انتخاب روش بهينه براي موازنه طولي و سطحي تفسير لرزه‌نگاري سه بعدي دو تاقديس نفتي در خاور خوزستان

نوشته: حامد سعادت‌نيا*، دكتر عبدالرحيم جواهريان**، ايرج عبدالهي فرد* و كاظم كاظمي*

Selecting the Optimum Method for Length and Area Balancing of 3D Seismic Interpretation of Two Oilfields at the Eastern Khuzestan

By: H. Sa'adatnia*, Dr. A. Javaherian**, I. Abdollahi Fard* & K. Kazemi*

چكيده

راهي مناسب براي ارزيابي ميزان اعتبار يک تفسير ساختاري، به حالت اوليه باز گرداندن (restoration) ساختار براي يافتن شكل آن پيش از دگرشكلي (deformation) است. چرا كه اين ساختارها به عنوان كليدي عمل مي‌كنند كه راهگشاي تحليل زمين ساخت منطقه‌اي هستند و معمولا نقشي اساسي در صنعت اكتشاف ايفا مي‌كنند. بويژه اكتشاف و توليد ذخاير هيدروكربوري نياز به بهترين كنترل ممكن بر روي ساختارهاي زيرسطحي به منظور حفر چاههاي اكتشافي و يا چاههاي توليدي دارد. يک نقشه يا مقطع عرضي (cross section) صحيح را معمـــولا مي‌توان با روشـــهايي كه بر مبناي بيش از يک مدل جنبشي (kinematic model) هستند، به حالت اوليه بازگرداند و روشهاي مختلف تا حدي هندسه‌هاي متفاوتي ارائه مي‌دهد. با اين حال، بازگرداندن به هر شيوه‌اي انجام شود و با رعايت مفروضات و ملزومات آن شيوه، اعتبار و اطمينان آن شيوه تأمين شود، تفسير حاصل را معتبر و قابل اطمينان مي‌سازد. هدف از مطالعه حاضر، اين است كه افزون بر روشهاي كيفي، با آزمايش روشهاي مختلف به صورت كمي، روش بهينه‌اي براي انجام موازنه پيدا كرد. به همين منظور، سه روش طولي- خطي (Line-length)، برش ساده قائم (Vertical simple shear) و لغزش خمشي (Flexural slip) براي داده‌هاي لرزه‌نگاري سه بعدي دو تاقديس نفتي در خاور خوزستان به صورت كمي با هم مقايسه و روش لغزش خمشي به عنوان روش بهينه براي انجام اين كار در منطقه مورد نظر پيشنهاد شده است.

كليد واژه‌ها: موازنه، روشهاي موازنه، به حالت اوليه بازگرداندن.

Abstract

A powerful and independent test for the validity of a structural interpretation is the restoration of the structure to the shape it had before deformation. Such construction is a key in understanding of regional tectonics and plays a vital role in exploration industry. Exploration for oil and gas, in particular, requires the best possible control on underground structures to locate exploration and production wells. A map or cross section can usually be restored by methods based on more than one kinematic model, however, different methods will produce somewhat different restored geometries. It follows that any given restoration methods does not necessarily represent the exact pre-deformational geometry. The internal consistency of the restoration by any relevant technique validates the interpretation. The optimum method can be investigated through qualitative and quantitative testing techniques. The main aim is to select an optimum method for length and area balancing of the two oilfields in the east of Khuzestan. In this study, three line-length, vertical simple shear, and flexural slip methods are compared quantitatively with 3D seismic data of the two oilfields in the Eastern Khuzestan, and finally the flexural slip method is recommended as the optimum method.

Key words: Balancing, Balancing methods, Restoration.

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

بازگرداندن مقاطع عرضي و موازنه آن، ريشه در يک روش قديمي براي محاسبه ژرفـاي جداشدگي و کوتاه شدگي دارد (Chamberlain, 1910; Bucher, 1933; Gougel, 1962) که به وسيله (Dahlstrom, 1969) و (Mitra & Namson, 1989) تغيير يافت و براي لايه‌هاي منفرد در يک مقطع عرضي سازگار شد.

از آنجا که داده‌هاي لرزه‌اي هميشه کيفيت خوبي ندارند و ممکن است بخشهايي از آن داراي ابهام و نقص نيز باشند، بايد به نحوي تفسير نهايي را معتبر و قابل قبول کرد. يک آزمايش مستقل و قوي براي درک ميزان اعتبار يک تفسير ساختاري، به حالت اوليه باز گرداندن ساختار براي فهميدن شکل آن پيش از دگرشکلي است. به دليل اهميت مقاطع عرضي دقيق و ساختارهاي گذشته در اکتشاف هيدروکربن، اين مسئله مورد توجه زيادي بوده است. بسياري از مسائلي که در بازگرداندن مقاطع عرضي پيش مي‌آيد، ناشي از محدوديتهاي هندسي است که اين فرايند بر تفسيرهاي زمين شناسي اعمال مي‌کند. يك روش بازگرداندن هندسي يا مدل پيشرونده، ممکن است به طور کلي قابل قبول، اما از نظر فيزيکي ناممکـــــن باشد (Elliott,1983). يک مقطع قابل بازگشت به حالت اوليه هندسي، به طور کامل يا تقريبا کامل با اجزاي آن قبل از دگرشکلي همخواني دارد. يک مقطع عرضي صحيح را معمولا مي‌توان با روشهايي که مبني بر بيش از يک مدل جنبشي هستند، به حالت اوليه بازگرداند. اگرچه بازگرداندن به هر شيوه‌اي انجام شود و با رعايت مفروضات و ملزومات آن شيوه اعتبار و اطمينان آن شيوه تأمين شود، تفسير حاصل را معتبر و قابل اطمينان مي‌سازد، اما افزون بر روشهاي کيفي، مي‌توان با آزمايش روشهاي مختلف به صورت کمي، روش بهينه‌اي براي موازنه پيدا کرد.

2- بررسي چند روش بازگرداندن مقاطع لرزه‌نگاري

در عمل، روشهاي بازگرداندن شکل يک ساختار زمين‌شناسي به حالت اوليه بر اساس مدلي براي تکامل هندسي پايه ريزي شده است که مدل جنبشي نام دارد. يک مقطع عرضي صحيح را معمولا مي‌توان با روشهايي که مبني بر بيش از يک مدل جنبشي هستند، به حالت اوليه بازگرداند و روشهاي مختلف تا حدي هندسه‌هاي متفاوتي ارائه مي‌دهند. بدين معني که هر بازگرداندني لزوما هندسه پيش از دگرشکلي را به طور دقيق ارائه نمي‌دهد. اگرچه بازگرداندن به هر شيوه‌اي انجام شود و با رعايت مفروضات و ملزومات آن شيوه اعتبار و اطمينان آن شيوه تأمين شود، تفسير حاصل را معتبر و قابل اطمينان مي‌سازد، اما افزون بر روشهاي کيفي، مي‌توان با آزمايش روشهاي مختلف به صورت کمي، روش بهينه‌اي براي موازنه پيدا کرد. اگر بازگرداندن امکان پذير باشد، نشان مي‌دهد که تفسير ساختاري انجام شده ماهيتا نامتناقض است، حتي اگر روش بازگرداندن مدل کاملي براي فرايند دگرشکلي نباشد. تفسيري که برمبناي داده‌هاي زيادي از جمله داده‌هاي سطحي، چاههاي فراوان و يا مقاطع عمقي لرزه‌اي کنترل شده به وسيله اطلاعات چاهها پايه ريزي شده است، همواره قابل بازگرداندن هستند و در مقابل، تفسيرهاي مبتني بر داده‌هاي ناقص و کم به ندرت قابل بازگرداندن هستند. اين مسئله، اولين معياري است که بازگرداندن مقاطع را به حالت اوليه، به عنوان يک روش معتبر تأييد مي‌کند.

روشـــــهاي مختلفي از جمله روشـــــهاي بازگرداندن جسم صلب (rigid-body restoration)، بازگرداندن طولي-خطي (line-length)، برش ساده مايل و قائم (oblique and vertical simple shear)، لغزش خمشي (flexural slip) و بازگرداندن سطحي (area restoration) ، جهت بازگرداندن مقاطع لرزه‌نگاري وجود دارد که هرکدام در شرايط خاص، نتيجه درست‌تري ارائه مي‌دهد. با توجه به ويژگيهاي زمين ساختي منطقه مورد مطالعه که در زاگرس قرار دارد و همچنين با توجه به مباني نظري روشهاي مذکور، روشهاي بازگرداندن طولي-خطي، برش ساده قائم و لغزش خمشي براي نمونه در اين منطقه انتخاب گرديد. هدف، اعمال اين سه روش و همچنين مقايسه نتايج آن با يکديگر و انتخاب بهترين روش براي بازگرداندن مقاطع عرضي در اين منطقه است.

همه اين بازگرداندنها بر مبناي موقعيت ابتدايي و انتهايي خطوط مرجع (reference lines) بنا نهاده شده است (Groshong, 1999). بر روي يک مقطع عرضي پارامترهايي مانند افق مرجع (reference horizon)، خط ثابت (pin line) و خط متحرک (loose line) تعريف مي‌شود (Marshak & Woodward, 1988). افق مرجع، افقي است که در نظر است به حالت قبل از دگرشکلي بازگردانده شود. موقعيت بقيه افقها نسبت به افق مرجع تعيين مي‌شود. موقعيت اوليه يک افق، شامل شکل و ارتفاع آن از سطح دريا، به صورت منطقه‌اي شناخته مي‌شود (McClay, 1992). خط ثابت، يک خط عمودي صاف بر روي مقطع عرضي دگرشکل شده است که پس از بازگرداندن مقطع نيز بايد به حالت صاف باقي بماند. يک خط ثابت، مرز مشخص و ثابتي درون مقطع عرضي و يا در يک طرف آن است و هميشه به گونه‌اي انتخاب مي‌شود که موقعيت آن برروي مقطع بازگردانده شده قابل تعيين باشد. براي مثال، آن را عمود بر سطوح لايه بندي انتخاب مي‌کنند. خطوط ثابت، يا عمود بر لايه بندي انتخاب مي‌شوند و يا در

www.SID.ir
Archive of SID

امتداد يک صفحه محوري در حالت دگرشکل شده به گونه‌اي قرار مي‌گيرند که در مقطع بازگردانده شده، احتمالا عمود بر لايه بندي باشند. خطوط متحرک، خطوطي صاف بر روي مقطع دگرشکل شده است که در اثر بازگرداندن مقطع، هرگونه پيکربندي و وضعيتي براي آن قابل تصور خواهد بود. به بيان واضح‌تر، چنان به نظر مي‌رسد که خطوط ثابت، صلب و جامد، و خطوط متحرک، انعطاف پذير و قابل تغيير شکل هستند. از آنجا که اين خطوط در طبيعت مشخص نشده‌اند، انتخاب آنها اختياري است و ممکن است بهترين انتخاب در برخي اوقات، به مدل جنبشي بستگي داشته باشد.

اعتبار يک مقطع عرضي، برمبناي کيفيت بازگرداندن آن قضاوت مي‌شود. خط متحرکي که مستقيم و موازي خط ثابت باشد، بهترين شاخص رضايت از انجام درست بازگرداندن مقطع عرضي است. گسلهاي موجود بر روي مقطع عرضي دگرشکل شده نيز، در موقعيت جديد بازگردانده شده و در مقطع عرضي بازگردانده شده نشان داده مي‌شوند.

معقول بودن شکل بازگردانده شده گسلها نيز معيار ديگري براي دريافتن ميزان کيفيت مقطع بازگردانده شده است. يک خط ثابت بي‌قاعده و نامنظم، آشکارترين مشخصه مقطع بازگردانده شده‌اي است که داراي اعتبار و درستي کافي نيست. براي بازگرداندن، لازم است معلوم شود که آيا يک چين و يا گسل، در فرايند بازگرداندن تأثيري غيرفعال دارد يا به عنوان يک ساختار فعال آن را کنترل مي‌کند. اگر بلوک فراديواره گسلهاي فعال به صورت جداگانه از بلوک فرودیواره بازگردانده نشود، ارتباط گسل- چين به شدت تحت تأثير قرار مي‌گيرد. اگر امکان تشخيص توالیها از روي لايه‌هاي مجاور رشدي وجود نداشته باشد، چنانچه اين حالت مي‌تواند براي گسلهاي موجود در يک توالي پيش از رشد وجود داشته باشد، هر دو امکان بايد مورد توجه قرار گيرد و شايد روشهاي جديدي براي بازگرداندن انتخاب شود. ساختارهاي رشدي مي توانند به ترتيب موقعيت رسوبگذاري اوليه هر واحد بازگردانده شوند.

در اينجا بازگرداندن هندسي به عنوان عملي شناخته مي‌شود که مشخصا به جابه جايي و يا جهت انتقالي که ساختار را شکل مي‌دهد، ارتباطي ندارد. تنها محدوديت موجود در انتخاب جهت بازگرداندن مقطع، اين است که جهت انتقال بايد در مجاورت مقطع عرضي تقريبا ثابت باشد. بازگرداندن مقاطع عرضي که از گسلهاي با جا به جايي مايل عبور مي‌کند، احتمالا باعث به وجود آمدن يک ناپيوستگي چينه‌اي يا ساختاري در گسل خواهد شد. اين ناپيوستگي شايد به وسيله تغيير مکان جانبي مقطع عرضي بر روي گسل برطرف شود. يک مقطع عرضي يا نقشه موازنه شده، مقطع يا نقشه‌اي است که مساحت آن در مقايسه با هندسه دگرشکل نشده ثابت بماند و داراي يک خط متحرک قابل قبول باشد. معيار اصلي که نخستين بار توسط Chamberlain (1910) مطرح شد اين بود که مقطع دگرشکل شده و مقطع بازگردانده شده، بايد داراي مساحت مساوي باشند و اگر با دقت بر روي کاغذ شطرنجي رسم شوند، کاملا با هم برابر و يکسان باشند. اين مفهوم توسط Dahlstrom (1969) که مشاهده کرد حجم بايد در طول دگرشکلي ثابت بماند، به صورت عمومي درآمد. در بسياري از ساختارها، در طول محور ساختار، دگرشکلي وجود ندارد و يا بسيار کم است و در عمل، بعد سوم را مي‌توان ناديده گرفت و ثابت بودن حجم مي‌تواند براي يک مقطع عرضي به صورت «قانون ثابت بودن سطح» به کار برده شود.

1-2 بازگرداندن به روش طولي- خطي

در بازگرداندن به اين روش لازم است طول لايه‌هاي تفسير شده اندازه‌گيري و سپس لايه‌ها بسته به اندازه طولشان به حالت افقي بازگردانده شود. در اين کار، بسته به نوع داده‌ها مي‌توان از روشهاي دستي يا رايانه‌اي استفاده کرد. اندازه‌گيري ممکن است به صورت دستي با قراردادن يك نخ در امتداد مرز يك لايه و سپس بازکردن و اندازه‌گيري طول آن و يا هر وسيله طول‌سنج که قابليت انعطاف داشته باشد، انجام شود که البته خطاي ناشي از عمل، قابل توجه خواهد بود (Groshong, 1999). امروزه با پيشرفت فناوري رايانه‌اي و با استفاده از داده‌هاي رقمي، اين کار به آساني قابل انجام است. براي مثال، پس از تفسير، مي‌توان از اطلاعات تفسير که به صورت نقاطي با مختصات مشخص و معلوم هستند، خروجي گرفت. با توجه به اينکه هر نقطه روي بازتابنده داراي مختصات مشخص و معلومي مي‌باشد، فاصله هر دونقطه با استفاده از روابط هندسه تحليلي به دست مي‌آيد:

$$Z = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

طول لايه مورد نظر = $\sum_{i=1}^{n} Z_i$

سپس همه فواصل نقاط روي يك بازتابنده با هم جمع مي‌شود و طول آن لايه به دست مي‌آيد. در اينجا بايد توجه داشت که اطلاعات نادرست بايد حذف شود. براي مثال، فاصله دو نقطه که در دو طرف يك گسل قرار دارند نبايد در محاسبه طول لايه لحاظ شود. زيرا باعث افزايش کاذب طول لايه‌ها مي‌گردد. پس از محاسبه طول لايه‌ها و به حالت اوليه بازگرداندن مقطع نمونه، لايه‌ها به حالت افقي بازگردانده مي‌شوند تا درستي تفسير انجام شده کنترل شود.

Archive of SID

www.SID.ir

2-2 بازگرداندن به روش لغزش خمشي

بازگرداندن به روش لغزش خمشي، بر اساسي مدلي است كه در آن طول لايه‌ها در طي دگرشكلي تغييري نمي‌كند (Chamberlain,1910;Dahlstrom1969;Woodward et al.,1985). در اين روش فرض مي‌شود كه دگرشكلي دروني به وسيله برش موازي لايه رخ داده است. براي ثابت ماندن سطح، ستبراي لايه‌ها بايد در طي دگرشكلي به خوبي ثابت بماند. از اين رو به آن، مدل طول و ستبراي ثابت لايه (Constant Bed Length and Bed Thickness Model) گفته مي‌شود. براي تهيه مقطع بازگردانده شده، بازگرداندن شامل اندازه‌گيري طول لايه‌ها و صاف كردن طولها (در حالي كه ستبرا ثابت بماند) مي‌باشد. اگر طول همه لايه‌ها يكسان باشد، مقطع عرضي بايد صحيح و قابل بازگشت باشد. بازگرداندن به اين روش، براي مواقعي مناسب است كه لايه‌ها چين خورده‌اند و تغييرات ستبراي ساختاري كوچك است؛ يعني براي شرايط دگرشكلي كه در بسياري از ساختارهاي فشارشي وجود دارد. طول خطوطي كه نسبت به لايه بندي مايل هستند و زاويه بين لايه بندي و گسل در اثر دگرشكلي تغيير مي‌كند و در نتيجه در حالت دگرشكل شده در مقايسه با مقطع عرضي بازگردانده شده متفاوت است. اين روش مي‌تواند به گونه‌اي تغيير يابد كه تغييرات ستبراي چينه شناختي اوليه لايه‌ها حفظ شود (Brewer & Groshong, 1993).

براي بازگرداندن يك ساختار، خطوط ثابت و متحرك انتخاب مي‌شوند و طول لايه بين آنها اندازه‌گيري مي‌شود. اندازه‌گيري ممكن است به صورت دستي و با قراردادن يك نخ در امتداد مرز يك لايه و سپس بازكردن و اندازه‌گرفتن طول آن انجام شود. همچنين يك خط كش و يا يك تكه كاغذ صاف مي‌تواند در امتداد هر قطعه قرار گيرد و ابتدا و انتهاي آن قطعه روي آن علامت زده شود و در نهايت، طول اين قطعه‌ها اندازه‌گيري شود. همچنين طول لايه‌ها اندازه‌گيري مي‌شوند و براساس آن، لايه‌ها روي مقطع بازگردانده شده رسم مي‌شوند. ستبراها در مقطع عرضي دگرشكل شده و بازگردانده شده با هم يكسان است. گسلها نيز روي مقطع بازگردانده شده و در موقعيتي كه بازگرداندن لايه‌ها آن را تعيين مي‌كند، مشخص مي‌شوند. در اين روش نيز مسئله‌اي كه در اندازه‌گيري طول لايه‌ها بايد به آن دقت كرد، توجه به طول گسلها و عدم دخالت آنها در اندازه‌گيري طول لايه‌هاست.

3-2 بازگرداندن به روش برش ساده

براساس مفهوم برش ساده صفحه‌اي، مي‌توان چنان فرض كرد كه يک مقطع عرضي از تعداد نامحدودي قطعه صفحه‌اي تشكيل شده كه مي‌توانند آزادانه روي هم بلغزند (Groshong, 1999). جهت برش با يك زاويه α نسبت به منطقه دگرشكلي مشخص مي شود كه اين زاويه در طول دگرشكلي تغييري نمي‌كند. حالت خاصي كه صفحه برش نسبت به منطقه دگرشكلي زاويه 90 درجه مي‌سازد، برش ساده قائم نام دارد. زيرا معمولا منطقه دگرشكلي افقي است. برش ساده مايل نوعي برش ساده است كه در آن زاويه بين جهت برش و منطقه دگرشكلي چيزي غير از 90 درجه است. بعضي از محققان اين زاويه را نسبت به سطح قائم در نظر مي‌گيرند. روش بازگرداندن برش ساده در بازگرداندن ساختارهاي كششي و به ويژه ساختارهاي كششي نيمه گرابن كاربرد گسترده‌اي دارند.

بازگرداندن به روش برش ساده قائم شامل يك مقدار جا به جايي قائم بسيار جزئي در قطعات صفحه‌اي قائم در هنگام بازگرداندن يك سطح مرجع به سطح اساس افقي مي‌باشد (Verrall, 1982). پايه و اساس اين روش بر مبناي فن همبستگي چاهها استوار شده است كه در آن چاهها بر اساس موقعيت آنها، در كنار هم قرار مي‌گيرند و به سادگي با لايه‌هاي شناساي مشخص شده، با هم همبستگي داده مي‌شوند. همترازي، همبستگي بين لايه‌هاي شناساي مجاور را خيلي راحت‌تر مي‌كند. بسياري از برنامه‌هاي رايانه‌اي كه براي تفسير زمين شناسي يا زمين فيزيكي طراحي شده‌اند، به نوعي اين روش را به كار مي‌برند.

بازگرداندن برش ساده مايل، به مانند برش ساده قائم است. با اين تفاوت كه خطهاي اندازه‌گيري، ديگر عمود بر خط اساس مرجع نيستند و زاويه‌اي غير از 90 درجه دارند. طولهاي مايل كه بر روي مقطع دگرشكل شده اندازه‌گيري مي‌شوند، با انتقال در جهت برش، به حالت اوليه بازگردانده مي‌شوند. در اين حال، فاصله بين هر دو خط اندازه‌گيري در جهت خط ناحيه‌اي (s) و زاويه برش (α)، از حالت دگرشكل به حالت بازگردانده شده و در هر دو روش برش ساده مايل و برش ساده قائم، ثابت مي‌ماند. بهترين زاويه برش براي بازگرداندن معمولا به روش آزمون و خطا انتخاب مي‌شود (Rowan & Kligfield, 1989).

3- انتخاب روش مناسب براي موازنه داده‌هاي لرزه‌نگاري سه بعدي دو تاقديس نفتي واقع در خاور خوزستان

اين تاقديسها تاقديسهايي تقريبا نامتقارن و متوازي هستند و جهت عمده آنها شمال‌باختري- جنوب‌خاوري است (شكل 1). براي انتخاب روش مناسب به حالت اوليه بازگرداندن مقاطع عرضي يك مقطع نمونه انتخاب گرديد. در اينجا روشهاي بازگرداندن طولي، برش قائم و لغزش خمشي مقايسه

Archive of SID
www.SID.ir

گرديده، بهترين روش براي بازگرداندن مقاطع عرضي در اين منطقه انتخاب مي‌گردد. شكل 2 يك مقطع لرزه‌نگاري كوچ داده شده عمقي (depth migrated) با مقياس طولي و قائم يكسان را نشان مي‌دهد. در اين مقطع نمونه، حضور دو گسل نرمال در ستيغ تاقديس آشكار است. اين ساختارهاي كششي معمولا در ستيغ تاقديسها و به دليل وجود تنشهاي كششي در اين ناحيه ديده مي‌شوند. پيش از به حالت اوليه بازگرداندن مقطع، لازم است بلوكهاي گسلي به حالت پيش از جا به جايي بازگردانده شوند (شكل 3). شكل 4، طول و مساحت لايه‌هاي مورد نظر را نشان مي‌دهد كه ملاك كنترل روشهاي به كاربرده شده مي‌باشد.

شكل 5 تفسير دو افق را پس از بازگرداندن به روش طولي خطي نشان مي‌دهد. همان گونه كه ديده مي‌شود، در اين روش طول لايه‌ها در هر دو حالت دگرشكل يافته و بازگردانده شده يكسان است، اما مساحت لايه، اختلاف نسبتا زيادي با مساحت اوليه نشان مي‌دهد. بنابراين، روش بازگرداندن طولي، روش مناسبي براي بازگرداندن مقاطع در اين منطقه نيست. شكل 6 تفسير دو افق را پس از بازگرداندن به روش برش قائم نشان مي‌دهد. همان گونه كه مشاهده مي‌شود، در اين روش مساحت لايه‌ها در هر دو حالت دگرشكل يافته و بازگردانده شده تقريبا يكسان است، اما طول لايه‌ها اختلاف نسبتا زيادي را با طول اوليه نشان مي‌دهد. بنابراين، روش برش قائم نيز روش مناسبي براي بازگرداندن مقاطع در اين منطقه نيست. روش ديگري كه آزمايش مي‌شود، روش لغزش خمشي است. شكل 7 تفسير دو افق را پس از بازگرداندن به اين روش نشان مي‌دهد. همان طور كه مشاهده مي‌شود در اين روش هم طول لايه‌ها و هم مساحت در هر دو حالت دگرشكل يافته و بازگردانده شده يكسان است. در جدول 1 مشاهده مي‌شود كه با توجه به اينكه روش لغزش خمشي كمترين اختلاف را از نظر طولي و سطحي نشان مي‌دهد، اين روش براي موازنه مورد استفاده قرار مي‌گيرد. از سوي ديگر، بازگرداندن به اين روش، براي مواقعي مناسب است كه لايه‌ها چين خورده‌اند و تغييرات ستبراي ساختماني كوچك است؛ يعني شرايط دگرشكلي كه در بسياري از ساختارهاي فشارشي وجود دارد. براساس آنچه از زمين ساخت زاگرس معلوم است، اين شرايط در زون ساختاري زاگرس وجود دارد و استفاده از اين روش براي منطقه مورد نظر مناسب خواهد بود. يكي از شرايط مطرح در اين روش اين است كه آيا تغييرات ستبرا ناشي از عوامل دگرشكلي در اين منطقه وجود دارد و اگر وجود دارد، تا چه ميزان است. با توجه به اطلاعات چاههاي منطقه و بويژه چاههايي كه در محل مقطع انتخاب شده براي موازنه قرار دارند و همچنين مطالعه گزارشهاي زمين‌شناسي موجود، معلوم مي‌شود كه در اين منطقه از جنوب باختر به سمت شمال خاور، تغييرات ستبرا وجود دارد. اين تغييرات ستبرا عمدتا ناشي از عوامل دگرشكلي زمين ساختي نيست و به شرايط رسوبگذاري و عوامل اوليه زمين ساختي مربوط مي‌شود. لذا زماني كه مقدار آن ناچيز باشد، مي‌توان از آن صرفنظر نمود. محاسبات نشان مي‌دهد كه ميزان تغييرات ستبرا در بيشترين حالت حدود 15% و مربوط به سازند شيلي پابده است كه ماهيت شكل پذير دارد. لذا بخشي از اين تغييرات ستبرا ناشي از عوامل دگرشكلي زمين ساختي و بخشي مربوط به شرايط رسوبگذاري است. همچنين بايد توجه داشت خطاهاي ناشي از پردازش و تفسير اين لايه‌ها نيز مي‌تواند نقش مؤثري در اين تغييرات ستبرا داشته باشد. با توجه به مجموع اين نكات، مي‌توان با خطاي ناچيزي اين تغييرات ستبرا را ناديده گرفت (جدول 2).

بحث و نتيجه‌گيري

از آنجا كه داده‌هاي لرزه‌اي هميشه داراي كيفيت مناسبي نيست و ممكن است بخشهايي از آن داراي نقص و ابهام نيز باشد، بايد به گونه‌اي تفسير نهايي را معتبر و قابل قبول كرد. آنچه مسلم است اين است كه ساختار زمين‌شناسي در شرايط خاص زمين‌شناختي مربوط به خود به وجود مي‌آيند. در نتيجه لازم است تفسير ساختماني مقاطع لرزه‌نگاري با توجه به شرايط زمين‌شناسي آن منطقه انجام پذيرد. در هر شرايط خاص زمين‌شناسي، لازم است روش بهينه موازنه نمودن مربوط به آن شرايط به كار برده شود. به همين دليل ابتدا روشهاي مختلف در يک منطقه مورد آزمايش قرار گرفته، در نهايت روش بهينه انتخاب مي‌گردد. با موازنه تفسير ساختماني مقاطع لرزه‌نگاري، سطح كيفي آنها براي تعيين محل حفاري چاهها، محاسبه حجم ذخاير هيدروكربوري و همچنين درک درست از زمين ساخت ناحيه‌اي مشخص مي‌شود. اين مسئله از نظر علمي و بويژه از نظر اقتصادي بسيار حائز اهميت و حياتي است. زيرا هزينه حفاري بسيار بالاست و اشتباه در محل حفاري، ضررهاي اقتصادي فراواني را باعث مي‌شود. علاوه بر اين، خطاي زياد در برآورد ذخيره هيدروكربور يک ساختمان بر اساس مدل ساختاري نادرست، به مراتب زيان اقتصادي بيشتري از ديدگاه صرف هزينه توليدي بعدي خواهد داشت. در نهايت، پيشنهاد مي‌شود كه در هر مرحله، با افزايش اطلاعات، اعم از اطلاعات چاهها به عنوان نقاط كنترلي و يا داده‌هاي لرزه‌نگاري، مدل زمين‌شناسي ساختاري منطقه بازبيني و در صورت لزوم اصلاح شود.

سپاسگزاري

اين مطالعه در قالب طرح پژوهشي مصوب شماره 1/1042 /652 دانشگاه تهران انجام شده است. لذا از مؤسسه

Archive of SID
www.SID.ir

ژئوفيزيك و حوزه معاونت پژوهشي دانشگاه تهران بدين لحاظ قدرداني مي‌گردد. همچنين از اداره كل ژئوفيزيك مديريت اكتشاف شركت ملي نفت ايران و بويژه آقاي مجتبي محمدو خراساني و مصطفي نائيني كه امكان استفاده از امكانات نرم افزاري و سخت افزاري آن اداره را فراهم نمودند، كمال تشكر و قدرداني به عمل مي‌آيد.

جدول 1- مقايسه اختلاف طول و سطح نسبت به طول و سطح اوليه در در روشهاي مختلف بازگرداندن.

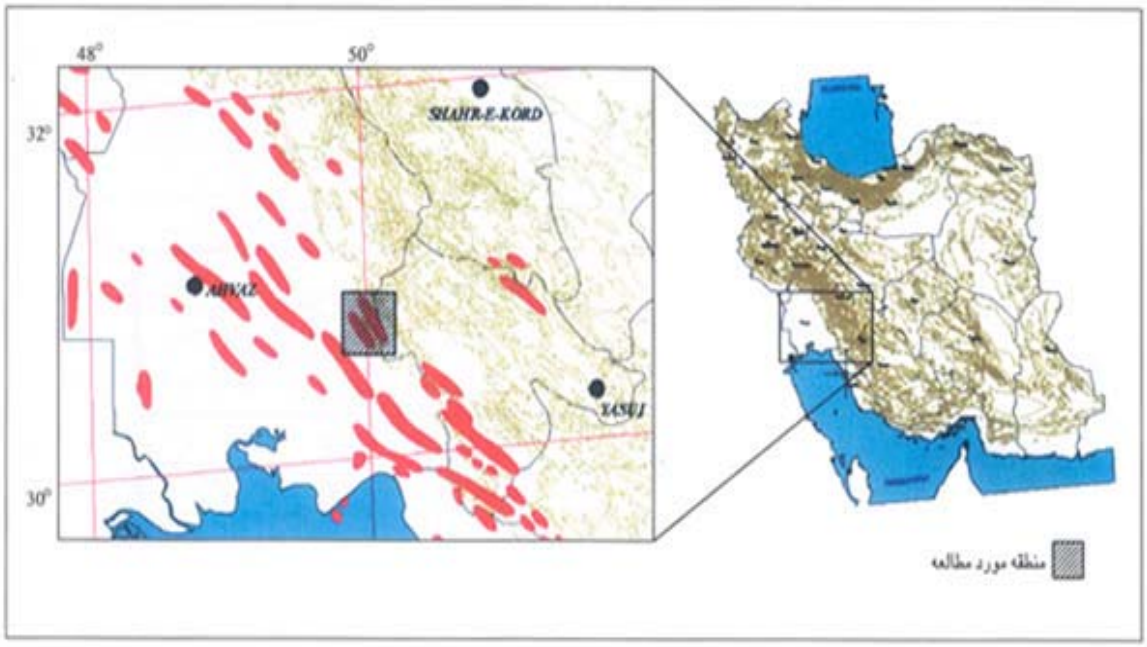
نام روش	اختلاف طول سازند بالايي (كيلومتر)	اختلاف طول سازند پاييني (كيلومتر)	اختلاف مساحت (كيلومتر مربع)	نتيجه
طولي- خطي	0.00	0.00	0.57	×
برش ساده قائم	0.99	0.32	0.01	×
لغزش خمشي	0.00	0.08	0.02	✓

جدول 2- ستبراي لايه‌ها كه در چند نقطة تصادفي در هر لايه اندازه‌گيري شده است.ميزان بيشترين تغييرات ستبرا نسبت به ستبراي اوليه، در هر لايه محـــــاسبه شده و به صورت درصد در رديف آخر جدول آمده است.

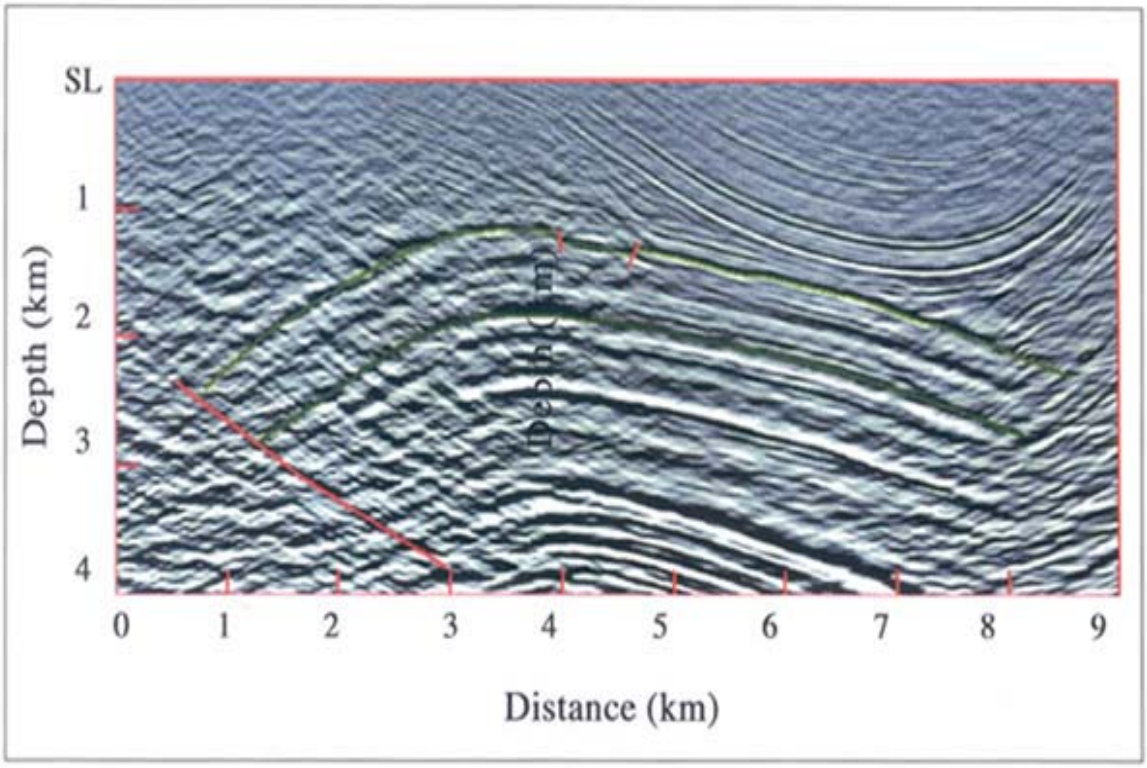
Thickness (m)			
Asmari	Pabdeh	Ilam	Sarvak
403	469.1	619.8	282.8
403	473.6	619.9	282.9
403	473.3	620.0	283.1
403	476.4	620.2	283.3
403	474.0	620.3	283.5
403	496.5	620.3	283.6
403	491.6	620.4	283.7
403	506.9	620.6	284.0
403	507.3	618.8	286.0
403	508.5	617.0	288.0
403	513.8	615.2	290.0
403	519.6	613.4	292.0
403	521.2	611.6	294.1
403	518.5	613.9	296.1
403	518.1	616.3	303.8
403	543.1	598.6	306.4
403	540.8	600.9	309.1
403	540.3	603.2	311.8
403	539.3	607.9	317.1
403	546.9	608.2	319.8
403	549.6	608.5	322.5
0 %	14.6 %	3.5 %	12.3 %

Archive of SID

www.SID.ir

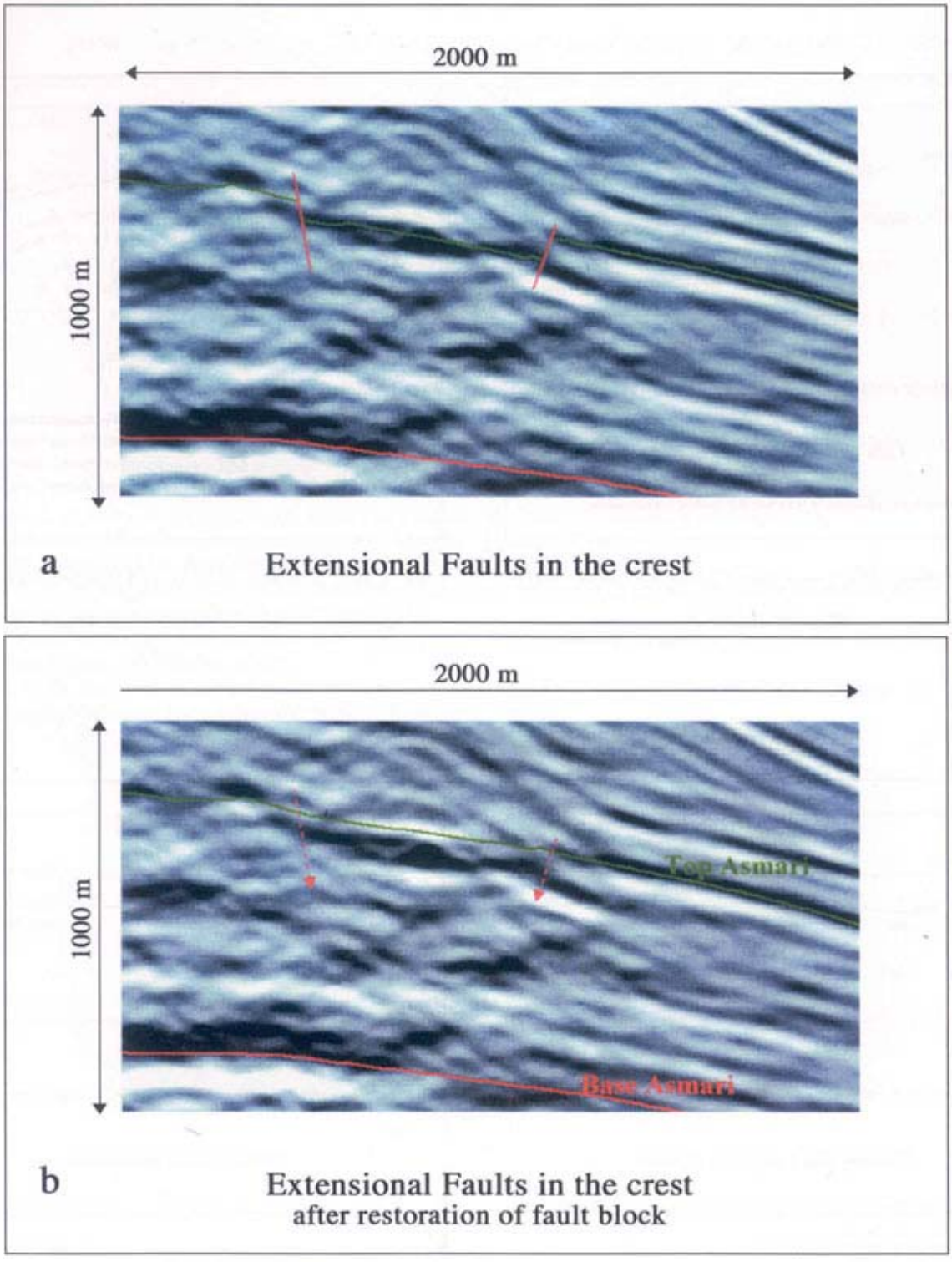


شكل 1- موقعيت جغرافيايي منطقه مورد مطالعه.



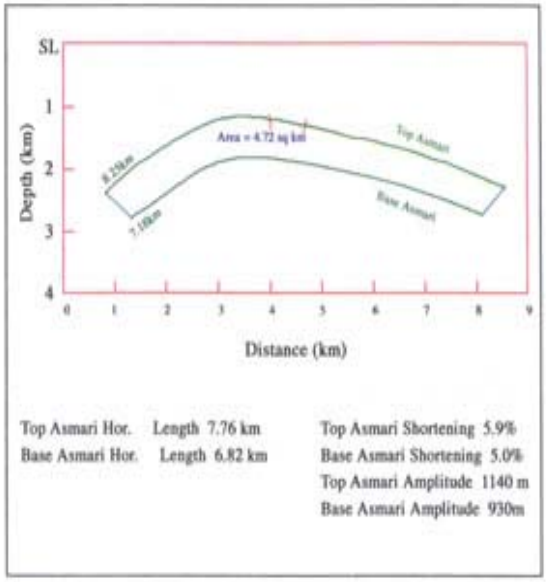
شكل 2- يك مقطع لرزه‌نگاري مهاجرت داده شده عمقي تفسير شده در منطقه كرنج و پارسي كه براي انتخاب روش مناسب براي بازگرداندن، مورد استفاده قرار گرفته است.

www.SID.ir

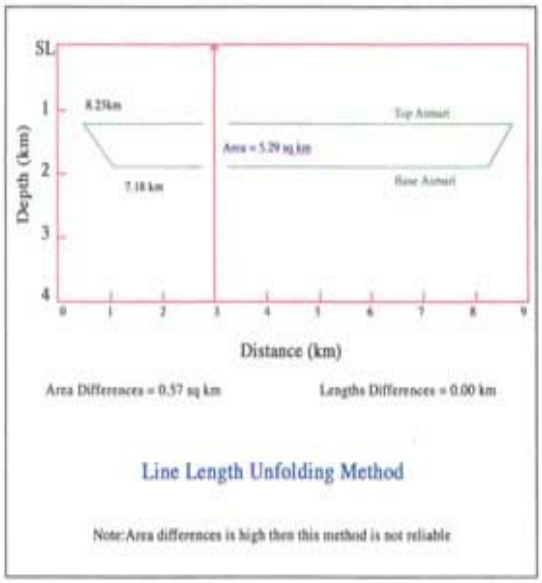


شکل 3- حضور دو گسل نرمال در ستیغ تاقدیس موجود در مقطع عرضي شکل 2 که به دلیل وجود تنشهاي کششي رخ داده است. a) قبل از بازگرداندن به حالت اولیه. b) بعد از بازگرداندن به حالت اولیه.

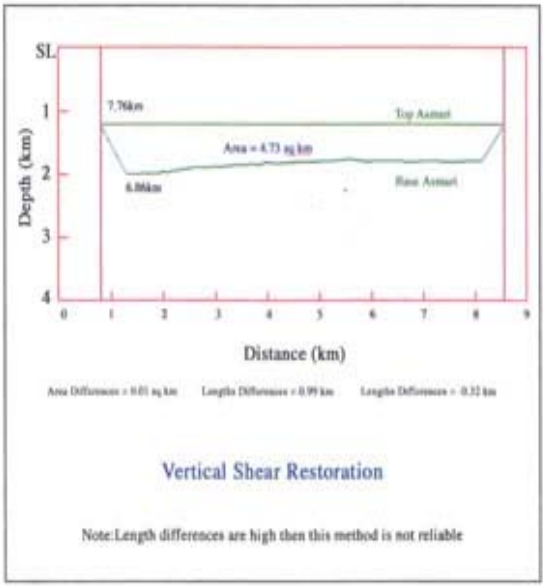
www.SID.ir



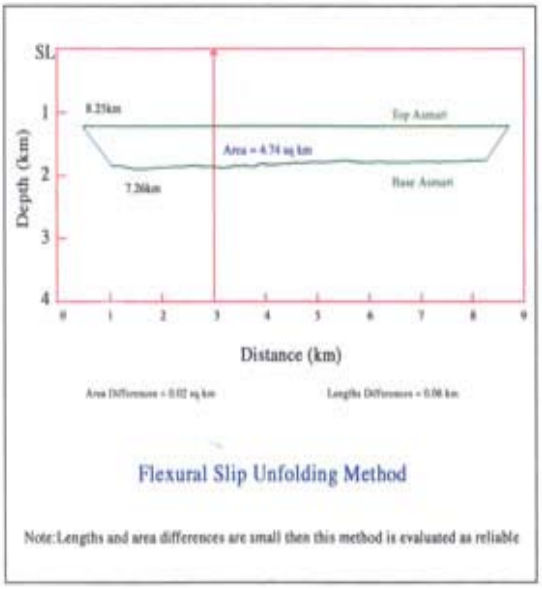
شکل 4- طول و مساحت اولیه لایه مورد نظر در مقطع عرضي شکل 2 که به عنوان ملاکي براي مقایسه و کنترل روشهاي به کاربرده شده مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل 5- مقایسه اختلاف طول و سطح نسبت به طول و سطح اولیه در روش بازگرداندن طولي- خطي.



شکل 6- مقایسه اختلاف طول و سطح نسبت به طول و سطح اولیه در روش بازگرداندن برش قائم.



شکل 7- مقایسه اختلاف طول و سطح نسبت به طول و سطح اولیه در روش بازگرداندن لغزش خمشي

www.SID.ir

كتابنگاري

ستوده نيا، م.، 1362- گزارش تكميلي ميدان نفتي كرنج (مخزن آسماري)، كتابخانه مركزي هشتم شركت ملي نفت ايران، مدرك شماره 241ND.

سعادت‌نيا، ح.، 1383- بالانس طولي و سطحي تفسير لرزه‌نگاري سه بعدي منطقه كرنج و پارسي، پايان‌نامه كارشناسي ارشد ژئوفيزيك، دانشگاه تهران.

References

Brewer, R. C. & Groshong R. H. , 1993- Restoration of cross section above intrusive salt domes: Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 77, 1769-1780.

Bucher, W. H., 1933- The deformation of the Earth's crust, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Chamberlain, R. T., 1910- The Appalachian folds of Central Pensylvanian: J. Geol.,18, 228-251.

Dahlstrom, C. D. A., 1969- Balanced cross-sections: Canadian J. Earth Sci., 6, 743-757.

Elliott, D., 1983- The construction of balanced cross-sections: J. Struct. Geol., 5, 101.

Gougel, J., 1962- Tectonics, W. H. Freeman, San Francisco

Groshong, R., 1990- Unique determination of normal fault shape from hanging-wall bed geometry in detached half grabens: Eclogae Geologicae Helvetiae, 83, 455-471.

Groshong, R. H, 1999- 3-D structural geology: A practical guide to surface and subsurface map interpretation, Chapter 8, Springer-Verlag, Heidelberg, 324 p.

Marshak, S. & Woodward, N., 1988- Introduction to cross section balancing. In: Basic methods of structural geology, eds. Marshak, S. & Mitra, G., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 303-332.

Mc Clay, K. R., ed., 1992- Thrust tectonics, Chapman and Hall, London, 447 pp.

Mitra, S. & Namson, J., 1989- Equal-area balancing: Am. J. Sci., 289,563-599.

Rowan, M. G. & R. Kligfield, 1989- Cross section restoration and balancing as an aid to seismic interpretation in extensional terrains: Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.,73, 955-966.

Verral, P., 1982- Structural interpretation with applications to North Sea problems. Course Notes, Joint Association of Petroleum Exploration Courses (JAPEC), London.

Woodward, N. B., Boyer, S. E. & Suppe, J., 1985- An outline of balanced cross-sections: Studies in Geology 11, Department of Geological Sciences, University of Tennessee, Knoxville, 170 pp.

*مديريت اكتشاف، شركت ملي نفت ايران، تهران، ايران

**مؤسسة ژئوفيزيك، دانشگاه تهران، تهران، ايران

* Exploration Directorate, National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

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

Archive of SID

www.SID.ir