

تحلیل ساختاری تاقدیس دهنو، شاهدهی از اثر گسلهای عرضی - برشی

زیر سطحی بر هندسه چینهای زاگرس چین خورده - رانده

نوشته: دکتر علی یساقی* و جواد باقری*

Structural Analysis of Dehnow Anticline, an Evidence for the Effects of Subsurface-Transverse Faults on Fold Geometry of Zogros Fold-Thrust Belt

By: Dr. A. Yassaghi* & J. Bagheri*

چکیده

تاقدیس دهنو با روند شمال باختری - جنوب خاوری در جنوب خاوری زاگرس چین خورده - رانده (فارس ساحلی)، بین خطواره‌های رازک و هندورابی و در فرادواره گسل راندگی پیشانی کوهستانی زاگرس (Main Front Fault, MFF) قرار گرفته است. این تاقدیس دارای ویژگیهای بارزی چون دو گسل راندگی در پهلوهای شمالی و جنوبی آن، شکل جعبه‌ای در عمق و وجود دو تاقدیس کوچک‌تر به صورت نردبانی راست‌بر در هسته است. در این مقاله بر اساس داده‌های میدانی، تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و برشهای لرزه‌نگاری بازتابی ساختار تاقدیس دهنو و اثر خطواره‌های عرضی - برشی زیر سطحی بر هندسه آن تحلیل شده است. سبک تاقدیس دهنو بر مبنای دلایلی چون وجود نمک هرمز به عنوان لایه جدایشی (Detachment Layer) در منطقه، شکل جعبه‌ای آن در برشهای لرزه‌ای و همچنین تطابق پارامترهای هندسی محاسبه شده از برشهای ساختاری آن با نمودارهای هندسی چینهای جدایشی، چین جدایشی

(Fault Detachment Fold) تحلیل شده است. همچنین ارتباط ساختاری تاقدیس با گسلهای عرضی - برشی زیر سطحی چون خطواره رازک، گسل هندورابی و راندگی پیشانی کوهستان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحلیل اشاره دارد که چینهای با آرایش نردبانی (En-Echelon) در هسته تاقدیس دهنو، شکستگیهای همراه و همچنین چرخش اصلی محور تاقدیس (درجهت پاد ساعتگرد) در اثر عبور یک پهنه عرضی - برشی زیر سطحی راست‌بر با روند

NW-SE در منطقه، به وجود آمده‌اند که در اینجا به عنوان ادامه جنوبی پهنه عرضی - برشی سبز پوشان تحلیل گردیده است. اثر روند خطواره پی‌سنگی هندورابی، که منطبق بر پهنه گسلی چپ‌بر با روند NE-SW در بخش خاوری تاقدیس دهنو است، باعث چرخش دوباره اثر محوری این تاقدیس در جهت ساعتگرد شده است. ساختارهای مشخصی را که بتوان به گسل رازک نسبت داد، در منطقه تاقدیس دهنو برداشت نگردیده است.

کلید واژه‌ها: چین جدایشی، زاگرس چین خورده - رانده، گسلهای عرضی زیر سطحی، پهنه گسل سبز پوشان، تاقدیس دهنو

Abstract

NW-SE trending Dehnow anticline located between Hendurabi and Razak lineaments and in hangingwall of Mountain Front Fault (MFF), has prominent characteristics such as existence of thrust faults on either limb, box shape at depth and occurrence of two minor anticlines in en-echelon array. In this paper, structural geometry of the anticline and the effect of subsurface-transverse lineaments on its geometry are presented using field data, satellite images and available seismic-reflection sections. Fold style of the anticline is affected by Salt Hormuz series, as a regional detachment layer. The fault detachment fold style of the anticline has been analyzed using seismic sections and structural data. The effects of regional deep-seated transverse structures such as Hendurabi and Razak Lineaments on structural geometry of the anticline were also investigated. Accordingly, a NW-SE trending subsurface transverse-shear zone was inferred in region. This shear zone caused development of en-echelon array set of fractures and folds in the interior of the anticline and counterclockwise rotation of its axis. It is suggested that this transverse-shear zone is the southern continuation of Sabzpushan transverse fault zone. NE-SW trending Hendurabi lineament which was conformed to have a sinistral fault zone causes clockwise rotation of the anticline axis. No structural evidences on the effect of the Razak lineament have been recognized in Dehnow anticline.

Key words: Detachment Fold, Zagros Fold-Thrust Belt, Subsurface-Transverse faults, Sabzpushan fault Zone, Dehnow Anticline

۱- مقدمه

در این مقاله با مطالعه ساختاری تاقدیس دهنو بر مبنای داده‌های میدانی، تصاویر ماهواره‌ای و برشهای لرزه‌نگاری بازتابی، اثر خطواره‌ها و گسلهای عرضی - برشی زیر سطحی بر هندسه پوششی آن، توسعه تاقدیسهای اشکنان و لوارستان و شکستگیهای سطحی بر روی آنها تحلیل شده است. چنین تحلیلی بر تاقدیس دهنو که مبتنی بر شواهد سطحی و زیر سطحی است، نه تنها شواهدی را بر تأیید الگوهای ساختاری مطرح، که گاه مبتنی بر روشهای آزمایشگاهی است ارائه می‌کند بلکه می‌تواند به عنوان شهادی برای تحلیل ساختاری سایر چینهای مشابه در زاگرس چین خورده - رانده به کار رود.

۲- هندسه ساختاری تاقدیس دهنو

تاقدیس دهنو که بخشی از کوههای لوارستان بوده و در حدود ۶۰ کیلومتری باختر شهرستان لامرد در استان فارس واقع است، یکی از ساختارهای مهم با روندی WNW-ESE در میدانهای گازی فارس ساحلی به‌شمار می‌آید (شکل ۱). این تاقدیس میان دو خطواره رازک در باختر و گسل مغناطیسی هندورابی در خاور و در جنوب بر روی فرادیواره گسل راندگی پیشانی کوهستانی زاگرس (MFF) قرار گرفته است (شکل ۱). بر مبنای بررسی برشهای لرزه‌نگاری بازتابی و بازدیدهای میدانی دو گسل راندگی دیگر نیز در پهلوهای شمالی و جنوبی تاقدیس دهنو شناسایی شده‌اند (گسلهای TF₁ و TF₂ در شکل‌های ۲ و ۳). همچنین مجموعه‌ای از گسلهای عرضی - برشی، که تاقدیس دهنو را در ناحیه لولایی به‌صورت مایل قطع کرده‌اند، نیز برداشت شده‌اند (شکل ۲).

در هسته تاقدیس دهنو دو تاقدیس کوچک‌تر به نامهای لوارستان (جنوبی) و اشکنان (شمالی) به‌صورت نردبانی راست‌بر (Right Lateral En - Echelon) قرار دارند. شکل تاقدیس لوارستان به صورت ساختار پشت‌نهنگی (Whaleback) است، در حالی که شکل تاقدیس اشکنان به صورت یک تاقدیس باریک است (شکل ۳-ج).

به‌منظور بررسی دقیق‌تر هندسه ساختاری تاقدیس دهنو، سه پیمایش ساختاری AB، CD و EF عمود بر تاقدیس تحلیل شده که مسیر برشهای AB و EF به ترتیب منطبق با برشهای لرزه‌نگاری بازتابی LA10 و LA8 (تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران، 1976) است (شکل ۲). پارامترهای هندسی و همچنین موقعیت قطب لایه بندیهای برداشت شده در این سه پیمایش بر اساس برداشت‌های صحرائی در جدول ۱ و شکل ۲ (استریوگرامها) نشان داده شده است. با تطابق این پارامترها با برشهای لرزه‌نگاری بازتابی، سه برش عرضی ساختاری رسم شده است (شکل ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تاقدیس دهنو در این برشها هندسه‌ای شبیه به چینهای جدایشی جعبه‌ای گسل خورده در

بیشتر چینهای مرتبط با گسلهای راندگی در بخش چین‌خورده - رانده زاگرس چندین لولای نوارهای شکنجی (Kink-Band Style) از خود نشان می‌دهند که هندسه‌شان نزدیک به چینهای متمرکز (Concentric Folds) می‌باشد (McClay, 2000). از مهم‌ترین این چینها در بخش چین‌خورده - رانده کوهزاد جوان زاگرس، در بخش فارس ساحلی، می‌توان چینهای مرتبط با پهنه جدایش (Fault Detachment Fold, FDF) را نام برد (Sepehr, 2000).

چینهای مرتبط با پهنه‌های دگر شکلی اصلی مدفون (Principal Deformation Zone, PDZ) معرف به چینهای نردبانی (En Echelon Folds) (Harding, 1990) نیز از دیگر ساختارهای زاگرس چین‌خورده - رانده هستند که تا کنون نحوه تشکیل آنها بر مبنای روشهای آزمایشگاهی به دو صورت تحلیل شده است: (۱) چینهای با آرایه‌ای نردبانی که از حرکت برشی با مؤلفه‌ای از کوتاه شدگی از پهنه دگر شکلی زیر سطحی به وجود می‌آیند (Wilcox et al., 1973; Darrell et al., 1999).

(۲) چینهای نردبانی که در اثر اختلاف اصطکاک قاعده‌ای در زیر پوشش رسوبی در دو سوی یک مرز به موازات محور کوتاه شدگی به وجود می‌آیند (Cotton and Koyi, 2000 و Bahroudi & Koyi, 2003).

در ناحیه فارس زاگرس پهنه‌های گسل عرضی - برشی با سازوکار غالب راست‌الغز و با روندهای متغیر از شمال باختری - جنوب خاوری تا جهت‌بایی خاوری - باختری (شکل ۱) وجود دارند (Berberian, 1995)؛ بعضی از این گسلها با خطواره‌های هوا مغناطیسی مطابقت دارند (Bahroudi & Talbot, 2003; Barzegar, 1994; Hessami, 2001) در حالی که پی‌سنگی بودن برخی از آنها نیز مورد تردید است (Bahroudi & Talbot, 2003). زمین‌ساخت نمک هرمز و چرخش محور تاقدیسها در این منطقه نیز به این گسلها نسبت داده شده است (Furst, 1990; Davis & Engelder, 1985) و مهشاد نیا، (۱۳۸۱). با

توجه به تمامی این مطالب برداشت‌های دقیق‌تر ساختاری جهت تحلیل اثر آنها بر چینهای منطقه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در ناحیه فارس زاگرس شواهد بسیاری از وجود چینهای متمرکز با آرایه نردبانی دیده می‌شوند که یکی از آنها تاقدیس دهنو است. تاقدیس دهنو در منطقه‌ای از فارس ساحلی قرار دارد که دو خطواره رازک (Barzegar, 1994) و هندورابی (Morris, 1977) از آن می‌گذرند. این تاقدیس که هندسه‌ای مشابه چینهای متمرکز دارد از تاقدیسهای کوچک‌تر لوارستان و اشکنان نیز تشکیل شده است (شکل ۲).

شکل جعبه‌ای تاقدیس دهنو با وسعت ناحیه لولایی در برشهای سه‌گانه بر این تاقدیس (شکل ۳) بیانگر سبک چین جدایشی (FDF) برای هندسه ساختاری چین دارد. سه مدل اصلی هندسی و جنبشی برای چینهای جدایشی ارائه شده است (Poblet & McClay, 1996). بر اساس مدل اول که توسط Mitchell & Woodward (1988) ارائه شده، چین جدایشی با افزایش طول پهلوها و ثابت ماندن شیب آنها شکل می‌گیرد. در مدل دوم که توسط De Sitter (1956) عنوان شده، چین جدایشی با افزایش شیب پهلوها و ثابت ماندن طول آنها به وجود می‌آید. در مدل سوم که توسط Dahlestrom (1990) ارائه گردیده، رشد چین جدایشی بر مبنای قانون ثابت بودن سطح (Law of Conservation of Volume) لایه‌های گرانرو و مقاوم و با افزایش تدریجی طول و شیب پهلوهای چین شکل می‌گیرد. (Poblet & McClay, 1996) معتقدند که تحول جنبشی چینهای جدایشی در غالب کمرندهای چین خورده - رانده عمدتاً منطبق بر مدل سوم است. چرا که مدلهای اول و دوم به دلیل تغییر در مساحت منطقه شکل‌پذیر (Excess Area) چین از نظر تحول جنبشی امکان‌پذیر نبوده و لذا قابل قبول نیست. چرا که در فرایند تکامل چین جدایشی لایه شکل‌پذیر از پایین‌ترین بخش (Trough) ناودیس به سمت بالاترین بخش (Crest) تاقدیس مهاجرت می‌کند تا چین متمرکز به وجود آید. بر مبنای مدل Dahlestrom (1990) با افزایش جا به جایی گسل راندگی کوتاه‌شدگی در لایه شکل‌پذیر رخ داده و موجب مهاجرت آن به بالاترین بخش تاقدیس در ناحیه لولایی آن می‌گردد. یک چنین مهاجرتی موجب برخاستگی ناحیه لولایی تاقدیس می‌شود. برخاستگی با میزان کوتاه‌شدگی رابطه مستقیمی دارد و در این صورت قانون ثابت بودن سطح رعایت می‌شود. برای برقراری این قانون در خلال تکامل جنبشی چین می‌باید با افزایش طول پهلوها شیب آنها نیز افزایش یابد (یعنی مدل سوم، (Dahlestrom, 1990). افزایش طول پهلوها با اضافه شدن لایه از بخش تغییر شکل نیافته به بخش تغییر شکل یافته در چین تأمین می‌شود و افزایش شیب پهلوها نیز با چرخش پهلوها در خلال این فرایند صورت می‌گیرد. چنین چرخشی در پهلوها موجب توسعه یک سری از ساختارهایی در پهلوهای چین چون زبانه‌های راندگی توسعه یافته در پهلوهای تاقدیس دهنو می‌گردد (شکل ۳).

(Poblet & McClay, 1996) برای تحلیل هندسی چینهای جدایشی به وجود آمده بر اساس تکامل جنبشی مدل (Dahlestrom, 1990) نمودارهایی را معرفی کرده و معتقدند چنانچه میزان شیب پهلوهای چین و نسبت سینوس آنها اندازه‌گیری شود، می‌تواند برای محاسبه میزان کوتاه‌شدگی لایه مقاوم بالای لایه جدایشی شکل‌پذیر که چین در آن توسعه یافته است، استفاده گردد. چنانچه این میزان با مقادیر کوتاه‌شدگی

Mississippi Fan Fold Belt دارد (Mitra, 2003). لایه جدایشی عامل توسعه تاقدیس بر مبنای شکل ۳ نمک هرمز است. شواهد میدانی از توسعه چینهای جدایشی در دیگر بخشهای زاگرس در ناحیه ایذه (Sherkati et al., 2005) و در شمال بندرعباس (Molinaro et al., 2005) نیز وجود دارد. چینهای جدایشی شمال بندرعباس از این نظر که نمک هرمز لایه جدایشی آنهاست شباهت بیشتری با تاقدیس دهنو دارند. در حالی که در منطقه ایذه لایه جدایشی میانی جوان‌تر (سازند دشتک تریاس) عامل تکامل چینهای جدایشی این منطقه است. از سوی دیگر آزمایشهای تجربی صورت گرفته توسط (Cotton & Koyi, 2000) نیز مؤید توسعه چینهای جدایشی بر روی واحد گرانرو، چون نمک هرمز، در کمرندهای چین خورده-رانده چون زاگرس دارد. هندسه تاقدیس دهنو با چینهای جدایشی به دست آمده در آزمایشهای تجربی از تکامل چینهای زاگرس (Bahroudi & Koyi, 2003) نیز شباهت دارد.

۲-۱- تحلیل هندسی تاقدیس دهنو بر روی دیاگرامهای چینهای مرتبط با گسلش راندگی

موقعیت تاقدیس دهنو در بخش پیشانی زاگرس چین خورده-رانده و در مجاورت گسل راندگی پیشانی زاگرس (MFF) (شکل ۱) نشان از ارتباط هندسی و جنبشی آن با راندگیهای زاگرس دارد. چینهای مرتبط با گسلهای راندگی به سه دسته: ۱- چین خمش گسلی (Fault Bend Fold, FBF) که در اثر حرکت لایه بر روی بخش خمیده گسل (Ramp) به وجود می‌آیند (Suppe, 1985 و Jamison, 1987). ۲- چین انتشار گسلی (FPF= Fault Propagation Fold) که در اثر انتقال پیشرونده جا به جایی به نوک گسل راندگی به وجود می‌آیند (Suppe & Medeweff, 1990). ۳- چین جدایشی (Fault Detachment Fold, FDF) که در پایانه گسل راندگی، ایجاد شده در قاعده جدایشی (Basal Detachment) واحد شکل‌پذیر، جایی که جا به جایی به لایه‌های بالایی منتقل می‌شود توسعه می‌یابند (Dahlestrom, 1990). هسته این چینها را لایه شکل‌پذیر تشکیل می‌دهد. بنابراین این چینها در مناطقی که اختلاف مقاومت بین واحد شکل‌پذیر قاعده‌ای و واحد مقاوم پو شاننده وجود دارد توسعه می‌یابند. چینهای جدایشی در تمامی مناطق چین خورده-رانده و در رشته کوههای جوان چون ژورا، آپالاش و زاگرس (Mitra, 2003) دیده می‌شوند. این چینها غالباً نسبت به دیگر چینهای مرتبط با گسلهای راندگی متقارن‌تر هستند و ناحیه لولایی (Hinge Zone) وسیع‌تری دارند و برخلاف آنها شیب پهلوها در خلال تکامل چین افزایش می‌یابد (Poblet & McClay, 1996).

عمق لایه جدایشی تاق‌دیس دهنو را محاسبه کرد. اعمال این قانون زمانی میسر است که مدل تکامل جنبشی چین‌جایی از مدل Dahlestrom (1990) پیروی کند. چرا که در آن صورت مساحت لایه‌شکل‌پذیر در هسته تاق‌دیس با مساحت لایه شکل‌پذیر جا به جا شده یکسان است. (Groshong & Epard (1994) براین باورند که زمانی این دو مساحت یکسان است که میزان کوتاه شدگی به موازات لایه‌بندی (Layer Parallel Shortening) نیز اعمال شود. از آنجا که این میزان در مناطق چین‌خورده - رانده کمتر از ۵٪ است (Groshong & Epard, 1994) لذا در اینجا فرض می‌شود که طول لایه‌ها در طی تکامل چین ثابت می‌ماند (Constant Bed Length). مسئله دیگری که در برآورد عمق لایه جدایشی بر مبنای قانون Chamberlin (1910) به آن انتقاد می‌شود

تغییرات عمق لایه جدایشی با تغییر در طول پهلوی پیشانی، زاویه بین پهلوها و وسعت ناحیه لولایی است (Wiltschko & Chapple, 1977). Bulnes & Poblet (1999) اعتقاد دارند چنانچه در محاسبه عمق لایه جدایشی بر مبنای قانون Chamberlin (1910) ابتدا و انتهای چین (Loose Line و Pin Line) در خارج از چین و در بخش تغییر شکل نیافته باشد تغییرات عمق لایه جدایشی کمتر است. ایشان همچنین روشی را بر محاسبه عمق لایه جدایشی مطرح کرده‌اند که مبتنی بر ضخامت واحدهای مقاوم پوشاننده لایه جدایشی است (شکل ۵).

در محاسبه عمق لایه جدایشی تاق‌دیس دهنو بر مبنای قانون Chamberlin (1910) و از روش نموداری (Bahroudi & Koyi, 2003) (شکل ۵) استفاده شده است. در این راستا و از روی برش EF تاق‌دیس دهنو (شکل ۳-و) ستبرای واحدهای پالئوزویک زیرین (Lp g) با ستبرای ۲۲۰۰ متر، مطبوعی (۱۳۷۲)، در شکل ۳-و) و گروه دهرم (D g) با ستبرای ۱۱۰۰ متر، مطبوعی (۱۳۷۲)، در شکل ۳-و) در نمودار شکل ۵ آورده شده تا عمق لایه جدایشی که بر اساس نمودار تقریباً ۲۷۰۰ متر است، محاسبه گردد.

۲-۲-۲- آثار گسلش بر تاق‌دیس دهنو

برداشت‌های صحرائی از آثار گسلش بر تاق‌دیس دهنو بیانگر توسعه گسل خوردگی با روندهای متفاوت شمالی - جنوبی، خاوری - باختری، شمال باختری - جنوب خاوری و شمال خاوری - جنوب باختری دارد (شکل ۶). بر مبنای اندازه‌گیری موقعیت خط لغزش بر روی سطوح گسلها چهار سازوکار متفاوت نیز تحلیل شده که جزئیات آنها در زیر آمده است.

۲-۲-۱- گسلش امتداد لغز راست بر: مجموعه‌ای از گسلها با جهت یابی تقریبی N130 تا N135 در محل هسته تاق‌دیس دهنو قابل پیگیری می‌باشند. تحلیل سازوکار این گسلها بر مبنای موقعیت خوش لغز

به‌دست آمده از اندازه‌گیری برشی از چین موردنظر (در اینجا تاق‌دیس دهنو) مطابقت داشته باشد، بیانگر آن است که هندسه و تحول جنبشی چین مورد نظر منطبق بر مدل است. برای این منظور، باید برشی از چین عمود بر محور آن رسم و برای سهولت محاسبه، هندسه چین به صورت یکی از هندسه‌های جناغی، شکنجی و یا جعبه‌ای فرض شود و اندازه‌گیری زاویه بین پهلوها بدون در نظر گرفتن تمایل سطح جدایشی صورت گیرد.

پارامترهای مورد نیاز برای برآورد میزان کوتاه‌شدگی تاق‌دیس دهنو از نمودارهای ارائه شده توسط Poblet & McClay (1996) (شکل ۴) در جدول ۲ ارائه شده است که عبارتند از طول و شیب پهلوهای پیشانی و پشتی، نسبت RI که همانا نسبت سینوس شیب پهلوهای پیشانی به خلفی است به دست می‌آید. با توجه به این پارامترها موقعیت تاق‌دیس دهنو در نمودارهای شکل ۴ نمایش داده شده تا میزان کوتاه شدگی تاق‌دیس برآورد گردد. این میزان کوتاه‌شدگی که تقریباً در هر دو نمودار شکل ۴ یکسان است، باید بر مبنای طول پهلوی پیشانی تاق‌دیس نرمالیزه گردد تا میزان کوتاه شدگی واقعی به دست آید که برابر ۴۷۱۰ متر برآورد گردیده است (جدول ۲). این میزان کوتاه شدگی باید با میزان کوتاه‌شدگی محاسبه شده بر برشی از تاق‌دیس مقایسه شود. بدین منظور، برش EF بر تاق‌دیس دهنو (شکل ۳-ه) انتخاب شده و هندسه جعبه‌ای تاق‌دیس برای محاسبه کوتاه شدگی آن رسم شده است (شکل ۳-و). این برش، به دلیل وجود برش لرزه‌نگاری بازتابی در مسیر آن و این که هندسه جعبه‌ای بهتری دارد، انتخاب شده است. میزان کوتاه شدگی محاسبه شده برای تاق‌دیس دهنو از روی برش EF (شکل ۳-و) برابر ۴۷۳۰ متر (جدول ۲) است که با میزان برآورد شده از روی نمودارهای Poblet & McClay (1996) (یعنی ۴۷۱۰ متر، جدول ۲) تطابق دارد. این تطابق بیانگر آن است که هندسه تاق‌دیس دهنو مشابه هندسه چینه‌های جدایشی ارائه شده توسط Dahlestrom (1990) است و لذا هندسه چین جدایشی و تکامل جنبشی آن تحلیل شده برای تاق‌دیس دهنو بر مبنای Poblet & McClay (1996) معتبر است.

در بررسی تکامل جنبشی چین جدایشی برآورد عمق لایه جدایشی اهمیت بسیار زیادی دارد. چرا که رابطه مستقیمی بین طول پهلوها، وسعت ناحیه لولایی و کوتاه‌شدگی چین با عمق لایه جدایشی وجود دارد. آن دسته از چینه‌های جدایشی می‌توانند دارای مدل تحول جنبشی معتبری باشند که میزان مساحت لایه‌شکل‌پذیر در هسته تاق‌دیس (Excess Area) با مساحت لایه شکل‌پذیر جا به جا شده (Displaced area) یکسان باشد، یعنی مدل Dahlestrom (1990). مساحت لایه شکل‌پذیر جا به جا شده متناسب با حاصل ضرب عمق لایه جدایشی در میزان کوتاه شدگی است. لذا با داشتن میزان کوتاه شدگی (جدول ۲) و مساحت لایه شکل‌پذیر در هسته تاق‌دیس دهنو (شکل ۳-و) می‌توان بر مبنای قانون Chamberlin (1910)

۲-۲-۵- گسلهای راندگی: آثار دو گسل راندگی TF_1 و TF_2 در پهلوهای تاقدیس دهنو از برشهای لرزه‌نگاری بازتابی تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران شناسایی شده‌اند. گسل TF_1 با روند شمال باختری - جنوب خاوری (N105) و شیب به سمت شمال تا شمال خاوری در بخش جنوبی تاقدیس دهنو قرار گرفته و تقریباً تمام طول گستره جنوبی تاقدیس را در برمی‌گیرد. این گسل پنهان بوده و هیچ گونه شواهد جا به جایی و یا افزایش گسلی در سطح ندارد ولی برشهای لرزه‌ای به شماره‌های LA8 و LA10 (شکل‌های ۲ و ۳) آن را به خوبی آشکار می‌کنند. همچنین خمشهای لایه‌ها در دو قسمت از پهلو پيشانی تاقدیس دهنو را می‌توان به عملکرد انشعاباتی (Splay) از گسل نسبت داد (برشهای AB و EF در شکل ۳). گسل راندگی TF_2 در بخش شمالی تاقدیس دهنو قرار دارد. آثار جا به جایی این گسل در خطوط لرزه‌ای LA8 و LA10 (شکل ۳) بیانگر شیب به سمت جنوب بر این گسل است آثار اندکی از این گسل در یادگانه‌های نهشته شده بر روی سازند میشان قابل مشاهده است و در سطح زمین در جنوب بخش اشکنان در داخل دره لکشور سبب به هم ریختگی لایه‌ها شده است.

۳- بحث و نتیجه گیری

به نظر می‌رسد گسلهای راندگی موجود در پهلوهای تاقدیس دهنو که در برشهای لرزه‌نگاری (شکل ۳) نیز کاملاً مشخص است، تا نمک هرمز ادامه دارند ولی دلایل کافی بر پی‌سنگی بودن آنها از روی این داده‌ها در دسترس نیست. موقعیت راندگی TF_1 در پهلو جنوبی تاقدیس که به نظر یکی از راندگیهای اصلی در پیشانی بخش چین خوردده - رانده زاگرس است، شبیه به سمت شمال دارد که با شیب گسل راندگی MFF مطابقت دارد (شکل ۲). گرچه براساس نتایج آزمایشهای تجربی (Cotton & Koyi, 2000) و همچنین مدل تحول جنبشی چینهای جدایشی (Dahlestrom, 1990) یک چنین ساختارهایی از مشخصه چینهای جدایشی با چرخش در پهلوهای چین در خلال تکامل آن است (Poblet & McClay, 1996). با توجه به نتایج ارائه شده از تحلیل هندسی تاقدیس دهنو بر روی نمودارهای ارائه شده توسط (Poblet & McClay, 1996) (شکل ۴) تاقدیس دهنو یک تاقدیس از نوع چینهای مرتبط با پهنه جدایشی (PDF) است.

یکی از شرایط اساسی برای تشکیل چینهای جدایشی وجود یک لایه شکل‌پذیر به عنوان لایه جدایشی می‌باشد. نمک هرمز به عنوان لایه جدایشی می‌تواند عاملی بر تشکیل تاقدیس باشد. چرا که بر مبنای تقسیم‌بندی ساختاری - مکانیکی واحدهای سنگی زاگرس توسط (O'brien (1950-1957) (در مطیعی، ۱۳۷۲) نمک هرمز به عنوان گروه متحرک زیرین و نهشته‌های کامبرین تا میوسن به عنوان واحد مقاوم

(شکل ۷- الف و ۸- الف) بیانگر سازوکار غالب راستالغز راست بر است. از جمله این گسلها می‌توان به گسل راست بر DF_1 در باختر امام زاده میراحمد و بر روی تاقدیس اشکنان، گسلهای DF_2 و DF_3 در خاور امام زاده میراحمد و گسل DF_4 در جنوب خاوری دشت لاور حرج اشاره کرد که همگی سازوکاری مشابه دارند (شکل ۲).

۲-۲-۲- گسلهای نرمال راست‌بر: تعداد قابل توجهی از گسلهای با روند عمومی N160 در گستره تاقدیس دهنو مشاهده گردیده‌اند. بر مبنای زاویه افتادگی (Rake Angle) خش لغز (۴۵ تا ۶۰ درجه)، سازوکار این گسلها نرمال راست‌بر تحلیل گردیده‌اند (شکل ۷- ب و ۸- ب) از جمله این گسلها می‌توان به گسل نرمال راست‌بر DNF_1 در باختر امام زاده احمد (شکل ۲) با موقعیت صفحه گسل N 160, 67 SW و خش لغز روی آن با موقعیت N 313, 47 NW اشاره کرد (شکل ۷- ب و ۸- ب). گسلهای DNF_2 ، DNF_3 و DNF_4 از جمله دیگر گسلهای نرمال راست‌بر در تاقدیس دهنو هستند (شکل ۲). این گسلها همانطور که در شکل ۲ نیز مشخص است در ناحیه لولایی (Hinge Zone) تاقدیس دهنو متمرکز هستند.

۲-۲-۳- گسلش امتداد لغز چپ‌بر: این گسلها با روندهای متغیر از N015 تا N045 بوده و بیشترین تجمع را در شمال تاقدیس دهنو و در خاور تاقدیس لوارستان دارند، از مهم‌ترین آنها می‌توان گسل SF_1 در جنوب روستای اشکنان و در گنکلو برای بختیاری را نام برد (شکل ۲). هندسه این گسلها در این گنکلوها N040, 90 SE است (شکل ۷- ج). گسلهای SF_2 و SF_3 (شکل ۲) نیز در شمال تاقدیس اشکنان مشاهده می‌شود که تقریباً عملکردی مشابه با گسل SF_1 دارند. مجموعه‌ای دیگر از این گسلها با سازوکار یکسان به نام پهنه دگرشکلی SF_4 در پایانه جنوب خاوری تاقدیس دهنو (خاور تاقدیس لوارستان) با خطواره هندورابی مطابقت دارند (شکل ۲). این گسلها که خود از قطعات کوچک‌تر با آرایش پلکانی چپ‌بر تشکیل شده‌اند (شکل ۷- د) دارای روند عمومی N35 و سطوح گسلی با شیب نزدیک به قائم هستند.

۲-۲-۴- گسلش نرمال: در هسته تاقدیس دهنو گسلهای نرمال با روند عمومی شمالی - جنوبی تا شمال باختری - جنوب خاوری دیده می‌شوند که شیب سطوح گسلی آنها از ۸۰ - ۶۵ درجه متغیر بوده و خش لغزشهای با زاویه افتادگی تقریباً ۹۰ درجه دارند. از مهم‌ترین آنها گسلهای NF_1 (شکل ۷- ز و شکل ۸- ج) و NF_2 (شکل ۷- و) است. نوع دیگر از گسلهای نرمال با روند WNW-ESE در ناحیه لولایی تاقدیس اشکنان و در دامنه جنوبی تاقدیس لوارستان (شکل ۷- ه و شکل ۸- د) و با روندی موازی با اثر محوری تاقدیس وجود دارند.

تحلیل شده عبوری از تاقدیس دهنو می تواند خود مرتبه جوان تر از فعالیت دوباره این گسلهای پی سنگی باشد.

بررسی و تحلیل داده های دورسنجی بیانگر وجود دو پهنه گسلی عرضی - برشی راست بر (PDZ در شکل ۱۲) با روند NNW-SSE و چپ بر (SZ در شکل ۱۲) با روند ENE-WSW در جنوب خاوری زاگرس دارند. پهنه گسل راست بر منطبق بر پهنه سبزپوشان (Berberian, 1995) و پهنه گسل چپ بر تقریباً موازی با پهنه گسله نظام آباد (برزگر، ۱۳۷۰) است. این پهنه های گسلی در جنوب خاوری زاگرس و شمال - شمال باختری تاقدیس دهنو بر مبنای هندسه خمیدگی محور چینا و یا جا به جایی ساختارها شناسایی شده اند (Hessami et al., 2001; Bahroudi & Talbot, 2003; صفری، ۱۳۷۹؛ مهشاد نیا، ۱۳۸۱؛ باقری و همکاران، ۱۳۸۳). لذا به نظر می رسد که این پهنه ها، نمودهای جوان تر فعالیت دوباره گسلهای پی سنگی در جنوب خاوری زاگرس باشند.

بر مبنای نتایج به دست آمده از آزمایشهای تجربی (برای نمونه Darrell et al., 1999) اثر حرکت عرضی - برشی این PDZ در زیر یک لایه شکل پذیر چون نمک هرگز می تواند باعث زایش چینهای جوان با آرایش نردبانی در پوشش رسوبی شود. تاقدیسهای لواریستان و اشکنان با اثر محوری نردبانی شکل می تواند بر مبنای همین آزمایشهای تجربی در اثر حرکت عرضی - برشی پهنه PDZ با روند N34W در منطقه تاقدیس دهنو تشکیل شده باشند (شکل های ۱۰ و ۱۱). این پهنه منطبق بر ادامه جنوب خاوری پهنه سبزپوشان است. لذا بر مبنای چنین تحلیلی اثر محوری دو تاقدیس کوچک تخته و نرد که با آرایش نردبانی راست بر نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند و تقریباً زاویه ۳۵ درجه با روند پهنه سبز پوشان می سازند (شکل ۱۳)، نیز در خلال حرکت برشی این پهنه تشکیل شده اند. با ادامه حرکت این پهنه محور چینهای جوان مرتبط با آنها نیز دچار چرخش شده اند. بر مبنای نظر (Sylvester, 1988) و نتایج به دست آمده از آزمایشهای تجربی توسط (Naylor et al., 1986) اثر فعالیت دوباره چنین پهنه ای می تواند با توسعه شکستگیهای برشی P , R' , R در پوشش رسوبی همراه شود. در مدل جنبشی ارایه شده برای تاقدیس دهنو (شکل های ۱۰ و ۱۱) تشکیل گسلهای R (گسلهای DNF1 تا DNF4 در شکل ۲)، R' (گسلهای SF1 تا SF4 در شکل ۲) و P (گسلهای DF1 تا DF3 در شکل ۲) و چینهای نردبانی لواریستان و اشکنان مرتبط با فعالیت دوباره این پهنه عرضی - برشی منطبق بر ادامه جنوبی پهنه سبز پوشان تحلیل شده است (شکل های ۱۱ و ۱۲) و لذا این گسلها نمودهای جوان تر این فعالیت هستند. روابط زاویه ای تحلیل شده بین پهنه اصلی مدفون و شکستگیهای R , R' , P نمودهای جوان تر آن در منطقه تاقدیس دهنو کاملاً منطبق بر روابط زاویه ای به دست آمده در آزمایش تجربی (Naylor et al., 1986) نیست. این مسئله

پوشاننده، واحدهای سنگی تاقدیس دهنو را تشکیل می دهند (شکل ۳). با توجه به توسعه تاقدیس دهنو و تاقدیسهای لواریستان و اشکنان همراه در واحدهای قدیمی تر از واحد متحرک بالایی (سازند گچساران)، لذا نمک هرگز به عنوان تنها لایه جدایشی عامل تشکیل تاقدیس دهنو و تاقدیسهای کوچک تر همراه است. بجز نمک هرگز سازند دشتک در منطقه ایذه (شمال خوزستان) به عنوان واحد جدایشی میانی توسط (Sherkati et al., 2005) به عنوان عامل توسعه چینهای جدایشی در واحدهای جوان تر از این سازند معرفی شده است. در منطقه مطالعه، شاهدهی از وجود چنین لایه متحرک میانی به عنوان لایه جدایشی در توسعه تاقدیس دهنو و یا تاقدیسهای کوچک تر همراه به دست نیامده است. چرا که بر مبنای برشهای شکل ۳ اثر این تاقدیس تا واحدهای پالئوزویک پسین نیز دیده می شوند. همچنین شاهدهی از وجود و اثر چنین لایه جدایشی میانی نیز در دیگر مناطق جنوب خاوری زاگرس چون منطقه بندرعباس نیز گزارش نشده است (Molinari et al., 2005).

مجموعه ای از گسلهای عرضی - برشی با سازوکار غالب امتدادی نیز بر روی ناحیه لولایی تاقدیس دهنو توسعه یافته اند. این گسلها که ویژگیها و سازوکارشان در بخش ۲-۲ ارائه شد، روندهای متفاوت شمال - شمال باختری و شمال خاوری و به ترتیب غالباً راستالغز راست بر و چپ بر دارند، گرچه انواع راست بر، فراوانی بیشتری دارند (شکل ۹).

بر مبنای شکل ۹ رابطه زاویه ای مشخصی میان این مجموعه گسلهای راستالغز وجود دارد، به طوری که زاویه بین راستای گسلهای راست بر و نرمال راست بر از ۲۸ تا ۳۰ درجه متغیر است. راستایی که روند N34W دارد و نیمساز زاویه فوق است با روند گسلهای چپ بر، در جهت ساعتگرد، بین ۷۳ تا ۷۶ درجه زاویه دارد. همچنین امتداد اثر محوری تاقدیسهای لواریستان و اشکنان (با روند N108) در جهت ساعتگرد ساعت زاویه ۴۰ درجه با روند N34W تشکیل می دهد (شکل های ۱۰ و ۱۱). چنانچه روند N34W به عنوان یک پهنه دگرشکلی اصلی عمیق، PDZ، در نظر گرفته شود، این روابط زاویه ای می تواند با شکستگیهای مراتب جوان تر حاصل از فعالیت مجدد این پهنه دگرشکلی راست بر مرتبط باشد. چنین فعالیت مجددی از این پهنه دگرشکلی راست بر، می تواند سبب ایجاد شکستگیهای مراتب جوان تر R (گسلهای نرمال راست بر با روند N20W در شکل ۹)، R' (راستالغز چپ بر با روند N40E در شکل ۹) و P (راستالغز راست بر با روند N49W در شکل ۹) و چینهای پوششی (لواریستان و اشکنان) در روی سطح باشد (شکل های ۱۰ و ۱۱). مطالعه گسلهای پی سنگی در زاگرس (Hessami et al., 2001) و در سکوی عربی (Edgell, 1992) نشان از روند نسبتاً شمالی - جنوبی برای آنها دارد. بنابراین پهنه دگرشکلی اصلی

توسعه شکستگیهای برشی R (گسلهای DNF1 تا DNF4 در شکل ۲)، R' (گسلهای SF1 تا SF4 در شکل ۲) و P (گسلهای DF1 تا DF3 در شکل ۲) و ارتباط هندسی مابین آنها به عنوان مراتب جوان تر حاصل از فعالیت دوباره پهنه دگرشکلی سبزپوشان، از سوی دیگر شواهدی را بر این تطابق نشان می دهند.

باتوجه به شکل ۱، علاوه بر پهنه گسلی سبزپوشان، گسل مغناطیسی هندورایی (Morris, 1977) و خطواره رازک (Barzegar, 1994) نیز از تاقدیس دهنو عبور می کند. بنابراین، می توانند اثراتی بر آن و ساختارهای همراه داشته باشند. پهنه گسلی چپ بر SF₄ با روند NE-SW که از بخش خاوری تاقدیس دهنو عبور می کند می توانند باعث چرخش دوباره اثر محوری تاقدیس در جهت ساعتگرد شده باشند (اشکال ۲ و ۱۴). روند این گسلها که خود از قطعات کوچک تر با آرایش نردبانی چپ بر تشکیل شده اند (شکل ۷-۵) با روند خطواره هندورایی همخوانی دارند (شکل ۱). بنابراین، بر مبنای همین تحلیل می توان دگرشکلی ایجاد شده از عملکرد گسلهای چپ بر در بخش خاوری تاقدیس دهنو را به گسل پی سنگی هندورایی نسبت داد. در بازدید میدانی و در نقشه خطواره های تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران (Tabatabai, 1988) هیچ ساختاری از گسل رازک در منطقه تاقدیس دهنو مشاهده نشده است.

به دلیل تأثیر واحد گرانبه نمک هرگز بر تغییر موقعیت گسلهای مراتب جوان تر در پوشش رسوبی تحلیل شده است.

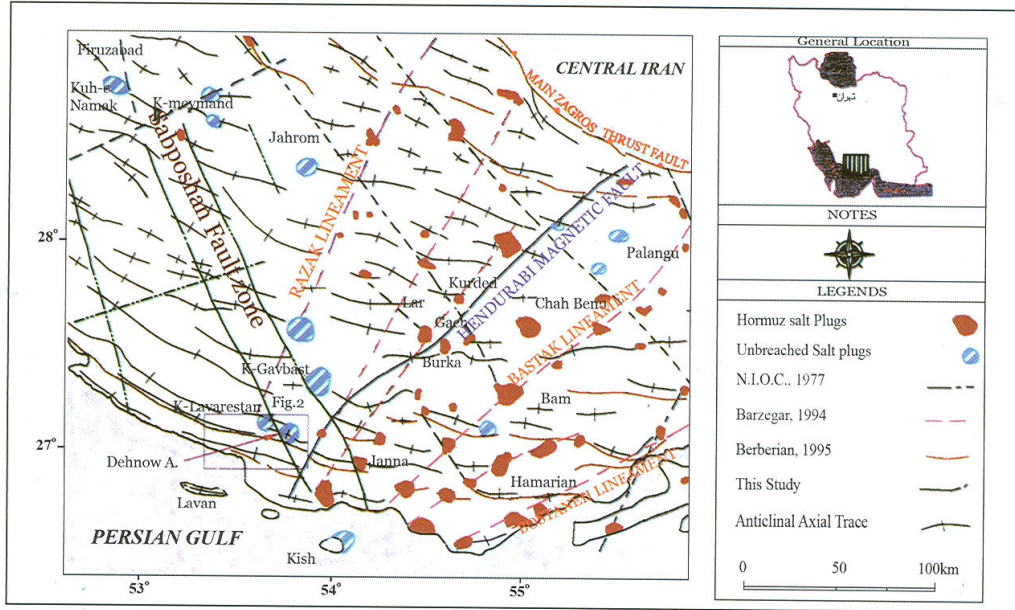
دو سازوکار عمده را می توان عامل توسعه چنین پهنه های گسلی عرضی - برشی در زاگرس در نظر گرفت: (۱) این پهنه ها همانا در اثر حرکت عرضی - برشی با مؤلفه ای از کوتاه شدگی از گسلهای عمیق و پی سنگی به وجود آمده اند (برای نمونه Hessami et al., 2001)، (۲) با توجه به گسترش گنبد های نمکی در شمال خاور و عدم بیرون زدگی چنین توده های نمکی (نمک هرمز) در جنوب باختر پهنه مورد نظر در این مطالعه و با روند N34W، سرعت های متفاوت پوشش رسوبی بر روی سطحی جدایشی از این نمکها، می تواند عاملی بر زایش این پهنه باشد. چنین مدلی برای گسلهای نظام آباد، رازک، سروک و بالارود توسط Bahroudi & Talbot (2003) نیز پیشنهاد شده است. بر مبنای مدل جنبشی ارائه شده در این مقاله بر اثر پهنه عرضی - برشی عبوری (که به عنوان ادامه جنوبی پهنه گسل سبزپوشان تحلیل شد) از تاقدیس دهنو بر هندسه ساختاری آن (شکل های ۱۰ و ۱۱) به نظر می رسد که سازوکار اول تطابق مناسب تری با توسعه چنین پهنه های گسلی پی سنگی و ساختارهای همراه در منطقه تاقدیس دهنو و در جنوب خاوری زاگرس دارد. هندسه نردبانی تاقدیسهای لوارستان و اشکنان در تاقدیس دهنو (شکل ۲) از یک طرف و

جدول ۱- پارامترهای هندسی تاقدیس دهنو در امتداد سه پیمایش ساختاری AB و CD و EF (موقعیتها بر مبنای Dip/Dip Direction است).

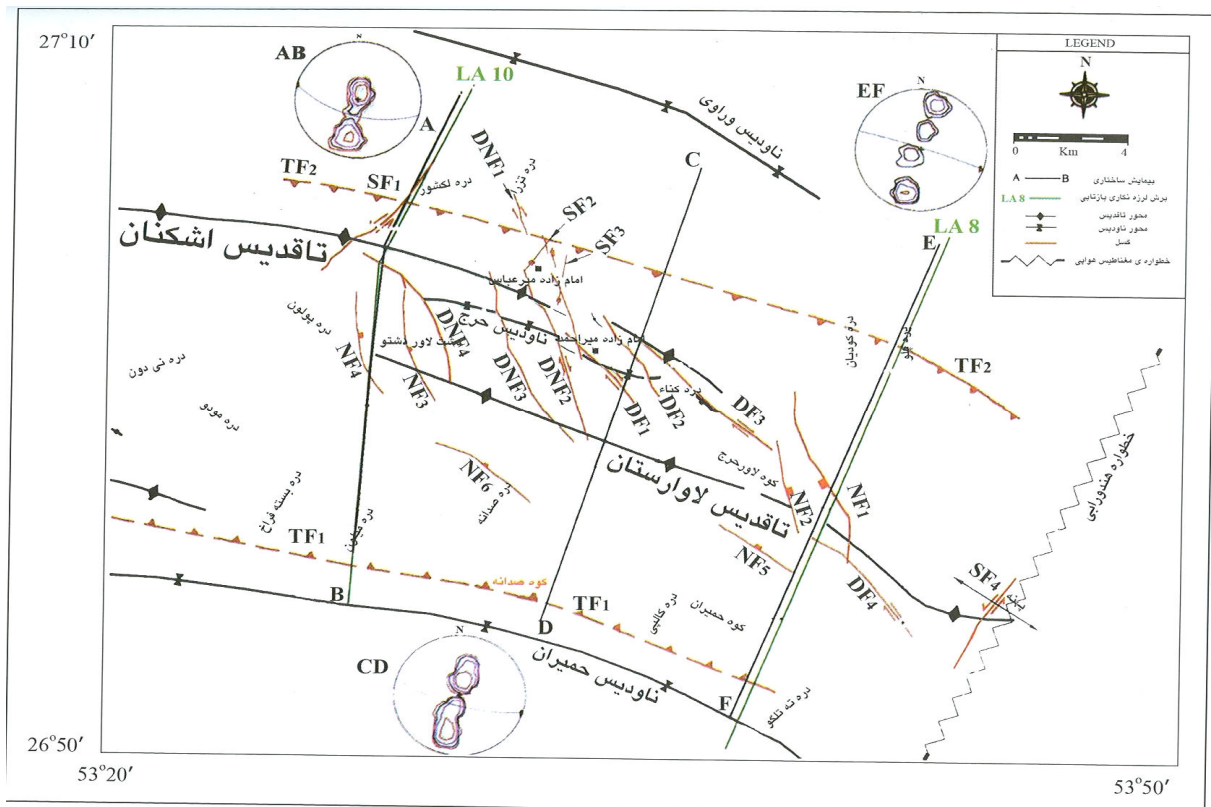
برش ساختاری	موقعیت سطح محوری	موقعیت محور	میانگین موقعیت پهلوی پیشانی (جنوبی)	میانگین موقعیت پهلوی خلفی (شمالی)	زاویه بین پهلوها
AB	71/193	01-103	29/186	49/011	97
CD	85/195	01-105	43/195	55/015	82
EF	89/197	01-107	63/196	55/017	82

جدول ۲- پارامترهای هندسی تاقدیس دهنو در برش EF (شکل ۳-۳) و برای تحلیل هندسی آن به روش Poblet & McClay (1996) رجوع شود

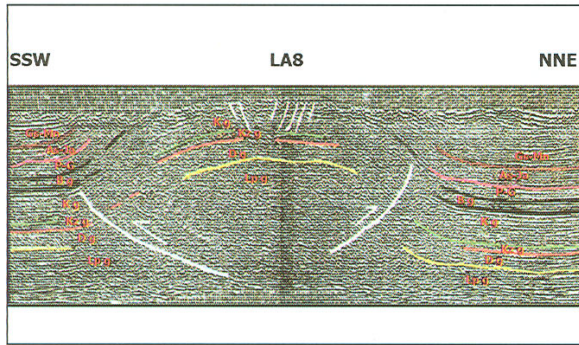
پارامترهای هندسی	طول پهلوی پشتی (Lb)	طول پهلوی پیشانی (Lf)	شیب پهلوی پشتی (Vb) به درجه	شیب پهلوی پیشانی (Vf) به درجه	$Rl = \frac{\sin Vf}{\sin Vb}$	کوتاه شدگی از روی نمودار به متر	کوتاه شدگی محاسبه شده از روی برش به متر
برش EF تاقدیس دهنو	۶۴۰۰	۵۰۶۶	۵۰	۶۵	۱,۱۸	۴۷۱۰	۴۷۳۰



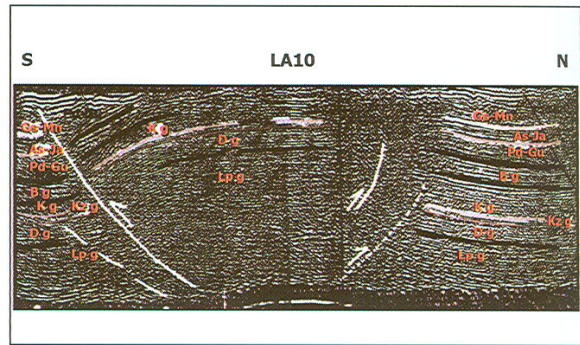
شکل ۱- نقشه گسلها، خطواره‌ها، اثر محوری تاقدیسها و گنبد‌های نمکی هرمز در جنوب‌خاوری زاگرس. مرجع خطواره‌های به نقشه درآمده در راهنمای نقشه مشخص است. همه خطواره‌ها بجز هندورابی بر مبنای تفسیر تصاویر ماهواره‌ای لندست شناسایی شده‌اند. خطواره رازک از تفسیر تصاویر زمینی شناسایی شده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه به صورت مستطیل (شکل ۲) نشان داده شده است.



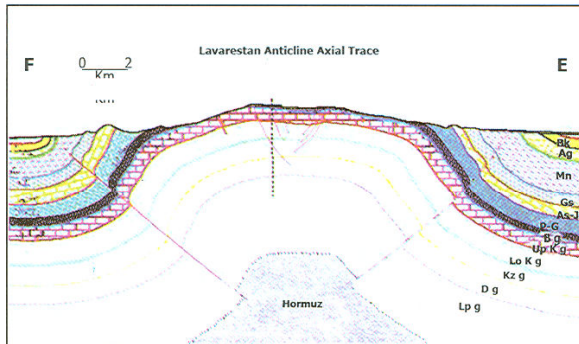
شکل ۲- نقشه ساختاری تاقدیس دهنو. مسیر پیمایشهای ساختاری AB، CD و EF، استریوگرامهای قطب لایه‌بندیها در این پیمایشها و مسیر برشهای لرزه‌نگاری بازتابی LA8 و LA10 نیز مشخص شده است. به موقعیت تاقدیسهای نردبانی اشکنان و لوارستان در ناحیه لولایی تاقدیس دهنو، گسلهای راندگی TF1 و TF2 به ترتیب در پهلوهای جنوبی و شمالی تاقدیس دهنو و گسلهای عرضی در ناحیه لولایی تاقدیس دهنودقت نمایند. محل این شکل در جنوب‌خاوری زاگرس به صورت مستطیلی در شکل ۱ نمایش داده شده است. برشهای ساختاری و لرزه‌نگاری نیز در شکل ۳ ارائه شده است.



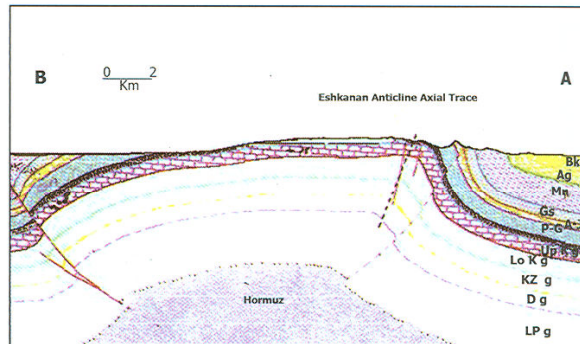
۱



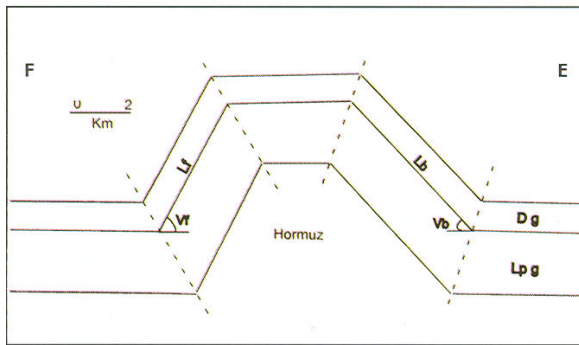
الف



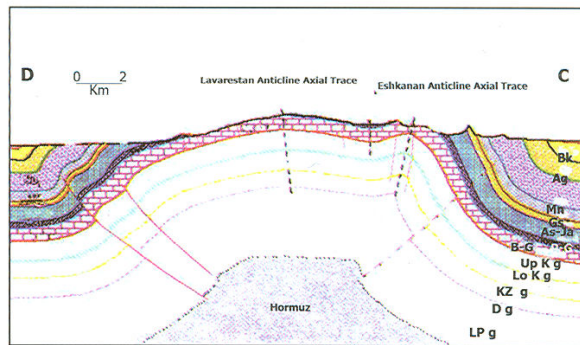
۵



ب

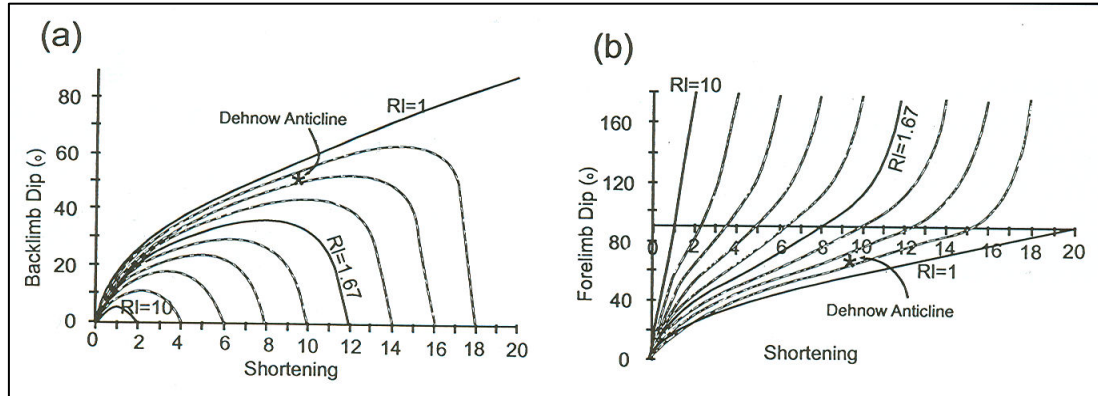


۳

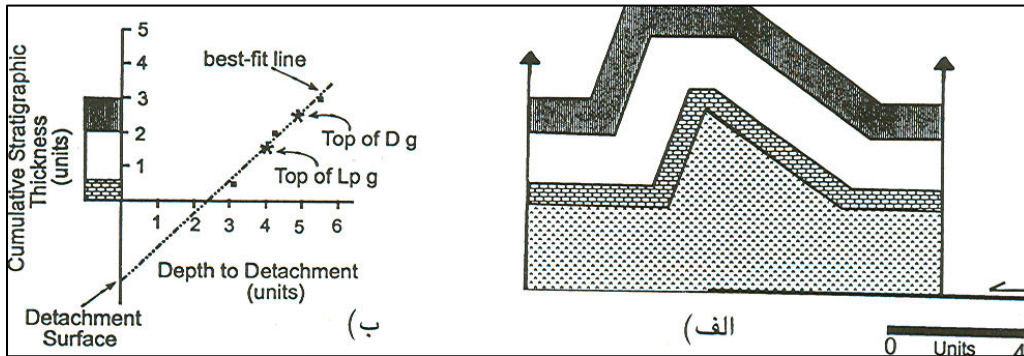


ج

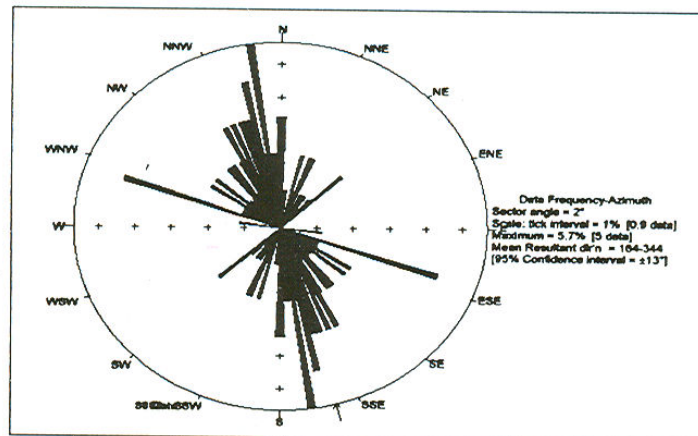
شکل ۳- برشهای لرزه‌نگاری بازتابی و ساختاری بر تاقدیس دهنو. موقعیت برشها در شکل ۲ آمده است. در رسم برشهای AB (۲ب) و EF (ه) علاوه بر داده‌های میدانی به ترتیب از تفسیر برشهای بازتابی LA10 (الف) و LA8 (د) نیز استفاده شده است. برش CD (ج) بر مبنای داده‌های میدانی و با توجه به دیگر برشها رسم شده است. برشی عرضی شکل (و) در راستای EF و به برای تحلیل چین رسم شده است، به متن مراجعه شود. (ارائه برشهای بازتابی با اجازه از شرکت ملی نفت ایران (1976) می‌باشد. علائم اختصاری نام واحدهای سنگی از قدیم به جدید عبارتند از: Lp g: گروه پالئوزویک پایینی، D g: گروه دهرم، Kz g: گروه کازرون، Lo K g: گروه خامی پایینی، Up K g: گروه خامی بالایی، B g: گروه بنگستان، Pd-Gu: سازندهای پابده-گوپی، As-Ja: سازندهای آسماری-جهرم، Gs: سازند گچساران، Mn: سازند میشان، Ag: سازند آغاچاری و Bk: کنگلومرای بختیاری، برای جزئیات سازندها به مطبعی (۱۳۷۲) مراجعه شود.



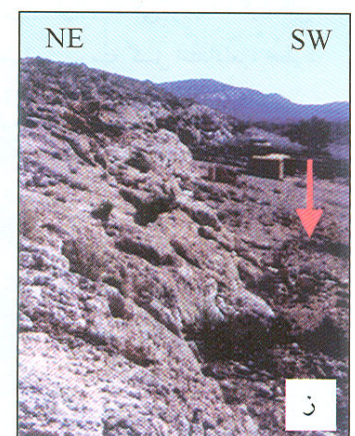
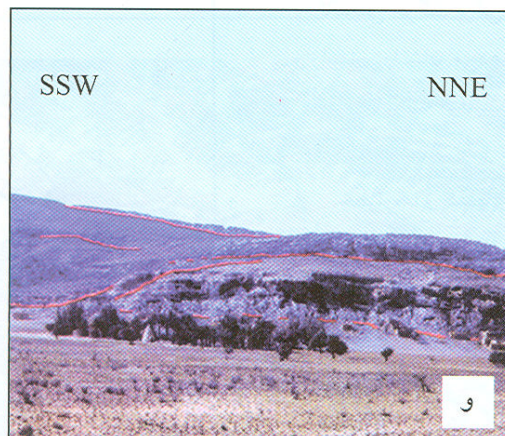
شکل ۴ - نمودارهای تعیین پارامترهای هندسی چینهای جدایشی (اقتباس از Poblet & McClay, 1996). منحنیهای نمودارها منطبق بر مقادیر RI به ترتیب از ۱۰، ۱،۶۷، ۱،۲۵، ۱،۴۳، ۱،۶۷، ۲، ۲،۵۰، ۳،۳۳ و ۱۰ می‌باشند. موقعیت تاقدیس دهنو بر مبنای پارامترهای هندسی آن (جدول ۲) به صورت ستاره در نمودارها نمایش داده شده است.



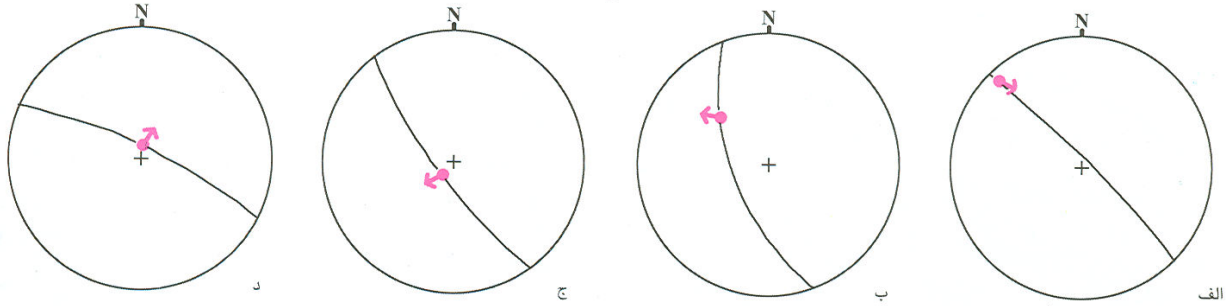
شکل ۵- روش نموداری (Bulnes & Poblet (1999) برای برآورد عمق جدایشی. الف) برشی از یک چین جدایشی نظری. ب) نمودار ستبرای واحدهای چین‌نگاری در برابر عمق لایه جدایشی برای چین یاد شده. سطوح بالایی واحدهای سنگی گروه پالئوزویک پایینی (Lp g) و گروه دهرم (D g) برگرفته از برشی از تاقدیس دهنو (شکل ۳- و) به صورت ستاره نمایش داده شده است. بر مبنای مقیاس شکل ۳- و عمق لایه جدایشی برای تاقدیس دهنو برآورده شده است. برای توضیح بیشتر به متن مراجعه شود.



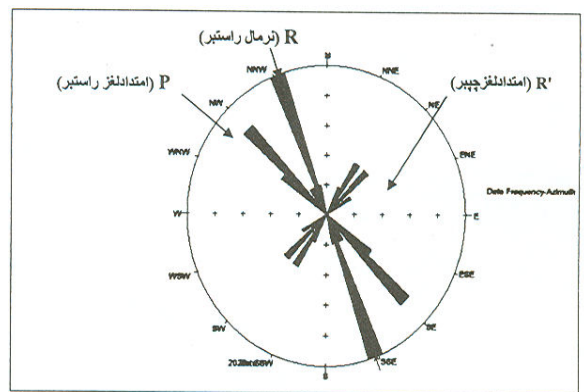
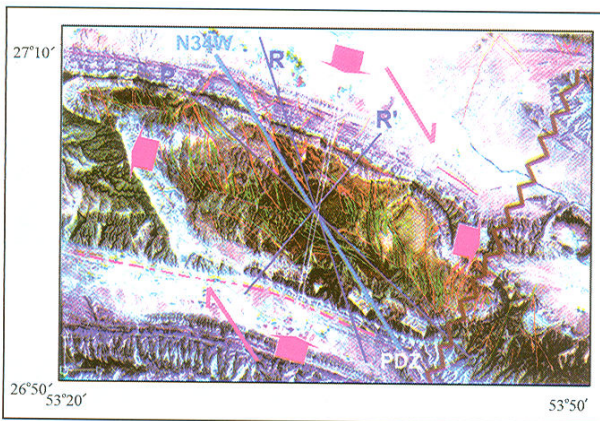
شکل ۶- نمودار امتدادی فراوانی روند گسلهای منطقه مورد مطالعه



شکل ۷- الف) آثار خش لغز گسل امتداد لغز راست بر DF_1 در باختر امام زاده میراحمد. ب) آثار خش لغز از گسل نرمال راست بر DNF_1 در باختر امام زاده احمد. ج) پهنه‌ی برشی SF_1 با جا به جایی چپ بر درون کنگلومراهای بختیاری در جنوب روستای اشکنان (دره لکشور). د) آثار گسل پهنه دگرشکلی SF_4 در منتهی‌الیه جنوب خاوری تاقدیس دهنو. این گسلها خود از قطعات کوچک‌تر با آرایش پلکانی چپ‌بر تشکیل شده‌اند. ز) گسل نرمال NF_1 در هسته تاقدیس لاوارستان، و در شمال خاور دشت لاور حرج. این گسل با دیگر گسلهای نرمال رو به روی خود باعث فرو افتادن دشت لاور حرج شده است (شکل ۲). شکستگیهای عرضی این گسلها را قطع می‌کنند (پیکان). و) گسل نرمال NF_2 در هسته تاقدیس اشکنان، و در جنوب باختر دشت لاور حرج که موجب تشکیل دشت فروافتاده لاور حرج شده است. ه) گسل نرمال NF_6 با روند E-W در دامنه جنوبی تاقدیس لاوارستان و درون سازند فهلپان.

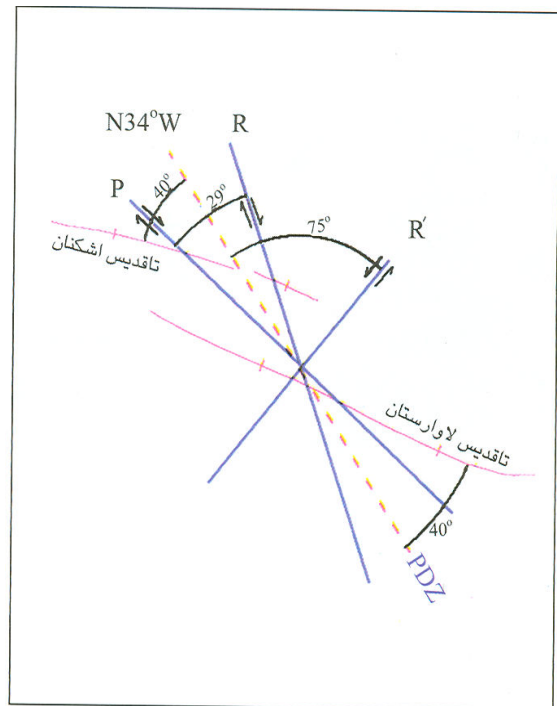


شکل ۸- استریوگرامهای موقعیت خش لغزها و تحلیل سازوکار گسلهای منطقه تاقدیس دهنو: الف) گسلهای امتدادلغز راست بر چون DF_1 ، ب) گسلهای نرمال راست بر چون DNF_1 ، ج) گسلهای نرمال چون NF_1 ، د) گسلهای نرمال چون NF_5 . برای مشاهده موقعیت گسلها به شکل ۲ مراجعه شود.

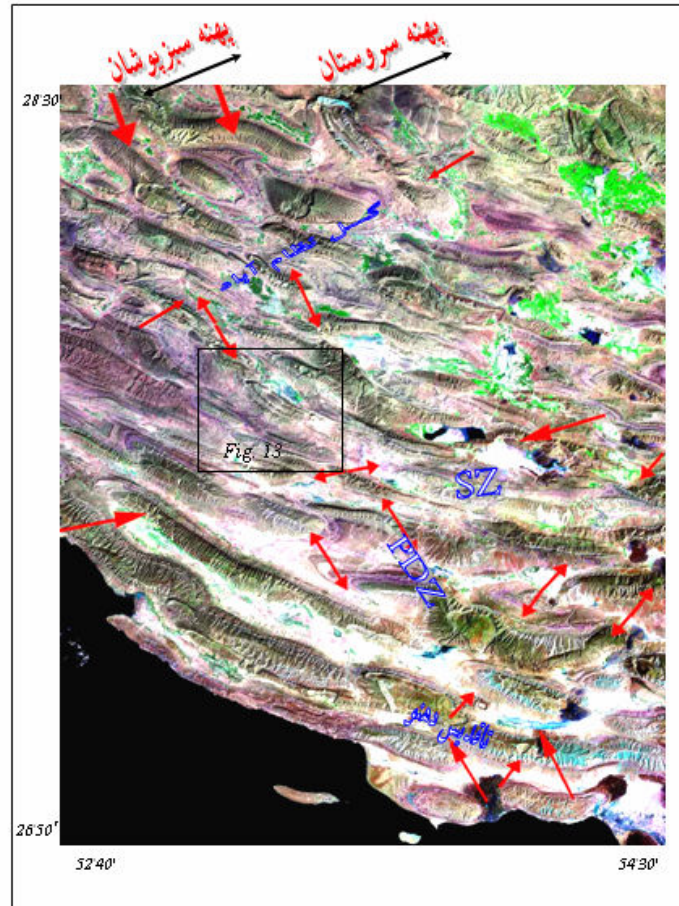


شکل ۹- نمودار فراوانی امتداد گسلهای امتدادلغز راست بر و چپ بر و نرمال راست بر.

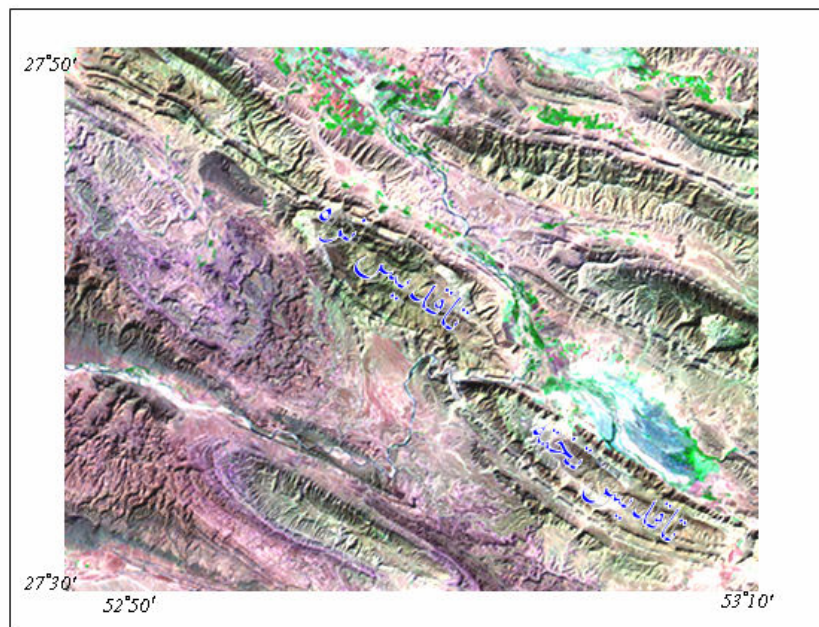
شکل ۱۰- الگوی جنبشی تاقدیس دهنو. پیکانهای صورتی در اطراف تاقدیس حرکت برشی با مؤلفه‌ای از کوتاه شدگی بر پهنه دگرشکلی راست بر را نشان می‌دهند. خطوط قرمز پیوسته گسل امتدادلغز، خطوط سبز قرمز ناپیوسته موقعیت احتمالی گسل راندگی در سطح، خطوط سبز گسلهای نرمال و یا نرمال راست بر شناسایی شده و خطوط نارنجی خطواره‌ها و گسلهای با سازوکار نامعلوم، خط زیکزاک خطواره مغناطیس هندورابی، خطوط آبی پررنگ جهت یابی شکستگیهای R, R', P و خط آبی کم رنگ راستای PDZ با روند $N34W$ را نشان می‌دهند. برای مشاهده موقعیت ساختارها به شکل ۲ مراجعه شود.



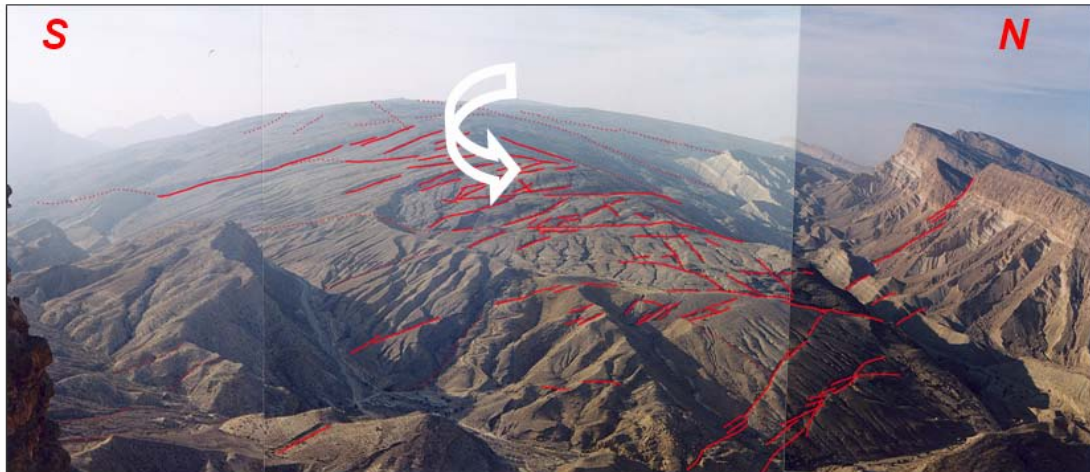
شکل ۱۱- روابط زاویه‌ای بین ساختارهای منطقه مطالعه. برای اطلاعات بیشتر به متن مراجعه شود.



شکل ۱۲- تصویر ماهواره‌ای از پهنه‌های اصلی عرضی - برشی زاگرس در فارس ساحلی. محدوده مشخص شده در این تصویر محل شکل ۱۳ است. تاقدیس دهنو در بخش جنوب تصویر قرار دارد.



شکل ۱۳- تصویر ماهواره‌ای از تاقدیسهای تخته (Takhte) و نره (Nareh) که با آرایش نردبانی راست‌بر و با روند اثر محوری که تقریباً زاویه ۳۵ درجه با روند پهنه گسل سبز پوشان می‌سازند قرار گرفته‌اند. برای مشاهده موقعیت تصویر در فارس ساحلی به شکل ۱۳ مراجعه شود.



شکل ۱۴- پهنه گسلی چپ بر SF₄ با روند NE-SW در بخش خاوری تاقدیس دهنو که باعث چرخش دوباره اثر محوری آن در جهت ساعتگرد شده است.

کتابنگاری

- باقری، ج.، یساقی، ع.، محجل، م. و جهانی، س.، ۱۳۸۳- تحلیل هندسی تاقدیس دهنو و پهنه‌های عرضی- برشی همراه (بخش فارس ساحلی کمربند چین خورده- رانده زاگرس) چکیده مقالات بیست و سومین همایش سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- صفری، ح.، ۱۳۷۹- تحلیل دگرریختیهای پهنه گسل سبزپوشان. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- چینه‌شناسی زاگرس. طرح تدوین کتب زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.
- مهشادینیا، ف.، ۱۳۸۱- استفاده از رهیافت دورسنجی در شناخت گسلهای پنهان و دگرریختیهای آن در جنوب خاور زاگرس، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

References

- Bahroudi, A. and Koyi, H.A., 2003- Effect of spatial distribution of Hormoz salt on deformation style in the Zagros fold and thrust belt: an analogue modeling approach. *Journal of the Geological Society, London* 160, 719-735.
- Bahroudi, A., Talbot, C.J., 2003- The configuration of the basement beneath the Zagros basin. *Journal of Petroleum Geology* 26, 257-282.
- Barzegar, F., 1994 - Basement fault mapping of E-Zagros foreland belt, southwest Iran, based on space-borne remotely sensed data. *Proceeding of the tenth thematic conference on geologic remote sensing, exploration, environment and engineering.*
- Berberian, M., 1995- Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds; active basement tectonic and surface morphotectonics. *Tectonophysics* 241, 193-224.
- Bulnes, M., Poblet, J., 1999- Estimating the detachment depth in cross sections involving detachment folds. *Geological Magazine* 136, 395-412.
- Chamberlin, R., 1910- The Appalachian folds of central Pennsylvania. *Journal of Geology* 18, 228-251.
- Cotton, J.T., Koyi, H.A., 2000- Modeling of thrust fronts above ductile and frictional décollements: Application to structures in the Salt Range and Potwar Plateau, Pakistan. *Geological Society of American Bulletin* 112, 351-363.
- Dahlstrom, C. D. A., 1990- Geometric constraints derived from the law of conservation of volume and applied to evolutionary models for detachment folding. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 74, 336-344.
- Darrell, S., Ferrill, D. A., Stamatakos, J. A., 1999- Role of ductile decollement in the development of pull-apart basins: Experimental results and natural examples. *Journal of Structural Geology* 21, 533-554.
- Davis, M. G., Engelder, T., 1985 - The role of salt in fold-and-thrust belts. *Tectonophysics* 119, 67-88.
- De Sitter, L.V., 1956- *Structural Geology*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 552p.
- Edgell, H. S., 1992- Basement tectonics of Saudi Arabia as related to oil field structures. *Basement Tectonics* 9, 169-193.
- Fürst, M., 1990- Strike-Slip Faults and Diapirism of the South-Eastern Zagros Ranges. *Proceeding of the Symposium on Diapirism, Bander Abbas, Iran*, 2, 149-181.
- Groshong, R. H., Jr, Epard, J-L., 1994 - The role of strain in area-constant detachment folding. *Journal Structural Geology* 16, 613-618.

- Harding, T. P., 1990- Identification of wrench faults using subsurface structural data. *The American Association of Petroleum Geology Bulletin* 74, 1590-1609.
- Hessami, K., Koyi, H.A. Talbot, C.J., 2001- The significance of strike-slip faulting in the basement of Zagros fold and thrust belt, *Journal of Petroleum Geology* 24, 5-28.
- Jamison, W. R., 1987- Geometric analysis of fold development in overthrust terranes. *Journal of Structural Geology* 19, 207-219.
- McClay, 2000- *Structural Geology for petroleum exploration*. Royal Holloway University of London.
- Mitchell, M., Woodward, N.B., 1988- Kink detachment fold in the southwest Montana fold and thrust belt. *Geology* 16, 162-165.
- Mitra, S., 2003- A unified kinematic model for the evolution of detachment folds, *Journal of Structural Geology* 25, 1659-1673.
- Molinaro, M., Leturmy, P., Guezou, J. C., Frizon de Lamotte, D., 2005- The structure and kinematics of the south-east Zagros fold-thrust belt; Iran: from thin-skinned to thick-skinned tectonics. *Tectonics* 24, TC3007.
- Morris, P., 1977- Basement Structure as suggested by Aeromagnetic Surveys in S.W. Iran: Second Geological Symposium of Iran, Proceedings Iranian Petroleum Institute, Tehran.
- National Iranian Oil Company., 1976- Tectonic Map of South-West Iran. Scale 1:2500000, N. I. O. C., Explor. And Prod., Teheran. Iran.
- Naylor, M.A., Mandl, G., Sijpestenijn, C.H.K., 1986- Fault geometries in basement-induced wrench faulting under different initial stress states. *Journal of Structural Geology* 8, 737-752.
- Poblet, J., McClay, K.R., 1996- Geometry and kinematics of single-layer detachment folds. *American Association of Petroleum Geologists' Bulletin* 80, 1085-1109.
- Sepehr, M., 2000- Tectonic Significance of the Kazerun Fault Zone, Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. Thesis Submitted for the Degree for Ph.D, University of London, 215 p.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D., Letouzey, J., 2005- Detachment folding in the central and eastern fold-belt (Iran): Salt mobility, multiple detachments and late basement control. *Journal of Structural Geology* 27, 1-17.
- Suppe, J., 1985- *Principles of structural geology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 537p.
- Suppe, J., Medwedeff, D.A., 1990- Geometry and kinematics of fault-propagation folding. *Eclogae Geol. Helvetiae* 83, 409-454.
- Sylvester, A.G., 1988- Strike-slip faults. *Geological Society of America Bulletin* 100, 1666-1703.
- Tabatabai, H., 1988- Basement Contour Map (South West Iran). Scale 1:1000000, N. I. O. C., Rep., No. 35393/A, Tehran.
- Wilcox, R.E., Harding, T.P. Seely, D.R., 1973- Basic Wrench tectonics. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 57, 74-96.
- Wiltschko, D.V., Chapple, W.M., 1977- Flow of weak rocks in Appalachian Plateau folds. *American Association of Petroleum Geologists' Bulletin* 61, 653-670.

* گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران.

* Department of Geology, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.