

شناسایی گسلها با استفاده از نشانگر لرزه‌ای همدوسی

نوشته: علیرضا جواهری نیستانک*، عبدالرحیم جواهریان* و نوید امینی*

* مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

Faults Detection Using Seismic Coherency Attribute

By: A.R. Javaheri Niestanak*, A. Javaherian* and N. Amini*

* Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۱۱/۳۰

چکیده

یکی از ابزارهای مناسب که در تفسیر ناپیوستگیهای ساختاری و رخساره‌های چینه‌شناسی درون مکعب داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی به مفسر کمک می‌کند، نشانگر لرزه‌ای همدوسی است. اندازه‌گیریهای همدوسی در سه بعد، تشابه ردلرزه به ردلرزه را بیان می‌کنند و بنابراین تغییرات قابل تفسیر را در این گونه موارد نشان می‌دهند. ردلرزه‌های مشابه با ضرایب همدوسی بالا به نقشه در می‌آیند، در حالی که بی‌هنجاریها مانند ناپیوستگیها، ضرایب همدوسی پایینی دارند. همدوسی لرزه‌ای معیار سنجش تغییرات جانبی در پاسخ لرزه‌ای که علل آن می‌تواند ساختار زمین‌شناسی، چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، تخلخل و وجود هیدروکربن باشد را نمایان می‌سازد. خروجی این نشانگر، مکعب همدوسی لرزه‌ای سه‌بعدی است که ناپیوستگیهای ساختاری و رخساره‌های چینه‌شناسی را با قدرت تفکیک بالاتری به تصویر می‌کشد. در این مقاله، کاربرد دو نشانگر لرزه‌ای همدوسی متداول بر مبنای همبستگی عرضی و ساختار ویژه در شناسایی گسلها روی داده‌های لرزه‌ای مصنوعی و واقعی نشان داده می‌شود.

با بررسی نتایج به دست آمده در این روش، می‌توان مشاهده کرد که این روش برای مدل‌های مصنوعی برای نسبت سیگنال به نوفه‌های پایین و برای داده واقعی پاسخ مناسبی می‌دهد. همچنین مقایسه روش همدوسی بر مبنای ساختار ویژه با روش همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی نشان می‌دهد که قدرت تفکیک آن برای تشخیص گسلها بیشتر است.

کلید واژه‌ها: نشانگر لرزه‌ای همدوسی، همبستگی عرضی، ساختار ویژه، گسل، مکعب تحلیل، داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی

Abstract

Coherency attribute is one of the proper tools in interpretation of structural discontinuities and stratigraphy features in 3-D seismic data. Coherency measurements in three dimensions discuss trace-to-trace similarity and therefore represent interpretable changes in these cases. The similar traces are mapped with high coherence coefficients while anomalies and discontinuities have low coherence coefficients. Coherency attribute shows evaluation criterion of lateral changes in the seismic response, caused by variation in structure, stratigraphy, lithology, porosity and the presence of hydrocarbon. Output of this attribute is a coherence cube which illustrates structural discontinuities and stratigraphy features with higher resolution. In this paper, the application of two conventional coherency attributes based on eigenstructure and crosscorrelation for detection of faults in 3-D synthetic seismic data and actual seismic data is presented.

Considering the experimental results, this method has an appropriate response to low SNR for 3-D synthetic models and 3-D actual data. In addition, the comparison of eigenstructure-based coherency attribute method with crosscorrelation-based coherency attribute method indicates the former has higher resolution for detection faults than the latter.

Key words: Seismic coherency attribute, Crosscorrelation, Eigenstructure, Fault, Analysis cube, 3D seismic data



۱- مقدمه

می‌گیرد و هنگامی که سیگنال به سطح نوفه گوسی جمع شونده می‌رسد، نوفه در محاسبات همدوسی حذف می‌شود. در این مقاله، کاربرد نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نشان دادن قدرت تفکیک بالای این روش الگوریتم نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی هم معرفی می‌شود و با روش فوق مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

۲-۱- الگوریتم نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی

این روش به وسیله Bahorich and Farmer (1995) روی داده‌های لرزه‌ای سه بعدی با استفاده از همبستگی عرضی تأخیر زمانی برای تخمین شیبهای ظاهری در راستاهای خط گیرنده و خط چشمه برای سه ردلرزه ارائه شد. الگوریتم همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی بهنجار شده است. برای محاسبه همدوسی با انتخاب یک ردلرزه مبنا و دو ردلرزه دیگر در مجاورت آن که یکی در راستای خط گیرنده و دیگری در راستای خط چشمه است، باید ابتدا همدوسی را در راستای خط گیرنده در یک بازه زمانی مشخص و در همین بازه زمانی همدوسی را در راستای خط چشمه محاسبه کرده و در نهایت از حاصلضرب جذر بیشینه مقدار همدوسی در هر بازه در هر راستا که این مقدار به مرکز بازه زمانی نسبت داده می‌شود، به دست آورده می‌شود. این عمل، در تمام بازه زمانی ردلرزه انتخابی و همچنین در مورد تمام ردلرزه‌های دیگر در راستای خط گیرنده و خط چشمه انجام می‌شود و مکعب همدوسی به دست آورده می‌شود.

محاسبه الگوریتم همدوسی ابتدا همبستگی عرضی l تأخیر را در راستای خط گیرنده ρ_x و در زمان t بین ردلرزه‌های داده u در موقعیتهای (x_i, y_i) و (x_{i+1}, y_{i+1}) به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود (Marfurt et al., 1998):

$$\rho_x(t, l, x_i, y_i) = \frac{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u(t-\tau, x_i, y_i) u(t-\tau-l, x_{i+1}, y_{i+1})}{\sqrt{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau, x_i, y_i) \sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau-l, x_{i+1}, y_{i+1})}} \quad (1)$$

که در آن، 2ω طول لحظه‌ای پنجره همبستگی است. همبستگی عرضی m تأخیر در امتداد خط چشمه ρ_y در زمان t بین ردلرزه‌های داده u در موقعیتهای (x_i, y_i) و (x_i, y_{i+1}) به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود (Marfurt et al., 1998):

$$\rho_y(t, m, x_i, y_i) = \frac{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u(t-\tau, x_i, y_i) u(t-\tau-l, x_i, y_{i+1})}{\sqrt{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau, x_i, y_i) \sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau-l, x_i, y_{i+1})}} \quad (2)$$

پس از محاسبه ضرایب همبستگی در امتداد خط گیرنده ρ_x (l تأخیر) و در

نشانگرهای لرزه‌ای، در حالت کلی داده‌های لرزه‌ای را توصیف می‌کنند که داده‌های لرزه‌ای خصوصیتی از سطح جدایش دو لایه را بیان می‌کنند که در آن، رخدادهای بازتابی بر اساس تغییرات نسبی در مقاومت ظاهری لرزه‌ای در لایه‌های سنگی مجاور هم دیده می‌شوند. همدوسی، یک کمیت حساب شده از شباهت بین چند ردلرزه است که بر روی داده‌های لرزه‌ای به کار برده می‌شود و همچنین نشانه‌ای از پیوستگی بین دو یا چند ردلرزه‌های پنجره لرزه‌ای را می‌دهد و میزان پیوستگی لرزه‌ای نشانه‌ای مستقیم از پیوستگی زمین‌شناسی است.

مکعب همدوسی، یک مکعب از ضرایب همدوسی (از داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی) تولید می‌کند که به وضوح بی‌هنجاریهای چینه‌شناسی و ساختاری را روی برشهای افق یا زمانی برجسته کرده و به نمایش در می‌آورد. این تصاویر به طور جداگانه دلتاهای مدفون، کانالهای رودخانه‌ای، ریفها، گل‌فشانها، رخساره‌های آبدار و غیره را نمایان می‌سازند. به طور کلی، مکعب همدوسی با قدرت تفکیک بالا تصویر قابل توجهی از تغییرات را درون مکعب به معرض نمایش می‌گذارد که رخساره‌های زمین‌شناسی به گونه بهتری شناسایی و تفکیک می‌شوند.

۲- نشانگرهای لرزه‌ای همدوسی

در رده بندی نشانگرها، نشانگر لرزه‌ای همدوسی در گروه نشانگرهای هندسی قرار دارد. نشانگرهای هندسی به‌طور کلی ارتباط مکانی و لحظه‌ای را با تمام نشانگرهای دیگر توصیف می‌کنند. کاربرد اصلی این گونه از نشانگرها در تشخیص لایه‌بندی، تفسیر چینه‌شناسی و روابط سنگ‌شناسی است. اولین الگوریتم نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی تأخیر هر ردلرزه با ردلرزه همسایه آن در راستای خط گیرنده و خط انرژی و سپس ترکیب کردن این دو نتیجه پس از بهنجار کردن انرژی توسط Bahorich and Farmer (1995) ارائه شد. دومین الگوریتم بر مبنای شباهت چند ردلرزه که هم بر اساس تحلیل سرعت لرزه‌ای برش نگاری (توموگرافی) و هم بر اساس تحلیل سرعت لرزه‌ای است، توسط Marfurt et al. (1998) معرفی شد.

Gresztenkorn and Marfurt (1999) سومین الگوریتم نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه را معرفی کردند که یک نشانگر لرزه‌ای همدوسی با توان تفکیک بسیار بالا در به تصویر کشیدن ناپیوستگیهای ساختاری و چینه‌شناسی درون داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی است. روش آخر، بر دو روش قبلی برتری دارد زیرا محاسبات آن در یک زیرفضا صورت

ماتریس \mathbf{D} یک سری زمانی چند کانالی را بیان می‌کند که توصیفی از مکعب تحلیل است و یک ستون از ماتریس \mathbf{D} ، N نمونه از یک لرزه‌نگاشت J را بیان می‌کند، در حالی که یک سطر از ماتریس \mathbf{D} ، نمونه n را در یک زمان که برای تمام لرزه‌نگاشتها یکسان است بیان می‌کند. ورودی d_{nj} دامنه نمونه n ام لرزه‌نگاشت j ام است. بنابراین رابطه ۴ برای به دست آوردن ماتریس کوواریانس به صورت رابطه ۵ در می‌آید (Gresztkorn and Marfurt, 1999):

$$\mathbf{C} = \mathbf{D}^T \mathbf{D} = \sum_{n=1}^N \mathbf{d}_n \mathbf{d}_n^T \quad (5)$$

که در آن \mathbf{D}^T ترانپوز ماتریس \mathbf{D} است. مرتبه ماتریس کوواریانس \mathbf{C} در رابطه ۵ به وسیله تعداد مقادیر ویژه مثبت تعیین می‌شود. تعداد و اندازه نسبی مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس \mathbf{C} تعیین‌کننده درجه آزادی داده‌های لرزه‌ای موجود در مکعب تحلیلگراست. بنابراین مقادیر ویژه، نشانه کمی از وجود تغییرپذیری در داده‌های لرزه‌ای را می‌دهند.

ماتریس کوواریانس \mathbf{C} در رابطه ۵ ماتریسی متقارن با مقادیر ویژه بزرگ‌تر یا برابر با صفر است. تخمین همدوسی بر مبنای ساختار ویژه به وسیله $Tr(\mathbf{C})$ بیان می‌شود (Gresztkorn and Marfurt, 1999):

$$Tr(\mathbf{C}) = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N d_{nj}^2 = \sum_{j=1}^J c_{jj} = \sum_{j=1}^J \lambda_j \quad (6)$$

که در آن λ_j بیانگر مقدار مقادیر ویژه است. رابطه ۶ بیان می‌کند که کل انرژی برای ردلرزه‌هایی که به وسیله مکعب تحلیل احاطه می‌شوند، برابر با جمع مقادیر ویژه است. دو عبارت مختلف دیگر برای $Tr(\mathbf{C})$ در رابطه ۶ که ممکن است برای تعاریف مختلف دیگری که برای تخمین همدوسی بر اساس ساختار ویژه « E_c » استفاده می‌شود، به صورت رابطه ۷ است (Gresztkorn and Marfurt, 1999):

$$E_c = \frac{\lambda_1}{Tr(\mathbf{C})} \quad (7)$$

که λ_1 به عنوان بزرگ‌ترین مقدار ویژه λ_j در نظر گرفته می‌شود. رابطه ۷ همدوسی ساختار ویژه را به عنوان نسبت مقدار ویژه غالب λ_1 برای تمام انرژی درون مکعب تحلیل تعریف می‌کند.

اندازه مکعب تحلیل به تعداد ردلرزه‌ها (برای ۳ ردلرزه در امتداد خط گیرنده در ۳ ردلرزه در امتداد خط چشمه برابر ۹ ردلرزه) و اندازه پنجره زمانی بستگی دارد. اندازه این دو عامل به نوع پیچیدگی و ساختار رخساره

امتداد خط چشمه ρ_y (m تأخیر) برای تعمیم تخمین سه‌بعدی همدوسی آن با ρ_{xy} به کارگرفتن دو ضریب بالا به صورت رابطه ۳ بیان می‌شود (Marfurt et al., 1998):

$$\rho_{xy} = \sqrt{\left[\max_l \rho_x(t, l, x_i, y_i) \right] \left[\max_m \rho_y(t, m, x_i, y_i) \right]} \quad (3)$$

که در آن، $\max_l \rho_x(t, l, x_i, y_i)$ و $\max_m \rho_y(t, m, x_i, y_i)$ این نکته و مفهوم را بیان می‌کنند که هر کدام از تاخیرهای l ام و m ام برای ρ_x و ρ_y بیشترین مقدار هستند. هر اندازه پنجره تحلیل زمانی کوچک‌تر باشد، منجر به افزایش پدیده‌های غیرطبیعی در موجک خواهد شد و از طرفی هر اندازه پنجره تحلیل زمانی بزرگ‌تر باشد از نظر محاسباتی مقرون به صرفه نیست. مقدار این پنجره، به طول تداوم رخساره زمین‌شناسی بستگی دارد و برای مشخصات زمین‌شناسی با گستره زمانی قائم کوتاه‌تر با پنجره‌های تحلیل زمانی کوچک‌تر و مشخصاتی که گستره زمانی قائم طولانی‌تر با پنجره‌های تحلیل بزرگ‌تر بررسی می‌شوند.

۲-۲- الگوریتم نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه

این روش توسط Gresztkorn and Marfurt (1999) ارائه شد. برای محاسبه همدوسی بر مبنای ساختار ویژه، ابتدا یک زیر مجموعه کوچک از ردلرزه‌های مکعب اصلی که در اصطلاح به آن مکعب تحلیلگر گفته می‌شود توسط مفسر انتخاب می‌شود. این مکعب تحلیل در سراسر مکعب اصلی حرکت می‌کند. به این صورت که ابتدا در امتداد خط گیرنده سپس در امتداد خط چشمه به صورت ردلرزه به ردلرزه و در انتها در راستای زمان یا عمق به صورت نمونه به نمونه زمانی یا عمقی حرکت می‌کند. مقدار همدوسی محاسبه شده برای مکعب تحلیل شده به مرکز مکعب تحلیل نسبت داده می‌شود. شکل و اندازه مکعب تحلیل توزیع هندسی ردلرزه‌ها و نمونه‌هایی که برای محاسبه همدوسی استفاده می‌شوند را تعریف می‌کند. برای محاسبه مکعب تحلیلگر باید به گونه‌ای ماتریس سه‌بعدی را به ماتریس دوبعدی (ماتریس \mathbf{D}) تبدیل کرد. به این صورت که بعد از انتخاب مکعب تحلیل ردلرزه‌ها در امتداد خط گیرنده پشت سر یکدیگر قرار می‌گیرند که مرتبه ماتریس \mathbf{D} برابر با $N \times J$ است. که به صورت رابطه ۴ بیان می‌شود (Gresztkorn and Marfurt, 1999):

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1J} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{N1} & d_{N2} & \cdots & d_{NJ} \end{bmatrix} \quad (4)$$



شکل ۵-الف یک برش قائم از یک مکعب لرزه‌ای زمین‌شناسی مصنوعی را نشان می‌دهد. شکل ۵-ب برش قائم مکعب لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی است. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، گسلها را روی لایه‌های افقی با قدرت تفکیک مناسبی شناسایی کرده است. اما زمانی که شکل لایه‌ها از حالت افقی به حالت شیبدار تبدیل می‌شود، قدرت تفکیک آن هم کمتر می‌شود.

شکل ۵-ج برش قائم مکعب لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه را نشان می‌دهد. این شکل به خوبی این نکته را ثابت می‌کند که این نشانگر گسلها را در لایه‌های افقی و در لایه‌های شیبدار با قدرت تفکیک خوبی نمایان می‌کند.

با مقایسه شکل‌های ۵-ب و ۵-ج و مطالب ذکر شده می‌توان این نتیجه را گرفت که قدرت تفکیک نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه بیشتر از نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی در شناسایی گسلهای a و b است.

۴- داده‌های واقعی

در این قسمت به بررسی اثر نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر روی یک مکعب لرزه‌ای واقعی پس از انبارش و کوچ زمانی متعلق به یکی از مناطق نفتی در شمال ایران، پرداخته می‌شود. فاصله نمونه‌برداری زمانی این داده ۴ میلی‌ثانیه و فاصله بین ردلرزه‌ها در راستای خط گیرنده و همچنین در راستای خط چشمه برابر با ۲۵ متر است. طول این مکعب در راستای خط گیرنده ۲۵۲۵ متر و در راستای خط چشمه ۱۷۷۵ متر و بازه زمانی آن ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه است.

پس از بررسی‌های به عمل آمده، به علت وجود گسلهای کوچک موجود در داده واقعی طول پنجره تحلیل زمانی تحلیل استفاده شده برای نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی ۱۶ بازه زمانی و ابعاد مکعب تحلیل برای نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه از ۸۱ ردلرزه و پنجره‌ای به طول ۲۰ بازه زمانی در نظر گرفته شده است.

شکل ۶-الف مقطع قائم مکعب لرزه‌ای را در راستای خط گیرنده نشان می‌دهد. شکل‌های ۶-ب و ۶-ج به ترتیب مقاطع قائم لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی و ساختار ویژه را نمایان می‌سازند. همان‌گونه که در شکلها هم نشان داده شده است، قدرت تفکیک قائم نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه در مقایسه با نشانگر لرزه‌ای بر مبنای همبستگی عرضی بیشتر است و به آسانی گسلها را با قدرت تفکیک بالا شناسایی کرده است.

زمین‌شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه در راستای قائم یا افقی بستگی دارد. اگر مفسر بخواهد قدرت تفکیک افقی را بالا ببرد به ناچار باید تعداد ردلرزه‌های بیشتری را در نظر بگیرد و یا اگر بخواهد قدرت تفکیک قائم را بالا ببرد، باید پنجره تحلیل بزرگ‌تری در نظر بگیرد. باید این نکته را مد نظر قرار داد که بزرگ انتخاب کردن مکعب تحلیل از نظر محاسباتی مقرون به صرفه نیست.

۳- داده‌های مصنوعی

در این قسمت، تأثیر نشانگر لرزه‌ای همدوسی روی مکعبهای لرزه‌ای مصنوعی زمین‌شناسی که فقط در نسبت سیگنال به نوفه با یکدیگر تفاوت دارند، اعمال شد. نتایج نشان داد که این نشانگر قادر است حتی با نسبت سیگنال به نوفه کم گسلهای کوچک را شناسایی و نمایش دهد.

برای بررسی تأثیر نشانگر لرزه‌ای در شناسایی گسلها، مدل مکعب مصنوعی در نظر گرفته شده به گونه‌ای طراحی شده است که حاوی سه لایه زمین‌شناسی افقی و دو لایه زمین‌شناسی شیب‌دار (شکل ۱) است. این مکعب دارای ۱۰۰ ردلرزه در امتداد خط گیرنده و ۱۰۰ ردلرزه در امتداد خط چشمه و طول پنجره زمانی آن ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه با نمونه‌برداری زمانی ۴ میلی‌ثانیه با نسبت سیگنال به نوفه ۱ است. این مکعب دارای دو مجموعه گسلی شیبدار a و b در دو راستای مختلف است.

اکنون در این قسمت، به منظور بررسی تأثیر نشانگر لرزه‌ای همدوسی و همچنین با توجه به کوچک در نظر گرفتن جابه‌جایی گسلهای انتخاب شده، برای انتخاب بهینه پنجره تحلیلگر زمانی نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی از سه پنجره تحلیلگر زمانی به اندازه ۸، ۱۶ و ۳۲ بازه زمانی استفاده شد که پس از تحلیل برشهای قائم مکعبهای تحلیل شده در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲ می‌توان نتیجه گرفت که بهترین پنجره، پنجره تحلیل به اندازه ۱۶ بازه زمانی (شکل ۲-ب) است. همچنین برای انتخاب مکعب تحلیلگر نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه، باید هم با در نظر گرفتن تأثیر مکان و هم تأثیر زمان مکعب تحلیلگر بهینه را انتخاب کرد. اندازه مکعب تحلیلگر برای پنجره‌ای با ۱۰ و ۲۰ بازه زمانی و پنجره مکانی ۹، ۲۵ و ۸۱ ردلرزه استفاده شود. شکل ۳ تأثیر مکعب تحلیلگر با پنجره زمانی ۱۰ بازه زمانی و پنجره‌های مکانی ۹، ۲۵ و ۸۱ ردلرزه را نشان می‌دهد و شکل ۴ تأثیر مکعب تحلیلگر با پنجره زمانی ۲۰ میلی‌ثانیه و پنجره‌های مکانی ۹، ۲۵ و ۸۱ ردلرزه را نشان می‌دهد. از مقایسه این دو شکل می‌توان نتیجه گرفت که ابعاد مکعب تحلیلگر بهینه از ۸۱ ردلرزه و بازه زمانی ۲۰ بازه زمانی (شکل ۳-ج) است.

با بررسی نتایج به دست آمده بر روی داده‌های مصنوعی و واقعی مشخص شد که این روش در داده‌های لرزه‌ای با نسبت سیگنال به نوفه ۱ می‌تواند گسلها را شناسایی کند. همچنین نتایج نشان دادند که قدرت تفکیک نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه بیشتر از نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی است.

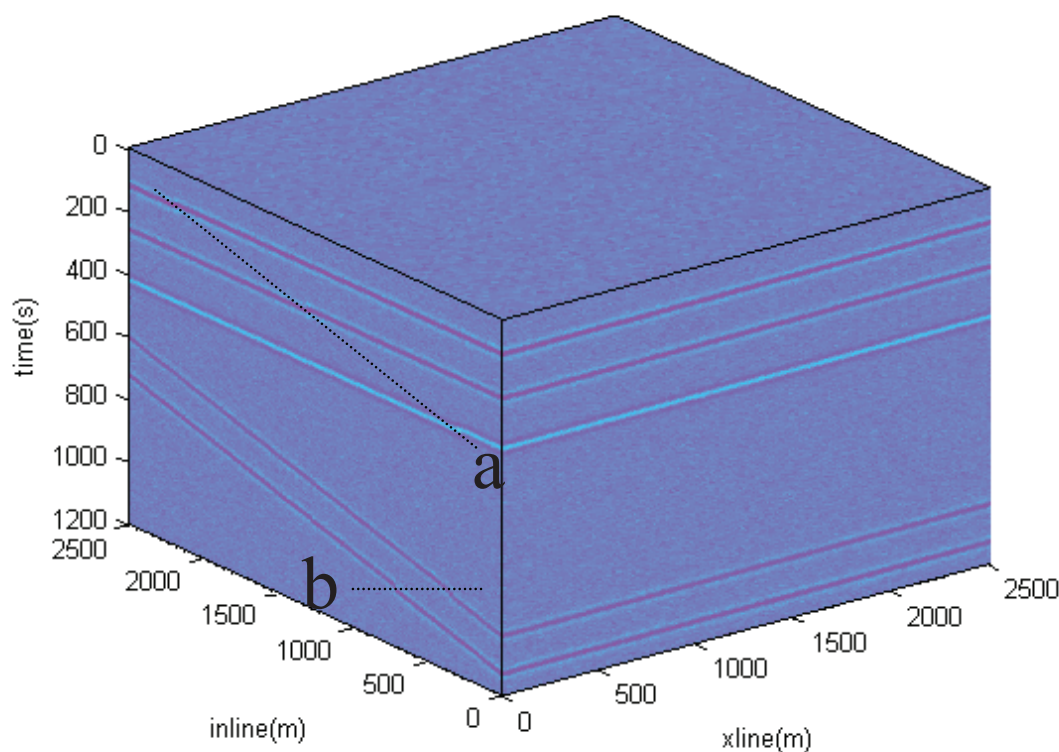
سپاسگزاری

این مطالعه در غالب طرح پژوهشی مصوب ۶۲۰۱۰۰۴/۱/۰۵ دانشگاه تهران انجام شده است. لذا از مؤسسه ژئوفیزیک و حوزه معاونت آموزشی دانشگاه تهران قدردانی می‌گردد. همچنین از اداره کل ژئوفیزیک مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران که امکان استفاده از داده‌های لرزه‌ای را فراهم نمودند، قدردانی به عمل می‌آید.

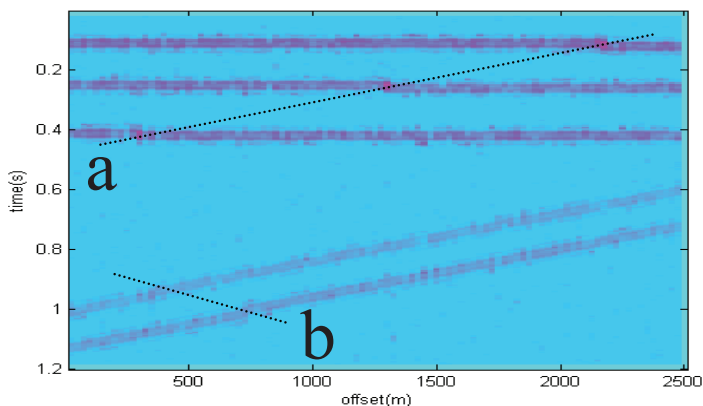
شکل ۷-الف مقطع افقی مکعب لرزه‌ای را در زمان ۸۴۸ میلی ثانیه نشان می‌دهد. شکل‌های ۷-ب و ۷-ج به ترتیب برشهای نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی و ساختار ویژه را در همین زمان نشان می‌دهند. با مقایسه شکل‌های ۷-ب و ۷-ج نتیجه می‌شود که قدرت تفکیک افقی نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه هم بالاتر از نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی است.

۵- نتیجه‌گیری

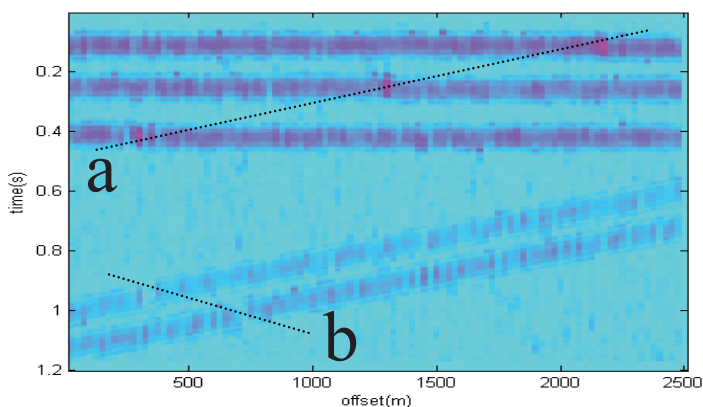
نشانگر لرزه‌ای همدوسی یکی از راهکارهای کلیدی در شناسایی ناپیوستگیهای ساختاری بویژه گسلها در مکعب داده‌های لرزه‌ای است. این راهکار کمک شایانی به مفسر در تفسیر زونهای خردشده و همچنین در هنگام حفاری به حفاران می‌کند.



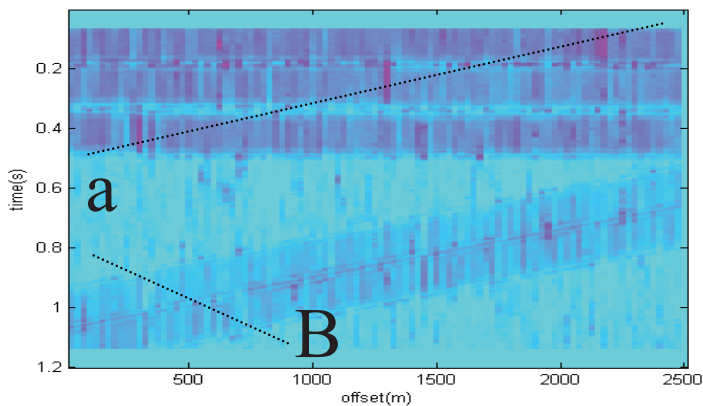
شکل ۱- وضعیت دو گسل a و b مورد بررسی در مکعب لرزه‌ای مصنوعی.



الف

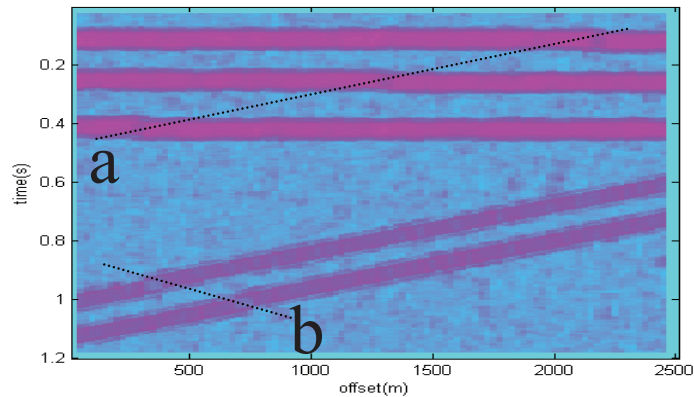


ب

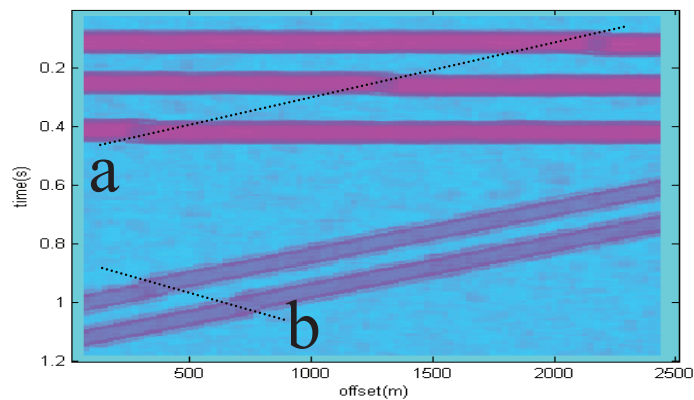


ج

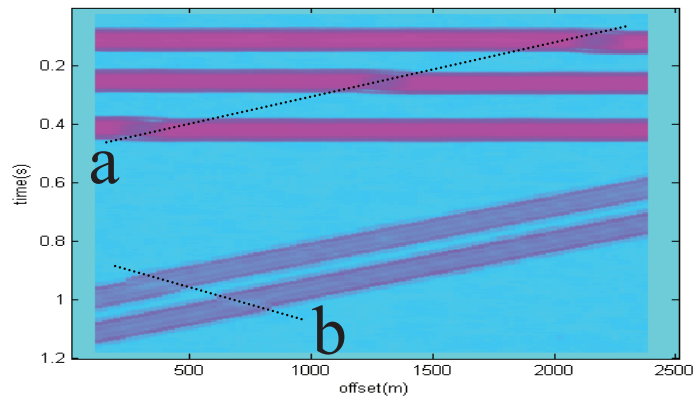
شکل ۲- مقایسه طول زمانی (2 σ) پنجره‌های تحلیل نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی بر روی مکعب داده‌های لرزه‌ای مصنوعی. الف) پنجره تحلیل با ۸ بازه زمانی (۳۶ میلی ثانیه) بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی، ب) پنجره تحلیل با ۱۶ بازه زمانی (۶۸ میلی ثانیه) بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی و ج) پنجره تحلیل با ۳۲ بازه زمانی (۱۳۲ میلی ثانیه) بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی. گسلهای مایل a و b با خطوط نقطه چین نشان داده شده‌اند که در شکل ب گسلها با قدرت تفکیک بهتری آشکار شده‌اند.



الف

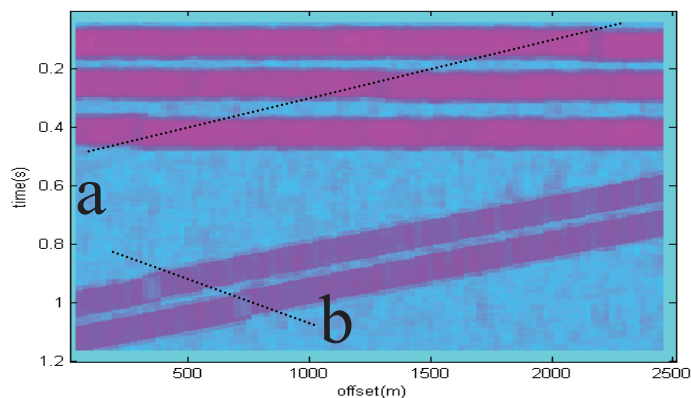


ب

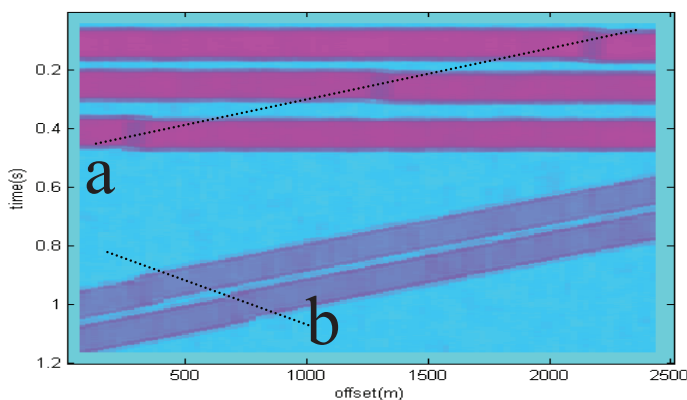


ج

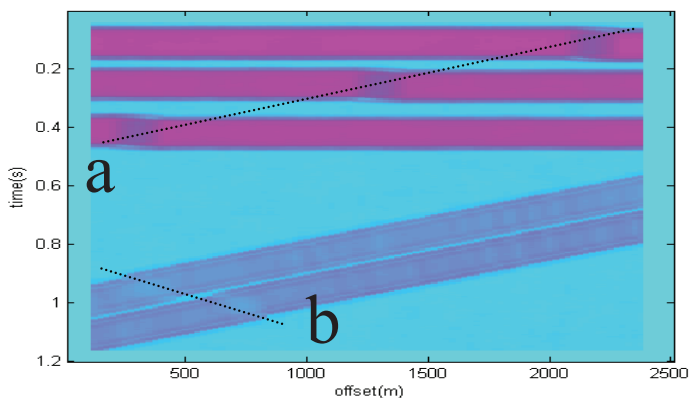
شکل ۳- مقایسه مکعب تحلیل نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی با پنجره ۱۰ بازه زمانی (۴۴ میلی ثانیه) و پنجره‌های مکانی ۹، ۲۵ و ۸۱ ردلرزه بر روی مکعب داده‌های لرزه‌ای مصنوعی. الف) مکعب تحلیل با پنجره ۱۰ بازه زمانی (۴۴ میلی ثانیه) و پنجره مکانی با ۹ ردلرزه بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی، ب) مکعب تحلیل با پنجره ۱۰ بازه زمانی (۴۴ میلی ثانیه) و پنجره مکانی با ۲۵ ردلرزه بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی و ج) مکعب تحلیل با پنجره ۱۰ بازه زمانی (۴۴ میلی ثانیه) و پنجره مکانی با ۸۱ ردلرزه بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی. گسلهای مایل a و b به صورت خطوط نقطه‌چین نشان داده شده‌اند که در شکل ج گسلها با قدرت تفکیک بهتری آشکار شده‌اند.



الف

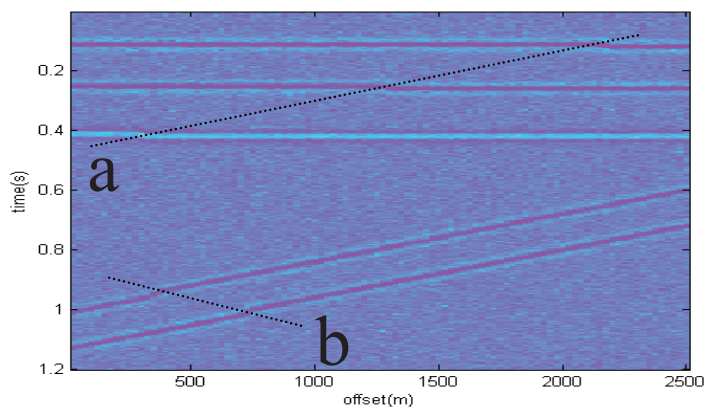


ب

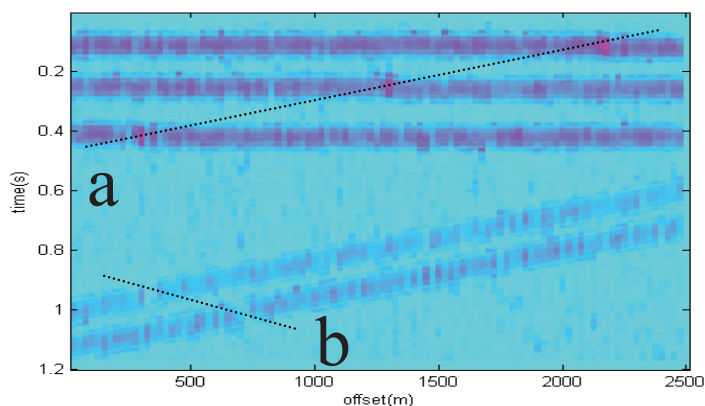


ج

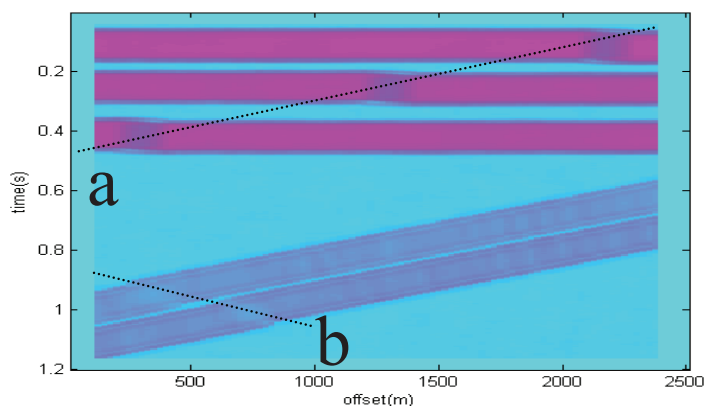
شکل ۴- مقایسه مکعب تحلیل نشانگر لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی با پنجره ۲۰ بازه زمانی (۸۴ میلی ثانیه) و پنجره‌های مکانی ۹، ۲۵ و ۸۱ ردلرزه بر روی مکعب داده‌های لرزه‌ای مصنوعی. الف) مکعب تحلیل با پنجره ۲۰ بازه زمانی (۸۴ میلی ثانیه) و پنجره مکانی با ۹ ردلرزه بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی، ب) مکعب تحلیل با پنجره ۲۰ بازه زمانی (۸۴ میلی ثانیه) و پنجره مکانی با ۲۵ ردلرزه بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی و ج) مکعب تحلیل با پنجره ۲۰ بازه زمانی (۸۴ میلی ثانیه) و پنجره مکانی با ۸۱ ردلرزه بر روی مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی. گسلهای مایل a و b به صورت خطوط نقطه‌چین نشان داده شده‌اند که در شکل ج گسلها با قدرت تفکیک بهتری آشکار شده‌اند.



الف

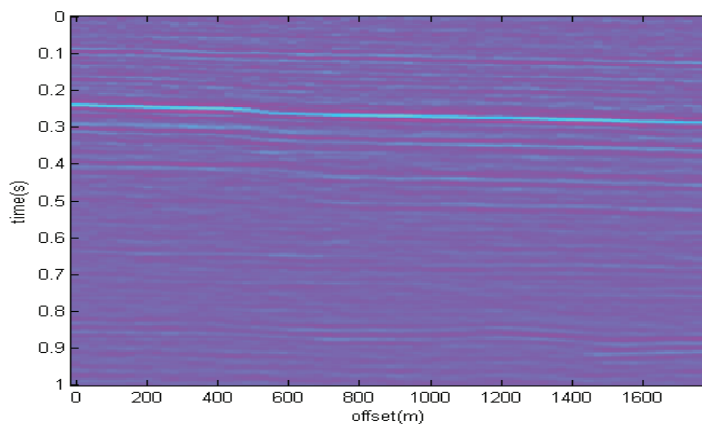


ب

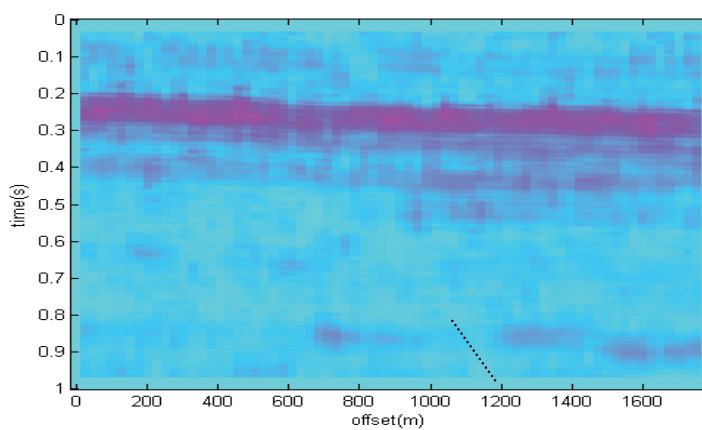


ج

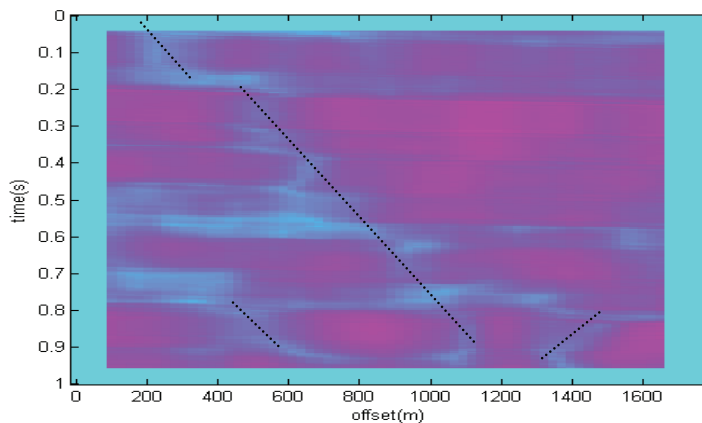
شکل ۵- مقایسه نشانگرهای لرزه‌ای همدوسی برای شناسایی گسلها بر روی داده‌های مصنوعی. الف) مقطع قائم لرزه‌ای مصنوعی (نسبت سیگنال به نوفه آن ۲ است)، ب) مقطع قائم لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی. ج) مقطع قائم لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه. گسلهای a و b گسلهای مایل هستند که با خطوط نقطه چین نشان داده شده‌اند که در شکل ج گسلها با قدرت تفکیک بهتری نسبت به شکل ب آشکار شده‌اند.



الف

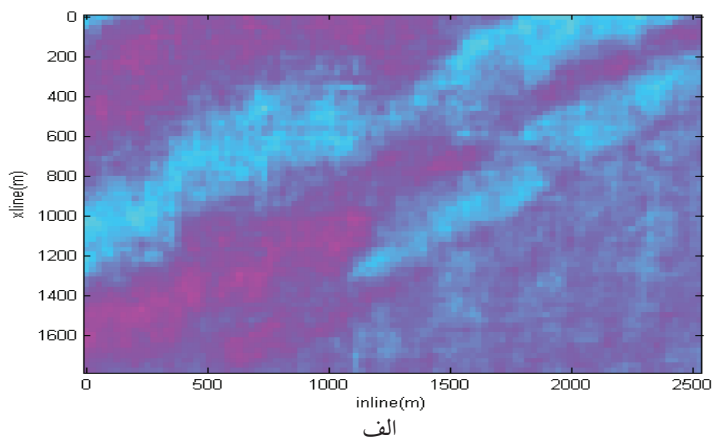


ب

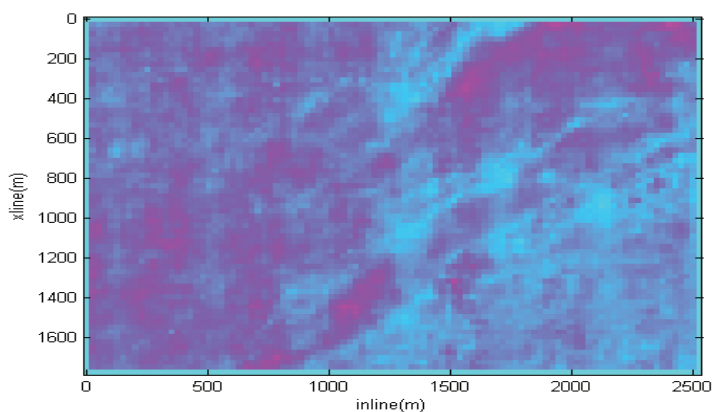


ج

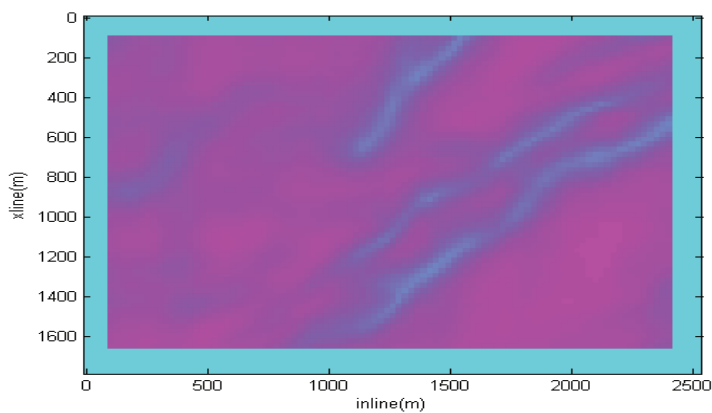
شکل ۶- مقایسه نشانگرهای لرزه‌ای همدوسی بر روی داده‌های واقعی. الف) مقطع قائم لرزه‌ای ب) مقطع قائم لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی. ج) مقطع قائم لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه. گسلها با خط چین نشان داده شده‌اند که در شکل ج گسلها با قدرت تفکیک بهتری نسبت به شکل ب آشکار شده‌اند.



الف



ب



ج

شکل ۷- مقایسه نشانگرهای لرزه‌ای همدوسی بر روی داده‌های واقعی. الف) مقطع افقی لرزه‌ای در زمان ۸۴۸ میلی ثانیه. ب) مقطع افقی لرزه‌ای همدوسی بر مبنای همبستگی عرضی در زمان ۸۴۸ میلی ثانیه. ج) مقطع افقی لرزه‌ای همدوسی بر مبنای ساختار ویژه در زمان ۸۴۸ میلی ثانیه. همان گونه که در شکل پیداست گسلها روی شکل ج به خوبی نمایان شده‌اند.



References

- Bahorich, M. S. and Farmer, S. L., 1995- 3-D seismic coherency for faults and stratigraphic features: The Leading Edge, 1053-1058.
- Chopra, S., 2002- Coherence cube and beyond: First Break, 20, 27-33.
- Gresztenkorn, A. and Marfurt, K. J., 1999- Eigenstructure-based coherence computations as an aid to 3-D structural and stratigraphic mapping: Geophysics, 64, 1468-1479.
- Marfurt, K. J. and Kirlin, R. L., 2000- 3-D broad band estimates of reflector dip and amplitude: Geophysics, 65, 304-320.
- Marfurt, K. J., Kirlin, R. L., Farmer, S. L. and Bahorich, M. S., 1998- 3-D seismic attributes using a running window semblance-based algorithm: Geophysics, 63, 1150-1165.
- Marfurt, K. J., Suadhakar, V., Gresztenkorn, A., Crawford, K. D. and Nissen, S. E., 1999- Coherency calculations in the presence of structural dip: Geophysics, 64, 104-111.