در نتیجه شانس حفاری موفقیت آمیز در دماغه‌های ساختمان نیز وجود دارد و در این مرحله شناسایی دقیق ساختاری پایانه‌های چین خوردگی اهمیت می‌یابد بویژه در ساختارهای ملایم که تغییرات بسیار کم در اندازه و سوی شیب لایه بندی می‌تواند موقعیت‌های ساختاری و هیدروکربنی جدیدی ایجاد کند.

در محدوده فروافتادگی دزفول و دشت آبادان، تاقدیس مورد نظر در شمال به تاقدیس‌هایی با چارچوب ساختاری زاگرسی با روند NW-SE و در جنوب به تاقدیس‌هایی با روند N-S منتهی می‌شود و به عبارت دیگر بین دو رژیم دگرریختی متفاوت واقع شده است که در مقیاس زمان زمین‌شناسی به تازگی شروع به تداخل کرده‌اند. نتایج به دست آمده از محاسبات مشتق اول جهت‌دار مداوم برای رأس سازندهای میشان، گچساران، آسماری، ایلام، سروک و کژدمی در شکل ۳ آورده شده است.

در این شکل نشانگرهای ترکیبی محدوده‌های هم امتداد (Azimuth Map) و هم شیب (Depth Map) برای یال جنوب باختری و محدوده دماغه شمال باختری متمایز و بررسی شده‌اند. به تدریج از افق میوسن بالایی (بالاترین افق بررسی شده) محدوده هم‌شیب در دماغه شمال باختری باریک‌تر و بسته می‌شود که بیانگر افزایش شیب و کاهش محدوده دماغه شمال باختری است. از طرفی بررسی یال جنوب باختری، خمشی آشکار به سمت باختر و جنوب باختر را نشان می‌دهد که آثار آن به تدریج از افق الیگومیوسن شروع و به سمت سازندهای عمیق‌تر، آشکارتر می‌شود به گونه‌ای که در افق‌های کرتاسه زیرین و ژوراسیک، خمش ساختاری قابل ملاحظه‌ای در ساختمان قابل مشاهده است. خمش یال به نوعی نشان‌دهنده تغییر در محور تاقدیس و به عبارتی تغییر در روند چین خوردگی است.

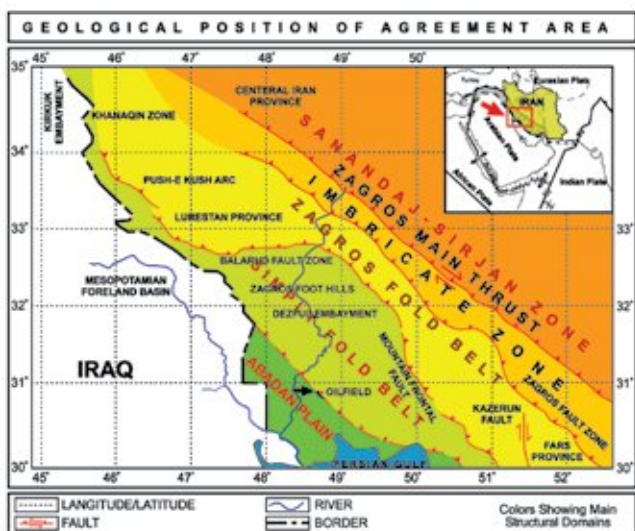
متوقف شده درحالی که نرخ رشد، در قسمت جنوبی همین دماغه، متأثر از ساختمان گنبدی، به شدت افزایش یافته است و موقعیت جدید ساختمانی و پتانسیل های جدید نفتی شکل گرفته اند.

نتیجه گیری

- ۱- پیشانی کمر بند چین خورده زاگرس در پلیستوسن به مرزهای شمالی دشت آبادان کنونی رسیده و ساختمان های قدیمی موجود در آن را پوشانده است.
- ۲- ساختمان های بسیار ملایم تداخلی به وجود آمده در کمر بند برخوردی از روندهای عربی یا زاگرسی به طور کامل پیروی نمی کنند بنابراین در خطوط لرزه ای طراحی شده برای اکتشاف ساختارهای زاگرسی حاوی هیدروکربن که به طور عمده به موازات روند چین ساختارهایی برداشت شده اند، قابل شناسایی نیستند.
- ۳- چین خوردگی پوشاننده زاگرسی بسیار جوان تر از تاقدیس های شمالی جنوبی عربی است؛ در نتیجه الگوهای تداخلی ملایم در پایانه های چین خوردگی (Folding Termination) جایی که تأثیرات تنش های زاگرسی کمتر بوده است، گسترش یافته اند.
- ۴- استفاده از نشانگرهای لرزه ای الگوهای چین خوردگی دوباره (Refolding) و چین های پوشیده شده (Superimposed Folding) که تغییرات ملایمی نسبت به اطراف خود دارند را آشکار می سازد و آن گونه که در محدوده مورد مطالعه مشاهده می شود، این الگوها می توانند افق های جدید اکتشاف نفت در فروافتادگی دزفول باشند.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق با توجه به محرمانه بودن داده های آن، بدون همکاری شرکت ملی مناطق نفت خیز امکان پذیر نبوده است بنابراین بر خود لازم می بینیم بدین ترتیب از آقایان دکتر امیری بختیار ریاست اداره کل زمین شناسی گسترشی، مهندس قلاوند سرپرست اداره زمین شناسی بنیانی و مهندس خداری سرپرست بخش ژئوفیزیک صمیمانه تشکر کنیم.



شکل ۱- جایگاه ساختمانی محدوده مورد مطالعه و در حد فاصل بین کمر بند چین خورده ساده با روند ساختمانی چیره شمال باختری - جنوب خاوری و دشت آبادان با روند ساختمانی چیره شمالی - جنوبی

تداخلی را می توان اثبات کرد. به این منظور افقی عمیق در محدوده زمانی ۲۹۰۰ میلی ثانیه تفسیر شد (شکل ۷). بر اساس نتایج به دست آمده از این تفسیر، ساختمان مورد نظر را می توان به دو بخش مجزا تقسیم کرد. بخش اصلی که روندی به طور کامل زاگرسی دارد و بخش دوم یک ساختمان فرعی که شروع تداخل یک ساختمان عربی از یک ساختار زاگرسی را در ذهن تداعی می کند. بنابراین جایگاه ساختمانی محدوده مورد مطالعه، در یک مدل ساده نشان داده شده است (شکل های ۸ و ۹).

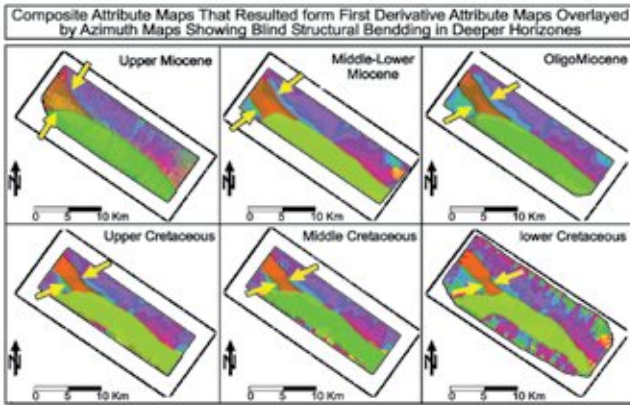
بحث

روندهای ساختاری زیرسطحی فروافتادگی دزفول برای افق زمانی الیگومیوسن، در شکل ۸ نمایش داده شده است. در بخش شمالی تاقدیس های زاگرسی، در بخش جنوبی تاقدیس های عربی و در بخش میانی تاقدیس های چند پلانته ای مانند آب تیمور، منصوری و رگ سفید مشاهده می شوند. شکل ۹-۱۰ روندهای اصلی چین خوردگی و شکل ۹-۱۰ تفکیک زمانی این روندها را نشان داده است. روند S1 روند ساختمان های عربی و روند S2 روند ساختمان های زاگرسی است که جوان تر هستند. به نظر می رسد دو روند در پلیو- پلیستوسن و در محدوده تاقدیس مورد مطالعه برخورد کرده اند. حال مدل به دست آمده را در محدوده داده های لرزه ای میدان به کار می گیریم.

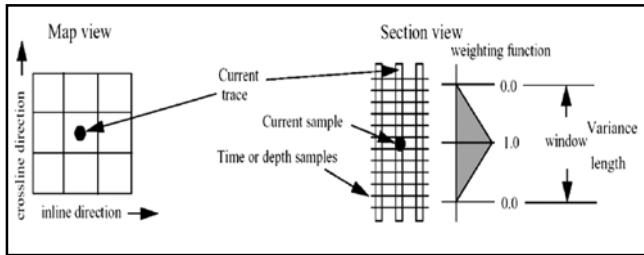
بر پایه مطالعه Pinch-out های سازند آغاچاری (Sherkati & Letouzey, 2004)، چین خوردگی ساختمان رامین (شکل ۹-۱۰ بالا، سمت راست) را به میوسن میانی نسبت می دهیم در حالی که ساختمان اهواز در میوسن پایانی چین خورده است (Hessami, 2001 a & b). پس از این دو، در آخرین فازهای دگربرختی زاگرس، ساختمان آب تیمور در پلیو- پلیستوسن شکل گرفته است (Hessami, 2001 b). در این زمان ساختمان های زاگرسی وارد محدوده مورد مطالعه می شوند. در این حالت خطوط تراز ساختمانی در دماغه جنوبی ساختمان آب تیمور و دماغه شمالی ساختمان دارخوین بسته نشده و به سمت یکدیگر متمایل می شوند (شکل ۱۰-۱۰).

به نظر می رسد تاقدیس مورد مطالعه یک ساختمان بسیار ملایم قدیمی را در دماغه شمال باختری خود پوشانده و تحت تأثیر آن قرار گرفته است. مقاطع طولی و عرضی لرزه ای سه بعدی این موضوع را تأیید می کنند. مقاطع همچنین نشان می دهند که هردو ساختار از نوع قائم یا Upright هستند. می دانیم الگوی تداخلی (Interference Pattern) حاصل از دو چین قائم با زاویه محوری تقریباً ۹۰ درجه ای نسبت به یکدیگر پدیده های حوضه و گنبد (Basin & Dome) را تشکیل می دهد. شکل ۱۰-۱۰ برشی افقی از مکعب داده های لرزه ای است که با استفاده از روش وارون سازی حاصل شده است و آن را در شکل ۱۰-۱۰ خلاصه کرده ایم. روند S1 تداوم محور عربی ساختمان دارخوین و روند S2 تداوم محور زاگرسی ساختمان آب تیمور را نشان می دهد. در محل برخورد دو روند (۱) یک حوضه ساختمانی (Structural Basin) شکل گرفته است. در قسمت جنوبی این حوضه که محور S1 چیره می شود، ساختمان روند شمالی - جنوبی به خود گرفته است (۵) و (۳)، در حالی که در بخش شمالی و تاقدیس سوسنگرد روند S2 چیره است (۶) و در محدوده بین این دو، آن گونه که در بخش جنوبی دماغه شمال باختری مشاهده می شود، ساختمان دچار خمش شده است.

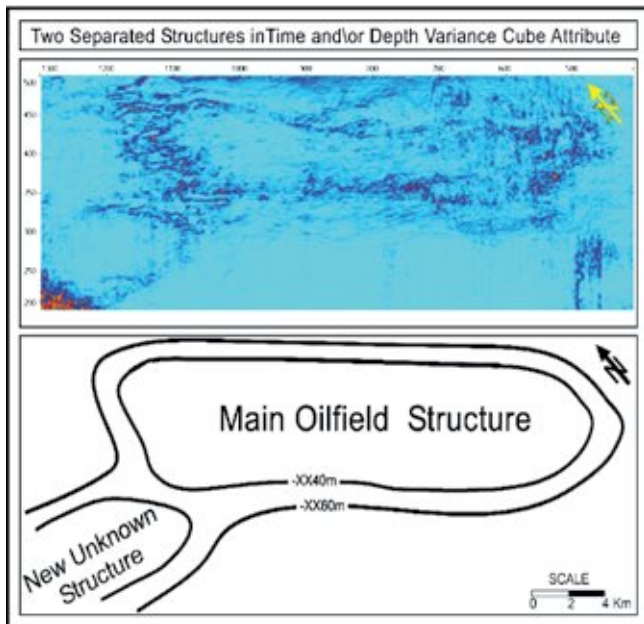
این ساختارهای تداخلی اگرچه خود حاصل برخورد دو روند ساختاری هستند اما تأثیر زیادی بر ریخت شناسی و الگوی ساختاری بعدی ساختمان در حال رشد خواهند داشت. با نگاهی تازه به مدل ساختاری نهایی (شکل ۱۱) شدت این تأثیر قابل مشاهده است به گونه ای که رشد تاقدیس در دماغه شمال باختری متأثر از حوضه ساختاری



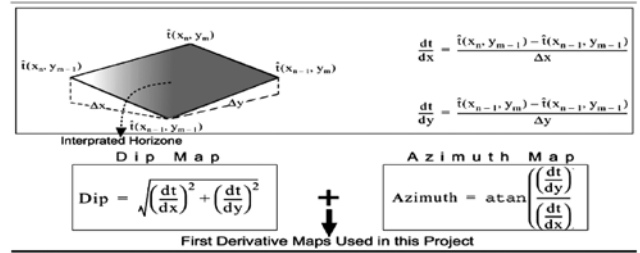
شکل ۳- اختلاف روند چین خوردگی، بسته شدن بخش شمالی و خم شدن بخش جنوبی دماغه شمال باختری در نقشه‌های مشتق اول افقی‌های تفسیر شده در محدوده داده‌های لرزه‌ای سه بعدی میدان مورد نظر.



شکل ۴- تصویری شماتیک که چگونگی به کار گرفتن روش نشانگر واریانس در آن نمایش داده شده است. با تغییرات از Schlumberger-GeoQuest-Geoframe-BookShelf (2004).



شکل ۵- نتیجه اولیه مکعب واریانس در یک برش زمانی در محدوده سازند آسماری نمایش داده شده است. به آشکار شدن یک ساختمان ثانویه دقت کنید.



ISO Curvature
Given a function: $z = f(x, y)$
define the following variables:
 $E = 1 + z_x^2$, $F = z_x z_y$, and $G = 1 + z_y^2$
and:
 $L = \frac{z_{xx}}{\sqrt{1 + z_x^2 + z_y^2}}$, $M = \frac{z_{xy}}{\sqrt{1 + z_x^2 + z_y^2}}$, and $N = \frac{z_{yy}}{\sqrt{1 + z_x^2 + z_y^2}}$
where:

$$z_x = \frac{\partial}{\partial x} f(x, y), \quad z_y = \frac{\partial}{\partial y} f(x, y),$$

$$z_{xx} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x, y), \quad z_{yy} = \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x, y), \quad \text{and} \quad z_{xy} = \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} f(x, y)$$

then the Gaussian Curvature is defined as:

$$K = \frac{LN - M^2}{EG - F^2}$$

and the Mean Curvature is defined as:

$$H = \frac{LG - 2FM + EN}{2(EG - F^2)}$$

The Principal Curvatures, k_1, k_2 , are given as the solution of:

$$k^2 - 2HK + K = 0$$

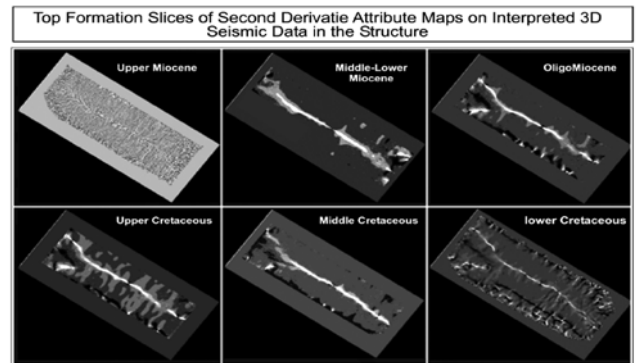
as:

$$k_{1,2} = H \pm \sqrt{H^2 - K}$$

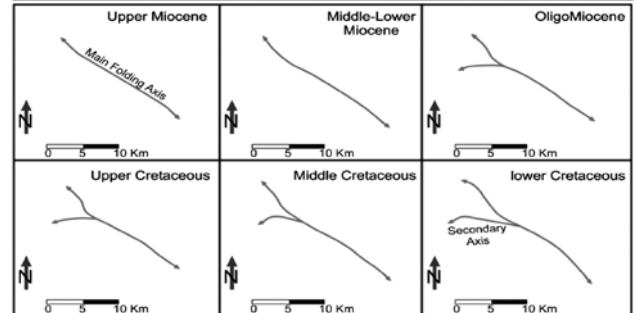
Second Derivative Maps Used in this Project

شکل ۶- محاسبات ریاضی به کار رفته در نقشه‌های حاصل از روش نشانگر مشتق اول و دوم جهت دار افقی‌های تفسیر شده.

با تغییرات از Schlumberger-GeoQuest-Geoframe-BookShelf (2004).



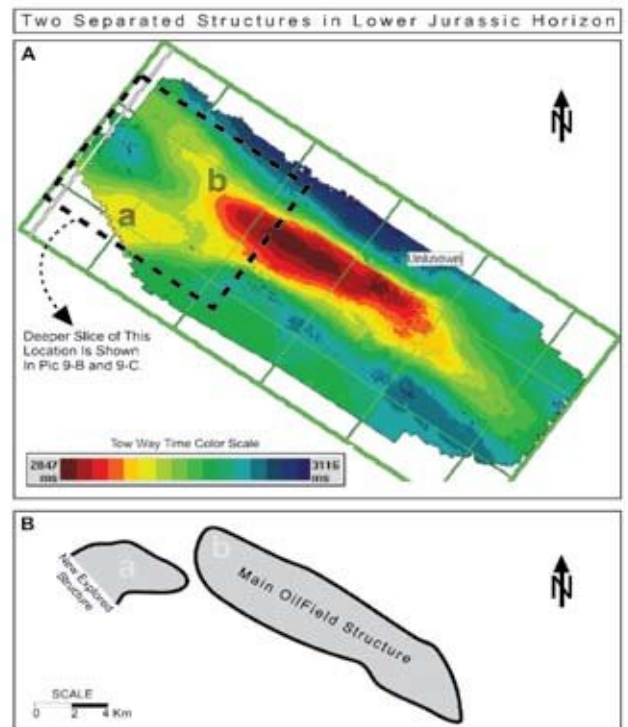
Folding Axis Determination as a Result of Using Second Derivative Attribute Maps on Interpreted 3D Seismic Data in the Structure



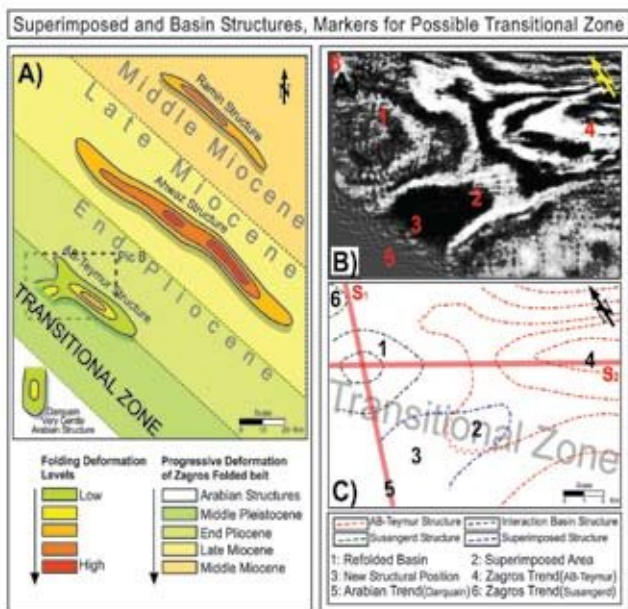
شکل ۷- نتایج نقشه مشتق دوم بر افقی‌های تفسیر شده در ساختمان مورد نظر. به پیدایش پلانژ سوم در افق الیگومیوسن و گسترش آن به سمت افقی‌های پایین‌تر که با خمیدگی ناگهانی به سمت جنوب باختر همراه است، دقت کنید.



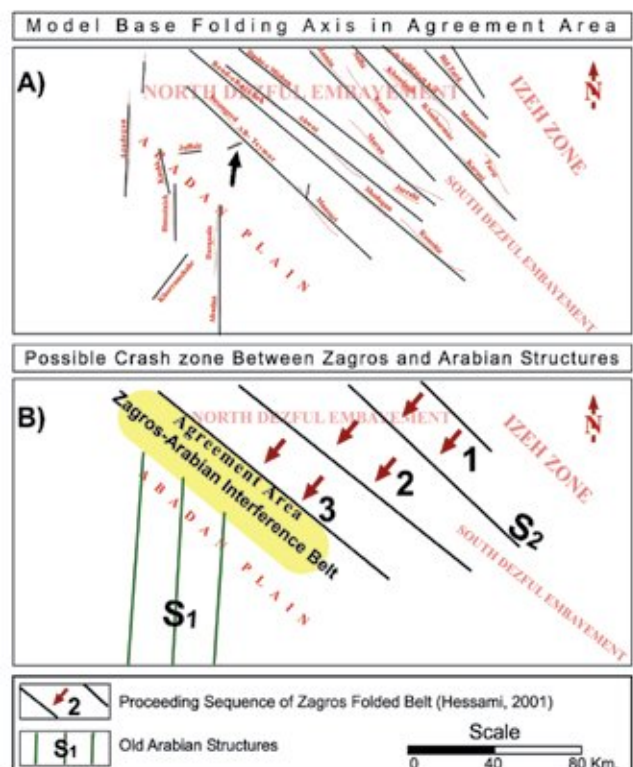
شکل ۸- نقشه ساده شده ساختارهای زیرسطحی در فرافتادگی دزفول و دشت آبادان مربوط به افق زمانی الگومیوسن.



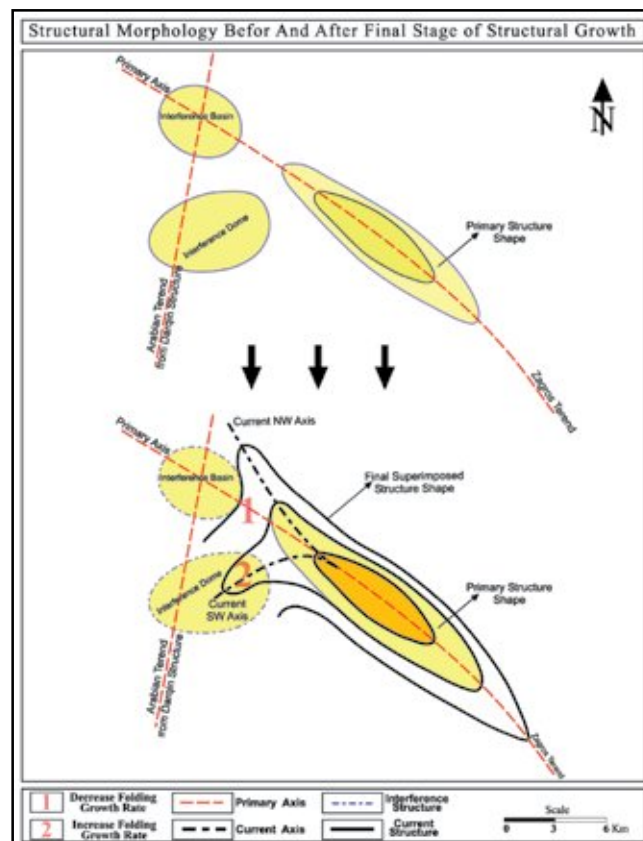
شکل ۷- مشاهده مستقیم ساختار تداخلی پوشیده شده به وسیله ساختمان اصلی در بخش جنوبی دماغه شمال باختری، بدون استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای در ژرف‌ترین افق تفسیر شده.



شکل ۱۰- تداخل ساختارهای ملایم در محدوده مورد مطالعه. (A) جبهه دگرریختی زاگرس که رشد پیشرونده آن در چین خوردگی همزمان با رسوبگذاری ثبت شده است، در پلیستوسن با تاقدیس‌های شمالی جنوبی صفحه عربی برخورد کرده است. (B) تفکیک پذیری بالای ساختاری در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش وارون‌سازی. (C) الگوهای ساختاری استخراج شده از روش وارون‌سازی (شکل B) در محدوده داده‌های لرزه‌ای سه بعدی آب تیمور.



شکل ۹- چارچوب ساختمانی ساده شده از بخش جنوبی فرافتادگی دزفول. (A) روندهای عمومی ساختاری در بخش جنوبی فرافتادگی دزفول شمالی. (B) مدل ساده پهنه تداخلی زاگرس-عربی.



شکل ۱۱- تأثیر متفاوت ساختارهای تداخلی حاصل از برخورد رشد پیشرونده ساختمان اصلی و تغییر ریخت‌شناسی شدید آن در آخرین مرحله چین خوردگی (پلیستوسن).

کتابنگاری

- ارزانی، ع.، علوی، ا.، حیدری، خ.، ۱۳۸۲- روش‌های تحلیلی زیرسطحی جهت تعیین گسل پی‌سنگی در میدان نفتی اهواز، بیست و دومین گردهمایی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- افتخار نژاد، ج.، ۱۳۵۹- تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، انجمن نفت، ش ۸۲ ص ۱۹-۲۸.
- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، نقشه زیرسطحی منحنی‌های میزان ساختمانی افق آسماری با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، ۱۳۷۸ منتشر نشده.
- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، نقشه زیرسطحی منحنی‌های میزان ساختمانی افق بنگستان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، ۱۳۷۸ منتشر نشده.

References

- Ameen, M. S., 1992- Effect of Basement Tectonics on Hydrocarbon Generation, Migration, and Accumulation in Northern Iraq. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 76: 356-370
- Bahroudi, A., 2003- The effect of mechanical characteristics of Basal Decollement and Basement Structures on Deformations of The Zagros basin, Uppsala University, 46 p.
- Berberian, M., 1995- Master Blind Thrust Faults Hidden under the Zagros Folds: Active Basement Tectonics & Surface Morphotectonics, Tectonophysics, v.241, p. 193-224.
- Haghipour, A. & Sabzehei, M., 1975- The Existence of Mobile Zones Between Platform- Blocks and their Structural Character in Iran. GSI, Special Publication, PP. 211- 214.
- Hessami, K., Koyi, H. A. & Talbot, C. J., 2001- The significance of strike-slip faulting in the basement of Zagros fold and thrust belt, Journ. Petrol. Geol., v.24 (1), p.5-28.
- Hessami K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H. & Shabanian, E., 2001- Progressive unconformities within an evolving foreland fold-thrust belt Zagros Mountains. J Geol Soc Lon v.158, p.969-981
- Schlumberger, 2006- GeoQuest, GeoFrame, Charisma Bookshelf, V4.2.3.
- Sherkati, S. & Letouzey, J., 2004- Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran: Journal of Marine and Petroleum Geology, V. 21, No. 5, P. 535-554.

Application of Structural Attributes in Petroleum Exploration and Development of an Interference Belt

A. Azami¹, S.A. Alavi¹, M. Poursadeghi¹, A.R. Golshadik¹, Z. Moshghaee²

¹ Geophysical Division, Bureau of Geology, NISOC, Ahvaz, Iran

² Shahid Beheshti University, Faculty of Earth Sciences, Tehran, Iran

Received: 2007 November 21

Accepted: 2008 August 30

Abstract

The area that will be discussed in this study is located between Zagros and Arabian structural zones in Iran in which full field 3D seismic data has been acquired and interpreted using sophisticated techniques. This paper covers the role of structural sensitive seismic attributes including first and Second Derivative attributes, Azimuth attribute, Variance Cube attribute and Seismic Inversion attributes as an advanced stage of the interpretation program in delineating and resolving structural ambiguities in the mentioned field. The result of this study using integrating these attributes shows the interference structural features such as superimposed folding and structural basin in NW zone of the field of study. Hence it seems that an interference folding event to be most probably occurred between Zagros and Arabian structures and made a very gentle refolding belt. Complementary geophysical studies also show a reservoir of good potential in some parts of this belt that located in this field of study.

Key words: Seismic Attributes, First & Second Derivative, Variance Cube, Inversion, Interference Patterns, Hydrocarbon Exploration, Zagros, Iran.

For Persian Version see pages 51 to 56

***Corresponding author: A. Azami; E-mail: ah_azami@yahoo.com**