بررسی دگریختی جوان در گستره زاگرس باختری، نگاهی بر نقش واحدهای کم‌قوام سطوح بالایی در کنترل سازوکار خروج هسته ناودیس

آرمین صالحپور [۱*]، بهنام اویسی [۲] و محمدرضا قاسمی [۳]

[۱] کارشناسی‌ارشد، پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[۲] دکترا، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[۳] دانشیار، پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۲۳

چکیده

در کمربندهای چین و راندگی که به صورت نازک‌پوست دگریخت می‌شوند، چگونگی دگرشکلی نه تنها ارتباط تنگاتنگی با مقاومت در برابر لغزش در امتداد یک سطح فراکنشی زیرین دارد، بلکه به وجود سطوح فراکنشی یا واحدهای کم‌قوام درگوه هم بستگی دارد. در کمربند چین و راندگی زاگرس، طبقات فراکنشی و شکل‌پذیر شناخته شده مانند سازند گچساران (در سطح های بالایی) و سازند هرمز (سطح‌های پایینی) نقش بسزایی در نحوه دگریختی بازی می کنند. هرچند در بسیاری موارد در گستره زاگرس فرایند دگریختی کم‌ژرفا توسط سازند گچساران کنترل می‌شود ولی در منطقه مورد بررسی، به دلیل تفاوت رخساره سازند گچساران انتظار می‌رود که واحدهای کم‌قوام سطح‌های بالاتر (مانند سازند میشان به سن میوسن میانی و بخش بالایی سازند آغاجاری) نقش مؤثرتری در ناجفت‌شدگی دگریختی کم‌ژرفا از رسوبات زیرین و کمک در گسترش فرایند خروج هسته ناودیس در ساختارهای از پیش‌موجود بازی کنند. ساختار ناودیسی انوه در شمال شهر بستک، با روند خاوری–باختری از جمله ساختارهای فعال در منطقه می‌باشد که آثار فرایش جوان در امتداد آن و به‌ویژه در یال شمالی ساختار به شکل سطوح فرسایشی جوان تظاهر یافته است. به منظور بررسی الگوی پراکندگی و چگونگی دگرشکلی در امتداد این ساختار، برش ساختاری به درازای ۳۲ کیلومتر تهیه شد. همچنین تغییر شکل عمودی نشانگرهای ریخت‌زمین‌ساختی در یال شمالی ناودیس انوه اندازه‌گیری شد. با انطباق و مقایسه نیمرخ‌های برداشت‌شده در عرض این ساختار تلاش گردید تا الگو و میزان فرایش در امتداد خاوری و باختری ساختار مورد بررسی قرار گیرد. انتظار می‌رود که این‌چنین تغییرشکل‌های کم‌ژرفا در منطقه به شکل غیرلرزه‌زا گسترش یابد.

کلیدواژه‌ها: دگریختی جوان، خروج هسته ناودیس، سازند میشان، بخش بالایی آغاجاری، ناودیس انوه، سطح فراکنشی، کمربند چین و راندگی زاگرس.

***نویسنده مسئول:** آرمین صالحپور E-mail:arminsalehpour@gmail.com

۱– پیش‌گفتار

کمربند چین‌خورده ساده زاگرس(SFZ) مرز جنوب باختری کوهزایی را در حاشیه خلیج فارس مشخص می‌کند. وجود سطوح فراکنشی (decollement) مهم در این ناحیه همچون سازندهای هرمز و گچساران (Molinaro et al., 2005; McQuarrie, 2004; Berberian, 1995; Sherkati & Letouzey, 2004)، باعث می‌گردد که بیشتر چین‌ها در این منطقه از نوع چین‌های فراکنشی باشند (Sepehr et al., 2006). در کمربندهای چین و راندگی که به صورت نازک پوست در حال دگریختی هستند، چگونگی دگریختی ارتباط تنگاتنگی با لغزش در راستای واحدهای کم‌قوام دارد. در کمربند چین و راندگی زاگرس واحد نمکی هرمز به همراه چندین واحد کم‌قوام دیگر نقش بسزایی در کنترل دگرشکلی‌های سطحی بازی می‌کنند (Koyi et al., 2000; Bahruodi, 2003; Bahruodi & Koiy, 2003). به غیر از واحد نمکی هرمز در توالی رسوبی زاگرس نام گروه روان به واحد گچساران به سن میوسن زیرین نیزکه بیشتر از آن به عنوان گروه روان بالایی (Oveisi et al., 2009; Sherkati et al., 2006; Sherkati & Letouzey, 2004) یاد می‌شود، اطلاق می گردد. بیش از ۵۰ درصد داده‌های لرزه‌ای ثبت شده در ایران، در زاگرس است و گسیختگی سطحی در ارتباط با زمین‌لرزه در این ناحیه به ندرت مشاهده می‌شود (Talebian & Jackson, 2004; Maggi et al., 2000;Berberian, 1995). بزرگ‌ترین زمین‌لرزه دستگاهی ثبت شده در ناحیه فارس مربوط به زمین‌لرزه‌های ۱۳۵۱ قیر (MS= ۶/۹) و ۱۳۶۹ داراب (MS= ۶/۶) است، تاکنون جز زمین لرزه داراب، گسیختگی سطحی در ارتباط با زمین‌لرزه در این ناحیه دیده نشده است، بر اثر این زمین‌لرزه افراز گسل فورگ ۱تا ۱/۵ متر دچار گسیختگی سطحی شد (Walker et al., 2005).

Berberian (1995) اعتقاد دارد گسل‌های بزرگ راندگی و نهان در زاگرس عامل اصلی کنترل‌کننده تغییرشکل‌های سطحی است اما به باور Hessami (2002) چنانچه پوشش رسوبی توسط لایه‌های فراکنشی مانند هرمز، از پی‌سنگ جدا شود، نیازی نیست که عوارض سطحی کاملاً منعکس‌کننده ساختارهای پی‌سنگی باشد، با این حال Oveisi et al. (2007,2009) با بررسی تغییر شکل‌های سطحی در پادگانه‌های دریایی در عرض تاقدیس مند در جنوب گسل برازجان و پادگانه‌های رودخانه‌ای در راستای رودخانه‌های مند و دالکی در شمال باختر فارس و خاور گسل کازرون نشان می‌دهند کوتاه‌شدگی در مقیاس زمانی اواخر پلیستوسن در بخش پیشانی کمربند چین و راندگی، تنها در سه یا چهار ساختار منفرد متمرکز شده است که نرخ برپایش محاسبه شده، در هریک از این ساختارها با نرخ به دست آمده از GPS مطابقت نشان می‌دهد. Molinaro et al. (2005) در محدوده شمال بندرعباس سازند میشان را هم‌ارز سازند گچساران معرفی می‌کنند. سازند میشان از واحدهای شیلی و مارنی با تناوبی از سنگ‌آهک تشکیل شده‌است اگرچه این واحد از لحاظ شکل‌پذیری به سازند گچساران نمی‌رسد، اما به‌عقیده نامبردگان می‌توان آن را مرز جدایی مهمی در جدایش دگر ریختی نیمه‌ژرف و کم‌ژرفا دانست. هر چند با توجه به وجود انباشته‌های نفتی در منطقه زاگرس در طول چند دهه اخیر اطلاعات ساختاری و چینه‌شناسی خوبی در منطقه گردآوری شده است، ولی هنوز پرسش‌های زیادی برای منطقه زاگرس مطرح می‌باشد. به عنوان مثال، سازوکار اصلی جذب‌کننده کوتاه‌شدگی عهد حاضر در منطقه چگونه است؟ نقش واحدهای کم‌قوام بالایی و پایینی در دگریختی کم‌ژرفا و ژرف به چه شکل است؟ آیا تغییرشکل‌های کم‌ژرفا در گستره زاگرس در کنترل هندسه گوه تغییر شکل است؟ در این مطالعه تلاش شده تا به کمک روش‌های ریخت‌زمین‌ساختی و با تکیه بر مطالعات انجام شده پیشین به پاره‌ای از پرسش‌های مطرح در گستره پاسخ داده شود.

۲–زمین‌شناسی و لرزه‌زمین‌ساخت منطقه

روند چیره ساختارهای چین‌خورده در گستره مورد بررسی (شکل ۱) روندی خاوری–باختری است. این روند عمود بر راستای همگرایی صفحه عربی – اوراسیا می‌باشد. از جمله ساختارهای مهم چین‌خورده در منطقه، تاقدیس پردی در شمال ناودیس انوه و تاقدیس فتویه در جنوب این ساختار ناودیسی است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که این دو ساختار تاقدیسی به شکل چین‌خوردگی فراکنشی (detachment folding) هستند که با مقدار کمی کج‌شدگی سطح محوری همراه بوده و وجود گسل بزرگ در مغزه این ساختارهای تاقدیسی پیش‌بینی نمی‌شود. ساختار مهم گسلی لار (e.g. Berberian, 1995) و گسل کواترنر هورمود (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱) در بخش شمالی منطقه مورد بررسی واقع شده است. برونزدهای نمک هرمز در سطح به شکل گنبدهای نمکی از ویژگی‌های بارز کمان فارس از کمربند ساده چین‌خورده زاگرس است. گنبد نمکی کرموستج در شمال منطقه مورد بررسی و در ۲۰ کیلومتری جنوب خاوری شهر لار یکی از مهم‌ترین گنبدهای نمکی در محدوده منطقه مورد مطالعه است. این گنبد نمکی از جریان زبانی‌شکل نمک و ژیپس تشکیل شده است. طول جریان نمک به ۵ کیلومتر می‌رسد. توزیع واحدهای فراکنش در سطوح مختلف توالی رسوبی زاگرس سبب می‌شود تا این واحدها نقش مهمی در نحوه تغییرشکل ساختارها بازی کنند. سازند نمکی هرمز سطح فراکنش پایینی در منطقه فارس، لرستان و زاگرس مرتفع را تشکیل می‌دهد (Sherkati et al., 2006) که در قاعده پوشش رسوبی فانروزوییک قرار گرفته و جداکننده توالی رسوبی از پی‌سنگ است. از سوی دیگر انتظار می‌رود که سازند تبخیری دشتک به سن تریاس از سطوح مهم فراکنش میانی در فارس ساحلی و نیمه‌ساحلی باشد (Sherkati et al., 2006). رخساره سازند گچساران در ناحیه فارس به سه بخش چهل، چمپه و مول تقسیم می‌شود (James & Wynd, 1965; Motiei, 1993) (شکل۲) و تنها بخش چهل و تا حد بسیار کمی بخش چمپه خواص خمیری از خود نشان می‌دهند. بنابراین پرسشی که برای گستره مورد بررسی مطرح است اینست که آیا در گستره مورد بررسی می‌توان واحد یا واحدهای دیگری را مسئول کنترل دگریختی کم‌ژرفا به شمار آورد. با توجه به ویژگی‌های مکانیکی واحد میشان در منطقه، مطابق نظر Molinaro et al. (2005)، آیا می‌توان در این گستره سازند میشان را از دیدگاه رفتار مکانیکی هم‌ارز سازند گچساران معرفی کرد و یا این واحد می‌تواند به عنوان یک واحد فراکنشی مجزا در ناحیه مورد توجه واقع شود؟

بیش از ۵۰ درصد داده‌های لرزه‌ای ثبت شده در ایران در زاگرس است و گسیختگی سطحی در ارتباط با زمین‌لرزه در این ناحیه به ندرت مشاهده می‌شود (Talebian & Jackson, 2004; Maggi et al., 2000; Berberian, 1995). بررسی پراکندگی خرد لرزه‌ها در محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد گسترش دگریختی از این قبیل در ناحیه به‌صورت غیرلرزه‌زا است (شکل ۱) ، اگرچه تمرکز رخدادهای لرزه‌ای بزرگ‌تر در بخش شمالی محدوده کمی بیشتر است، که می‌توان آن را به دگریختی فعال در پیشانی تاقدیس لار و فرایش سریع تاقدیس هورمود در جنوب تاقدیس لار (هاشمی و همکاران ، ۱۳۹۱) نسبت داد.

۳–هندسه و برش ناودیس انوه

به منظور نمایش سبک و هندسه تغییرشکل ساختارهای ناحیه و همچنین ارتباط جنبشی ناودیس انوه با دو ساختار تاقدیسی شمالی و جنوبی، برش ساختاری به درازای حدود ۳۳/۲ کیلومتر در راستای NW-SE و عمود بر روند ساختارهای ناحیه رسم شد، این برش دربرگیرنده دو ساختار تاقدیسی (پردی در شمال و فتویه درجنوب) و ناودیس انوه بین آنهاست (شکل۳). در تهیه برش ساختاری یاد شده از روش ستبرای ثابت (Constant thickness) که از متداول‌ترین روش‌های تهیه برش ساختاری انواع چین‌ها است (Dahlstrom, 1969)، استفاده شده است. چنانچه از برش ساختاری ناحیه (شکل۴)، برمی‌آید ناودیس نامتقارن انوه با شیب یال شمالی حدود ۱۹ درجه و شیب یال جنوبی حدود ۳۵ درجه، بین دو ساختار تاقدیسی پردی (در شمال) و فتویه (در جنوب)، در ۳۸ کیلومتری جنوب لار و ۱۸ کیلومتری شمال باختری بستک واقع شده‌است. در بخش شمالی این ناودیس تاقدیس فراکنشی پردی قرار می‌گیرد. شیب یال شمالی تاقدیس پردی ۲۸ درجه و یال جنوبی آن ۱۹ درجه و دارای زاویه بین یالی در حدود ۱۳۳درجه است. بر پایه برش ساختاری به نظر می‌رسد جدایش واحدهای رسوبی در راستای سطوح فراکنشی مهم مانند هرمز سبب شکل‌گیری این تاقدیس شده است. تاقدیس فتویه در جنوب ناودیس نامتقارن انوه واقع می‌شود. شیب یال شمالی این تاقدیس پیرامون ۳۵ درجه و یال جنوبی آن دارای شیب متوسط ۲۰ درجه و زاویه بین یالی آن حدود۳۹ تا ۴۰ درجه است. ستبرای واحد هرمز در گستره مورد بررسی متفاوت است و بیشتر هسته تاقدیس‌ها را پر می‌کند. در روی این واحد ستبرای ۱±۹ کیلومتر از رسوبات پرقوام و کم‌قوام دیده می‌شود (شکل۴). واحدهای کم‌قوام نقش بسزایی در ناجفت‌شدگی (Decoupling) دگریختی در توالی رسوبی بازی می‌کنند. از جمله این سازندها می‌توان به سازند دشتک، گورپی، ساچون و گچساران اشاره نمود. سازند ساچون بیشتر از مارن و ژیپس تشکیل شده است و ژرفایی حدود ۲۵۰۰ متر دارد، با توجه به ستبرای قابل ملاحظه این واحد در توالی رسوبی ناحیه (حدود ۸۰۰ متر) به نظر می‌رسد این واحد نیز می‌تواند در کنترل دگریختی سطحی نقش داشته باشد. در ناحیه فارس سازند گچساران از پایین به بالا به سه بخش چهل، چمپه و مول تقسیم می‌شود (James & Wynd, 1965 ;Motiei, 1993) (شکل۵)، که از این میان تنها بخش چهل و تا میزان بسیار کمی بخش چمپه به واسطه وجود میان‌لایه‌های ژیپسی خواص خمیری از خود نشان می‌دهند. سازند میشان مرز جدایی مهمی در توالی پوشش رسوبی منطقه به شمار می‌رود به طوری که دگرشکلی در زیر و روی آن به طور مستقل از یکدیگر انجام می‌شود. ژرفای این واحد در حدود ۱کیلومتر برآورد شده است.

۴– ریخت زمین‌ساخت منطقه

۴–۱. افراز زمین‌ساختی بیسه

در بخش خاوری ناودیس انوه ، درجنوب کلاته بیسه و خاور رودخانه گودگز دو افراز متوالی قابل مشاهده است(شکل ۶). افراز شمالی ارتفاعی حدود ۵۰ متر و افراز جنوبی حدود ۲۵ متر از سطح دشت است. شکل۷–ب، نمایی از افراز شمالی بیسه را نشان می‌دهد. سطح هر دوی این افرازها با ستبرای حدود ۱۰–۱۵ متر از واریزه‌های سازنده بختیاری (Qbk2) پوشیده است. از این واحد نظر به گستردگی و محدودیت زمانی رسوب‌گذاری آن، به‌عنوان شاخص زمین‌ریخت‌شناسی برای برداشت نیمرخ توپوگرافی تغییرشکل‌های جوان استفاده شد.

۴–۲. بخش باختری ناودیس انوه

در حاشیه دره انوه در باختر رودخانه گود گز، سه سطح ارتفاعی شناسایی گردید این سه سطح ارتفاعی با نام‌های tr_1، tr_2 و tr_3 نامگذاری شدند. این سه سطح ارتفاعی در حاشیه شمالی ناودیس انوه و در مرز آن با تاقدیس پردی تشکیل شده است. این سطوح فرسایشی با ستبرای کمی از واحدهای جوان پوشیده می‌شوند. در بررسی صحرایی سطح فرسایشی tr_2، خم‌شدگی در جوان‌ترین واحدهای رسوبی ناحیه(Q_4)، قابل مشاهده است در حالی که این واحد در روی افرازtr_3 شیب بسیار ملایمی به سمت شمال دارد (شکل ۸–د). واحد رسوبی Q_3 نیز شواهدی از مهاجرت پیشانی دگریختی به سمت شمال را نشان می‌دهد، این واحد در نتیجه رشد سطح فرسایشی tr_2 بسیار پرشیب (درحدود ۷۰–۸۰) است اما درپیشانی سطح فرسایشی tr_3شیبی در حدود ۱۰–۱۵ درجه به سمت شمال دارد. ستبرای واحد رسوبی Q_3 (برخلاف واحد Q_4) در پایین و بالای ناحیه تغییر شکل تقریباً ثابت است. تفاوت

در ستبرای واحد Q_4 نشان‌دهنده همزمانی نهشت این واحد با فرایش و ایجاد سطح فرسایشی tr_2 است. شکل ۸-هـ، برشی در راستای دره انوه را نشان می‌دهد. بررسی پادگانه‌های رودخانه‌ای برداشت شده در حاشیه دره انوه نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن از حاشیه چین‌خوردگی به طرف محور چین مقادیر اختلاف ارتفاع پادگانه‌ها از سطح اساس رود خانه به‌تدریج افزایش می‌یابد (شکل ۸- الف و ب).

۵- سازوکار احتمالی دگرشکلی در ساختار ناودیس انوه

برداشت نیمرخ ارتفاعی در عرض افرازهای زمین‌ساختی بیسه و انوه نشان می‌دهد که گسترش دگرشکلی‌های جوان در گستره مورد بررسی نتیجه لغزش بین‌لایه‌ای در راستای سطوح فراکنشی کم‌ژرفا مانند سازند مارنی میشان و بخش کم‌قوام‌تر در رأس سازند آغاجاری است. برای این بخش از توالی رسوبی منطقه رفتار مکانیکی ترد- نرم (Brittle – Ductile) پیش بینی می‌شود. بررسی‌های اخیر در زاگرس مرکزی (Oveisi et al., 2007) بر روی الگوی فرایش در ساختارهای ناودیسی (بالاده و بخش شمالی و جنوبی ناودیس کوه پهن) نشان می‌دهد که گسترش دگرشکلی جوان به خروج هسته ناودیس(Syncline core extrusion) می‌انجامد که نتیجه حضور واحدهایی مانند گچساران می‌باشد که رفتاری ناسازگار (از دیدگاه رفتار مکانیکی) در برابر فشارهای زمین‌ساختی را داراست. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که به غیر از وجود یک واحد فراکنشی مانند گچساران، هندسه ساختار در مراحل رشد چین سبب خروج هسته ناودیس در پاسخ به تنش وارده بر آن خواهد شد. مدل‌سازی عددی نقش ایجاد جریان پلاستیکی در ژرفا را در ایجاد این فرایند تأیید می‌نماید (Oveisi et al., 2007). در این پژوهش انتظار می‌رود که ساختار ناودیسی انوه با آهنگ فرایش محلی درگیر با سازوکار خروج مغزه ناودیس باشد (شکل ۹).

بررسی تغییر شکل‌های جوان درگستره مورد بررسی نشان می‌دهد که هر چند که الگوی فرایش در یال شمالی ناودیس انوه دارای الگویی خطی است، ولی این یک روند خطی پیوسته نیست (شکل ۱۰). این مسئله به نوعی می‌تواند نشانه بخش‌بندی گسل(Fault segmentation) باشد که برخی شاخه‌های گسل فعال‌تر از شاخه‌های دیگر بوده از طرفی پیشانی تغییر شکل به سمت شمال در حال پیشروی است. به نظر می‌رسد ارتباط شاخه‌های گسلی(Fault linkage) نقش عمده‌ای در انتقال جابه‌جایی ژرف ناشی از گسلش بین‌لایه‌ای به سطح زمین و پدید آوردن ریخت‌زمین‌ساخت ناحیه ایفا می‌کند. در بخش باختری تظاهر راندگی در سطح بیشتر به صورت آرایه‌ای از افرازهای گسلی(Fault array) است که با درازای متفاوت از ۱۰۰ متر تا ۱ کیلومتر گسترش یافته‌اند. هریک از این افرازها میزان فرایش متفاوتی را نشان می‌دهند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که واحد میشان می‌تواند نقش مهمی در ایجاد دگریختی جوان و فرایش‌هایی از این دست بازی کند. شکل ۹ برش یال شمالی ناودیس انوه در حاشیه دره انوه را نشان می‌دهد.

۸-کوچ جانبی دگریختی در ساختار ناودیس انوه

مدل‌های مکانیکی (Burbank & Anderson, 2001; Mueller & Suppe, 1997) نشان می‌دهند که گسل‌ها در هنگام رشد در ژرفا هم به صورت جانبی و هم از پیشانی رشد می‌کنند و می‌تواند باعث توسعه جانبی ساختارهای چین‌خورده در سطح شود. انتظار می‌رود در گستره مورد بررسی چنین سازوکاری به شکل فعال، ریخت و میزان گسترش دگریختی سطحی را کنترل نماید. بررسی نیمرخ‌های موازی در عرض ساختار ناودیس انوه که از مدل ارتفاعی رقومی ناحیه استخراج شده است (شکل ۱۱-ج) نشان‌دهنده رشد یکنواخت این ساختار به سمت باختر است. این رشد به نحوی که بخش باختری ساختار متحمل فرایش بیشتری نسبت به بخش خاوری گردیده است. میزان فروکاوی آبراهه‌ها و شکل‌گیری ساختارهایی مانند بادچاک‌ها و آبراهه‌های منحرف شده، می‌تواند نشان‌دهنده فرایش سریع در بخش باختری ناحیه باشد.

همان‌گونه که در شکل ۱۱-الف نشان داده شده است، مقایسه دو نیمرخ ارتفاعی برداشت‌شده از افرازهای زمین‌ساختی بیسه و حاشیه دره انوه نشان‌دهنده اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای در میزان جابه‌جایی بر روی گسل به سمت باختر است. در بخش خاوری دست‌کم دو پیشانی دگریختی قابل ردیابی است. جابه‌جایی متمرکز شده بر روی بخش بالایی سازند بختیاری در پیشانی اول تغییر شکل، در بخش خاوری به شکل یک افراز زمین‌ساختی با ارتفاع حدود ۲۵ متر نمود یافته است و این افراز در بخش باختری دیده نمی‌شود. این در حالی است که پیشانی دوم تغییرشکل که در نتیجه تمرکز دگریختی در مرز سازند آغاجاری و بخش مارنی این سازند حاصل شده است، نشان‌دهنده اختلاف زیاد(حدود ۶۵ متر) در جابه‌جایی بر روی گسل به سمت باختر است. پیشانی سوم تغییر شکل در بخش خاوری دیده نمی‌شود ولی در حاشیه دره انوه باعث برگشتگی لایه‌های سازند بختیاری شده است و اثر آن تا پایانه باختری ساختار قابل ردیابی است. مقایسه میزان لغزش بر روی افراز Tr2 با یک افراز در سوی باختر آن و بر روی همین جبهه تغییر شکل (Pfw در نقشه نوزمین‌ساخت) نیز نشان‌دهنده افزایش میزان لغزش بر روی گسل به ست باختر است (شکل ۱۱-ب).

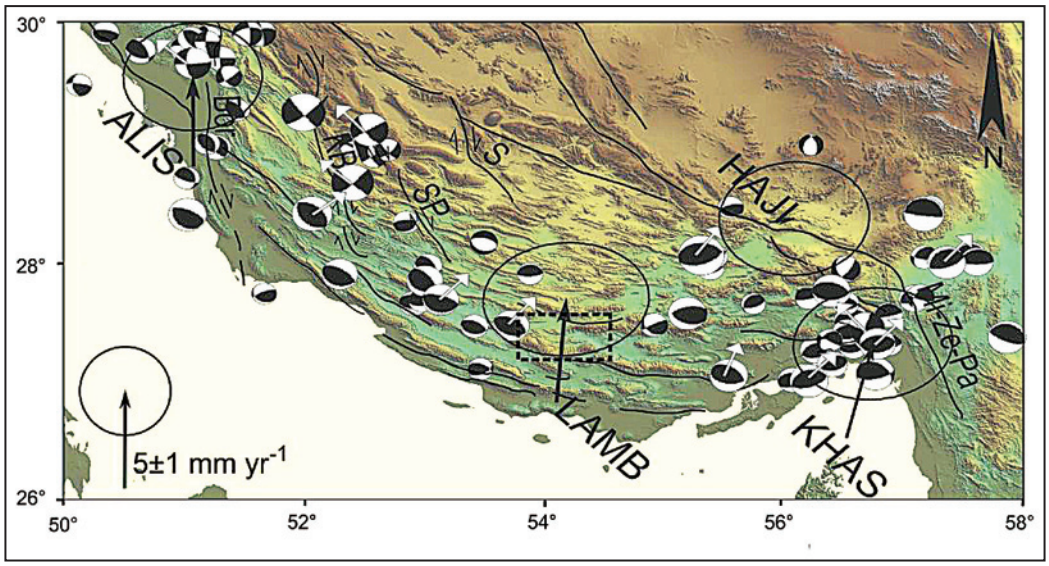
۹- بحث و نتیجه‌گیری

در کمربند چین و راندگی زاگرس، وجود سطوح فراکنشی در پوسته رسوبی عامل اصلی ناجفت‌شدگی (Decoupling) دگرشکلی است (Sherkati et al.,2006; Sherkati & Letouzy, 2004). از همین رو نقش واحدهای جدایشی مانند هرمز و گچساران در کنترل دگرشکلی‌های سطحی انکارناپذیر است. یکی از بارزترین اشکال دگرشکلی‌های جوان، که بیشتر در ناودیس‌های فراکنشی رخ می‌دهد، فرایند خروج هسته ناودیس است که پاسخی به تنش‌های فشارشی و کوتاه‌شدگی پوسته می‌باشد(Oveisi et al., 2007). به نظر می‌رسد در مراحل تکوینی شکل‌گیری یک ناودیس، هندسه مناسب ناودیس و وجود یک یا چند لایه کم‌قوام به عنوان سطح جدایشی نقش بسیار مؤثری در شکل‌گیری این سازو کار ایفا نماید. بررسی‌های انجام شده در بخش خاوری و باختری ناودیس انوه نشان می‌دهد لغزش بین‌لایه‌ای در مرز سازند مارنی میشان و بخش بالایی سازند آغاجاری سبب ایجاد تغییرشکل در واحدهای سازند بختیاری شده است. به باور Alavi (2007) علاوه بر سازند میشان، عضو لهبری در رأس سازند آغاجاری به‌واسطه وجود میان‌لایه‌های ژیپسی و مارنی می‌تواند رفتار پلاستیکی از خود بروز دهد. تاکنون رخساره لهبری تنها در لرستان و بخش‌هایی از خوزستان گزارش شده و رخساره سازند آغاجاری در فارس ماسه‌سنگی توصیف شده است. با این وجود، با توجه به رفتار مکانیکی و سنگ‌شناسی متفاوت بخش بالایی سازند آغاجاری دست‌کم می‌توان این بخش را معادل روانه‌شناختی عضو لهبری در این ناحیه دانست. بر پایه مشاهدات صحرایی و الگوی ساختاری انتظار می‌رود که واحدهای کم‌قوام و کم‌ژرفا مانند سازند میشان و بخش بالایی سازند آغاجاری نقش مهمی در مهار دگریختی کم‌ژرفا در منطقه ایفا نماید. بررسی نیمرخ‌های ارتفاعی در عرض ناودیس انوه مشخص‌کننده گسترش جانبی ساختار به سمت باختر است، برآورد میزان جابه‌جایی بر روی صفحه گسلی در افرازهای زمین‌ساختی دو امتداد ساختار نشان‌دهنده اختلاف زیاد در جابه‌جایی بخش باختری گسل نسبت به بخش خاوری است. به نظر می‌رسد مطابق Davis et al. (2005) اختلاف در میزان جابه‌جایی موجب تظاهر آرایه‌های گسلی با طول متفاوت در بخش باختری گستره مورد بررسی شده است. تغییرشکل‌های فعال در ناحیه در راستای این آرایه‌های گسلی شکل گرفته است. اگر چه برخی از این شاخه‌های گسلی فعال‌تر از شاخه‌های دیگر است، اما ارتباط بین این شاخه‌ها (Fault linkage) به نوعی هدایت‌کننده جبهه تغییرشکل به سمت شمال است. چنانچه در نقشه نوزمین‌ساخت گستره (شکل۶) مشخص است، راستای آرایه‌های گسلی با روند محور ناودیس انوه همخوانی دارد ولی با روند دو تاقدیس پردی و فتویه در

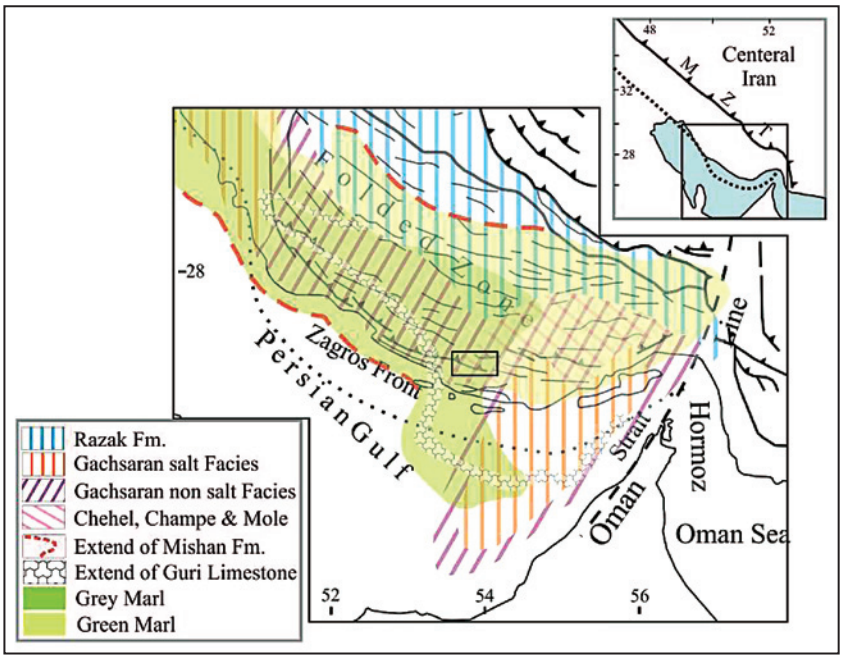
شـمال و جنوب این ناودیس متفاوت است، به‌نظر می‌رسد ناجفت‌شدگی در سطوح فراکنشی مانند میشان و بخش بالایی آغاجاری عامل ایجاد تفاوت در روند است.

سپاسگزاری

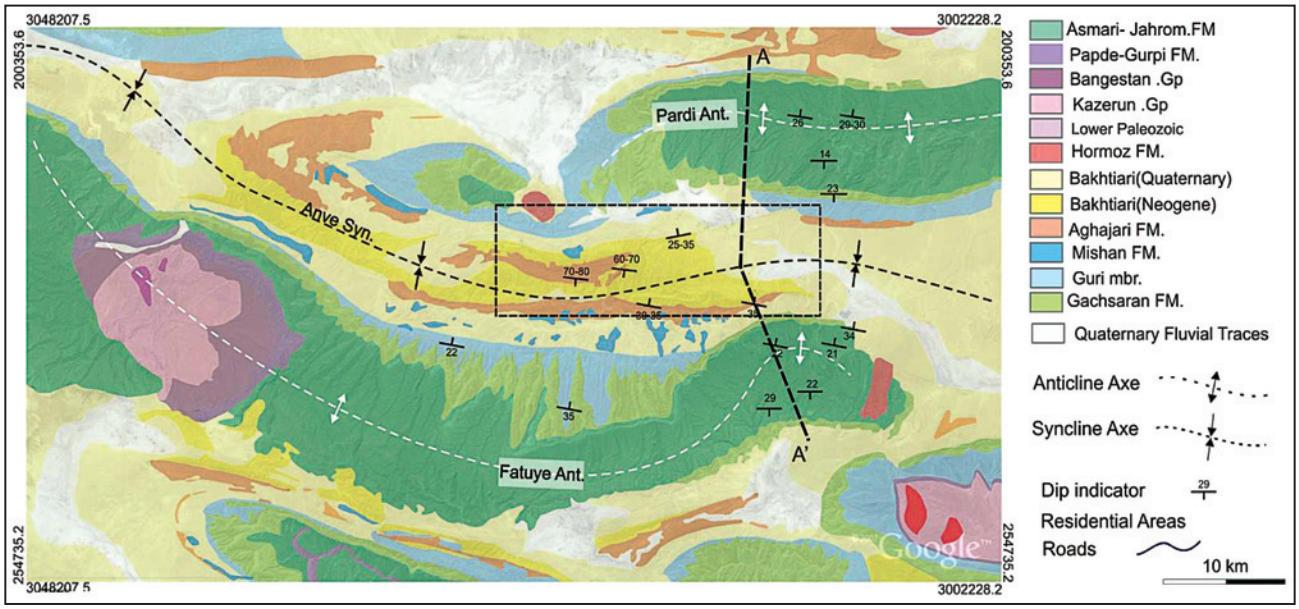
پژوهش حاضر بخشی از پروژه‌ای تحقیقاتی با عنوان بررسی دگرریختی جوان در محدوده لار جنوبی بوده که توسط گروه لرزه‌زمین‌ساخت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در حال انجام است. برخود لازم می‌دانیم از کارشناسان گروه لرزه‌زمین‌ساخت سازمان زمین‌شناسی، رانندگان محترم این سازمان و دیگر افرادی که در انجام مراحل مختلف این پژوهش به‌ویژه پیمایش‌های میدانی به ما یاری رساندند، صمیمانه کمال تشکر را به عمل آوریم. همچنین از جناب آقای دکتر طالبیان ریاست محترم پژوهشکده علوم‌زمین، به سبب حمایتشان از انجام این بخش از پژوهش، کمال قدردانی را می‌نماییم.



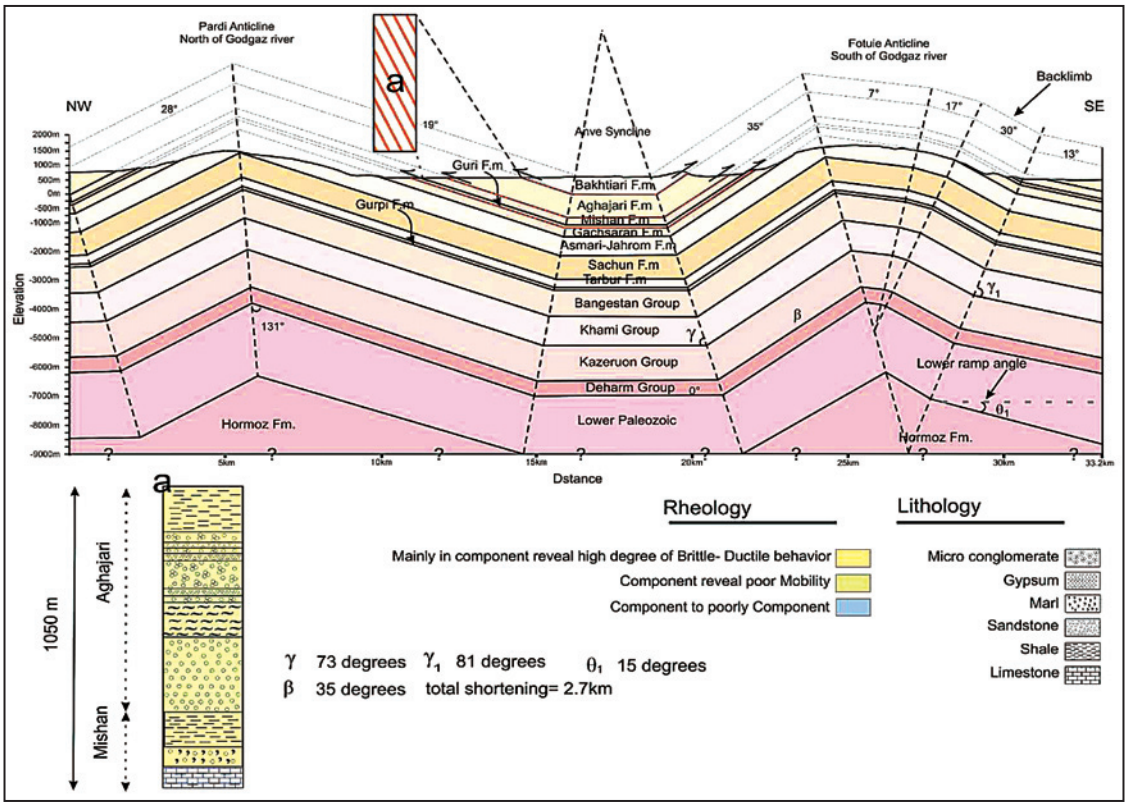
شکل۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه (کادر مستطیل محدوده شکل شماره ۳ را نشان می‌دهد) به همراه سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌ها و داده‌های ژئودتیک با مرجعیت صفحه ایران مرکزی. (ALIS,LAMB,HAJIوKHAS) ایستگاه‌های GPS است.گسل‌های Mi-Ze-Pa : میناب-زندان-پالامی،S : سروستان، SP : سبزپوشان، KB :کره‌بس، Bor :برازجان. چنانچه مشخص است، رخداد لرزه‌ای بزرگی در ارتباط با دگرریختی در ناحیه مورد بررسی دیده نمی‌شود. تمرکز رخدادهای لرزه‌ای بزرگ‌تر در بخش شمالی محدوده کمی بیشتر است، که می‌توان آن را به دگر ریختی فعال در پیشانی تاقدیس لار و فرایش سریع تاقدیس هورمود در جنوب تاقدیس لار (هاشمی و همکاران ، ۱۳۹۱) نسبت داد (شکل با تغییر از Vernant & Che'ry, 2006).



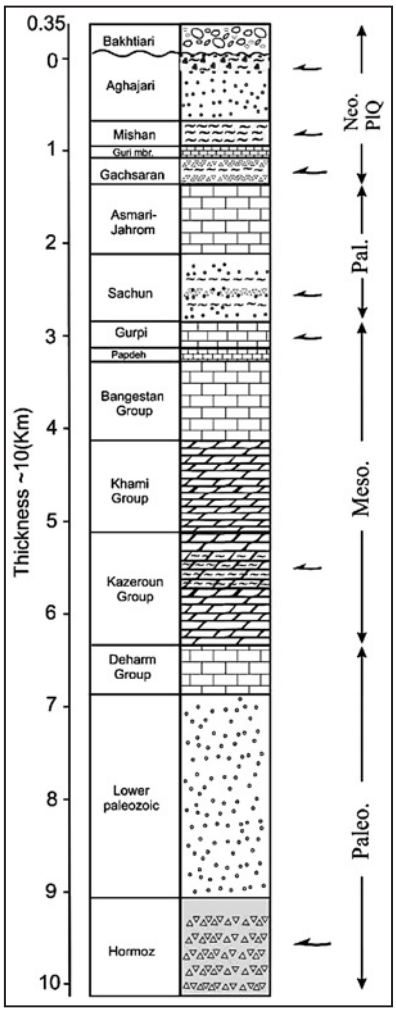
شکل ۲- نقشه پراکندگی رخساره‌های سازند گچساران و میشان در منطقه (با تغییر از Bahroudi & Koyi, 2004). سازند گچساران متشکل از انیدریت، ژیس و نمک به سن میوسن زیرین است. این واحد به همراه واحد میشان و آغاجاری به عنوان گروه فارس در زاگرس شناخته می‌شوند . سازند رازک در شمال خاوری زاگرس معادل این واحد در نظر گرفته می‌شود و در واقع رخساره غیرتبخیری و دریایی سازند گچساران به شمار می‌رود (Bahruodi & Koiy, 2004). در ناحیه فارس سازند گچساران از پایین به بالا به سه بخش چهل، چمپه و مول تقسیم می‌شود (James & Wynd, 1965; Motiei, 1993) ، که از این میان تنها بخش چهل و تا میزان بسیار کمی بخش چمپه به واسطه وجود میان‌لایه‌های ژیپسی خواص پلاستیکی از خود نشان می‌دهند. این مطالعه نشان می‌دهد سازند میشان مرز جدایی مهمی در توالی پوشش رسوبی منطقه به شمار می‌رود به طوری که دگرشکلی در زیر و روی آن به طور مستقل از یکدیگر انجام می‌شود. این واحد در گستره مورد بررسی بیشتر از مارن، مارن‌های آهکی، سنگ‌فورش و سنگ‌ماسه تشکیل شده است. مستطیل سیاه‌رنگ ناحیه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



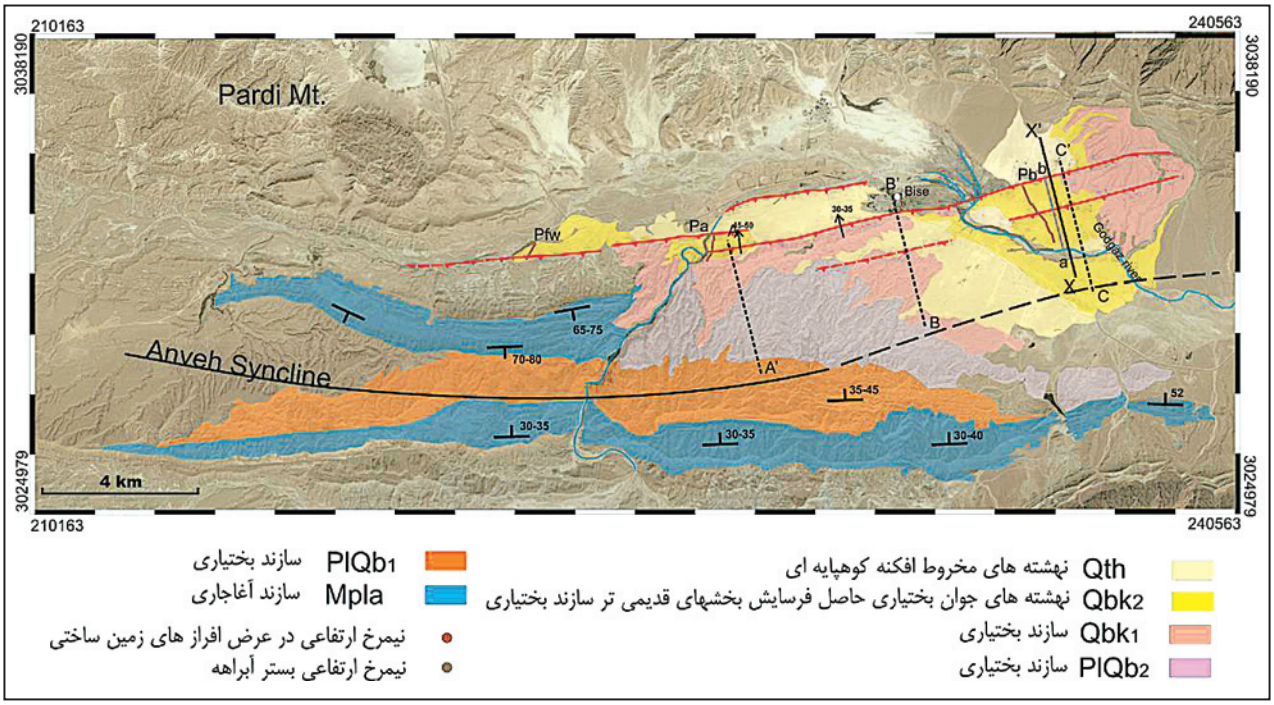
شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی ناحیه مورد بررسی و موقعیت ساختارهای تاقدیسی پردی و فتویه در شمال و جنوب و ناودیس انوه. خط چین A-A′ مسیر برش ساختاری را نشان می‌دهد (شکل۴). مستطیل خط‌چین در متن نقشه محدوده نقشه نوزمین‌ساخت (شکل ۶) را مشخص می کند. سازند بختیاری جوان‌ترین واحد زمین‌شناسی ناحیه را تشکیل می‌دهد که بیشتر به صورت غیرهمشیب بر روی سازند آغاجاری یا مارن‌های میشان واقع می‌شود. واریزه‌های جوان حاصل از فرسایش سازند بختیاری بخش وسیعی از ناحیه را می‌پوشاند. رخساره سازند آغاجاری در ناحیه بیشتر به صورت ماسه‌سنگی است که در بخش بالایی درشت‌دانه‌شده و به ریزسنگ‌جوش نزدیک می‌شود در برخی بخش‌ها میان‌لایه‌های از مارن خاکستری و احتمالاً ژیپس در این بخش قابل تفکیک است. سنگ‌شناسی چیره سازند میشان در ناحیه شامل مارن‌های خاکستری، شیل مدادی و مارن‌های تیره است که به دلیل فرسایش در سطح به شکل لکه‌های پراکنده قابل مشاهده است. سازند گچساران بیشتر به صورت مارن‌های آهکی با میان‌لایه‌های ژیپس و آهک نازک لایه دیده می‌شود و بیشتر در یال تاقدیس‌های بزرگ رخنمون آن دیده می‌شود.



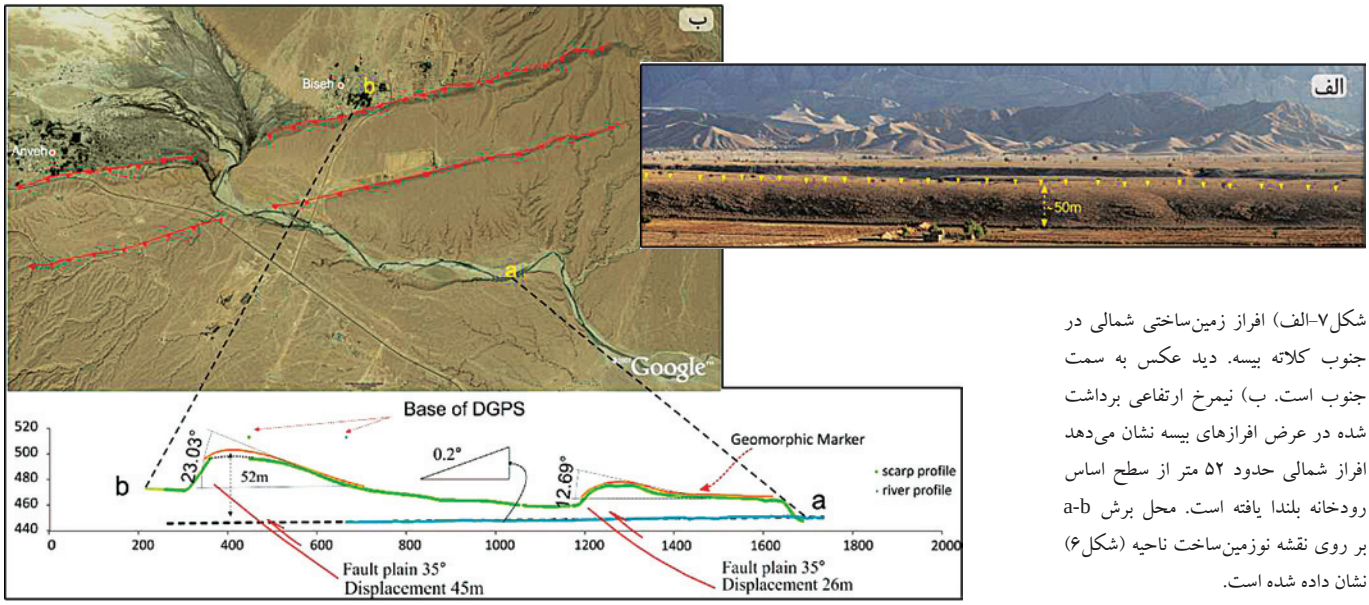
شکل ۴- برش ساختاری ناحیه مورد بررسی، در جهت عمود بر ساختارهای ناحیه، به همراه ویژگی‌های سنگ‌شناسی دو واحد میشان و آغاجاری. شیب یال شمالی ناودیس انوه حدود ۱۹ درجه و شیب یال جنوبی آن پیرامون ۳۵ درجه است و بین دو ساختار تاقدیسی پردی (در شمال) و فتویه (در جنوب) واقع شده است. به نظر می‌رسد جدایش واحدهای رسوبی در راستای سطوح فراکنشی مهم مانند هرمز باعث شکل‌گیری این تاقدیس‌ها گردیده است. چنانچه در ستون چینه‌شناسی رسم‌شده مشخص است، سازند شیلی میشان و بخش بالایی سازند آغاجاری که بیشتر از مارن و سنگ‌آهک نازک‌لایه است، خواص مکانیکی ترد-نرم نشان می‌دهد. سنگ‌شناسی و خواص مکانیکی واحدها از Falcon (1974)، Alavi (2004) و Alavi (2007) برگرفته شده‌است.



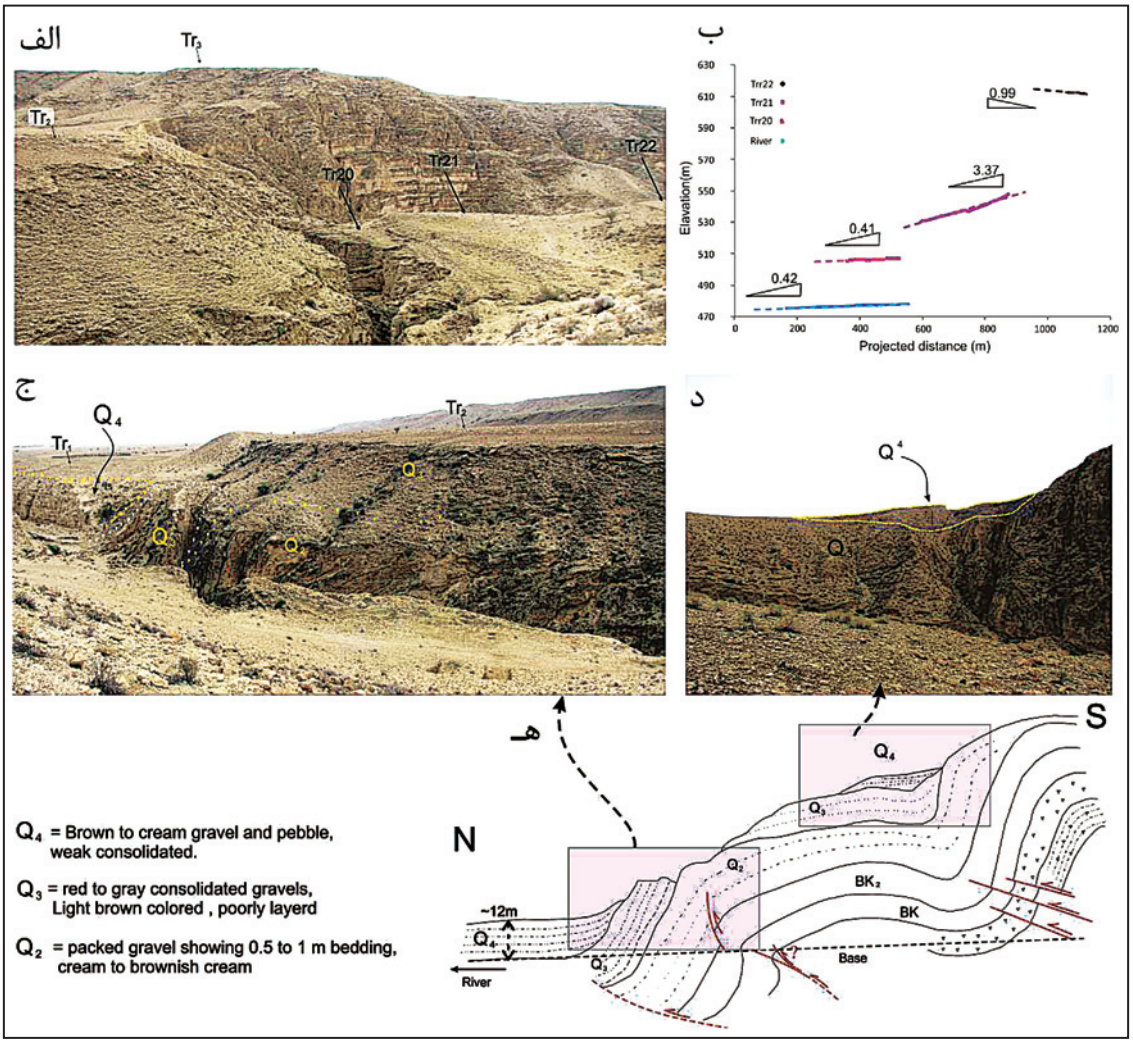
شکل ۵- ستون چینه‌شناسی گستره مورد بررسی، ستبرای واحدهای سنگی ناحیه به همراه سنگ‌شناسی و سن واحدها برگرفته از مطالعات Molinaro et al. (2005)، Sattarzadeh et al. (2000)، Sherkati et al. (2006). اعداد برحسب کیلومتر ذکر شده‌اند. واحدهای جدایشی مهم با شدت بیشتر رنگ خاکستری مشخص گردیده‌اند. بخش بالایی سازند آغاجاری در ناحیه به واسطه وجود مارن و میان‌لایه‌های نازک ژیپسی می‌تواند به صورت یک سطح فراکنشی نقش مهمی در کنترل لغزش بین‌لایه‌ای و انتقال آن به سطح بازی می‌کند. سازند بختیاری جوان‌ترین واحد زمین‌شناسی ناحیه را تشکیل می‌دهد که بیشتر به صورت غیرهمشیب بر روی سازند آغاجاری یا مارن‌های میشان واقع می‌شود. واریزه‌های جوان حاصل از فرسایش سازند بختیاری Qbk2 ، بخش وسیعی از ناحیه را می‌پوشاند. رخساره سازند آغاجاری در ناحیه بیشتر به صورت ماسه‌سنگی است که در بخش بالایی درشت‌دانه شده و به ریزسنگ‌جوش نزدیک می‌شود در برخی بخش‌ها میان‌لایه‌هایی از مارن خاکستری و احتمالاً ژیپس در این بخش قابل تفکیک است. سنگ‌شناسی چیره سازند میشان در ناحیه شامل مارن‌های خاکستری، شیل مدادی و مارن‌های تیره است که به دلیل فرسایش در سطح به شکل لکه‌های پراکنده قابل مشاهده است. سازند گچساران بیشتر به صورت مارن‌های آهکی با میان‌لایه‌های ژیپس و آهک نازک‌لایه دیده می‌شود و بیشتر در یال تاقدیس‌های بزرگ رخنمون آن دیده می‌شود.



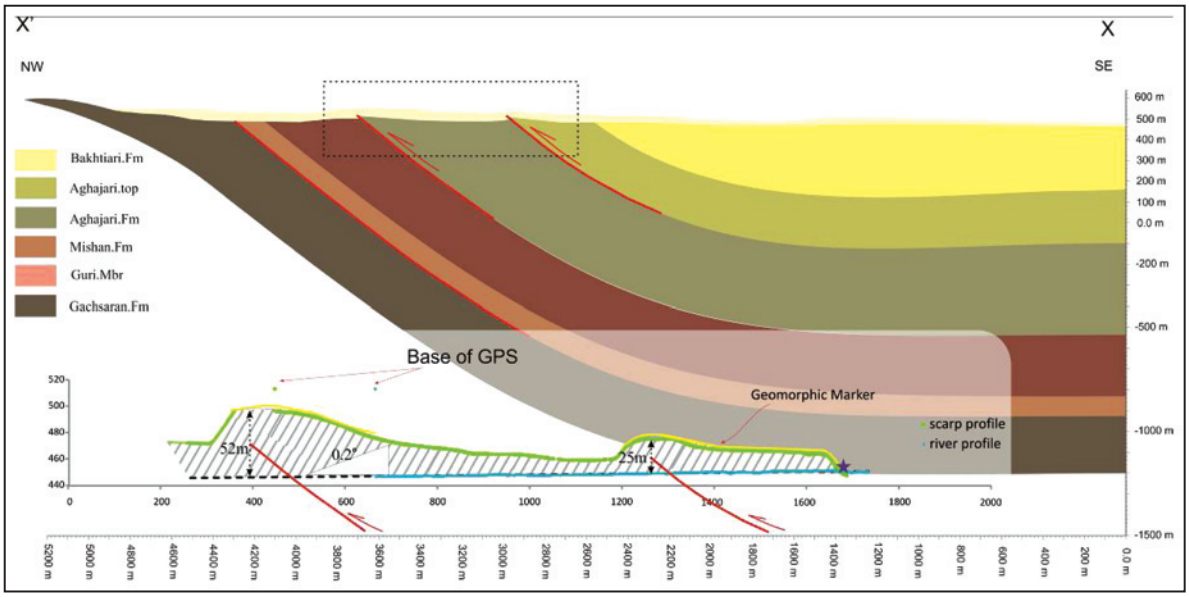
شکل ۶- نقشه نوزمین‌ساخت ناحیه مورد بررسی. خطوط پیوسته برداشت‌های انجام شده توسط GPS را نشان می‌دهد. Pb برداشت انجام‌شده در افرازهای زمی ساختی بیسه. Pa برداشت‌های انجام شده در حاشیه دره انوه.Pfw برداشت‌های انجام‌شده در انتهای باختری ساختار ناودیسی. خطوط ناپیوسته محل نیمرخ‌های ارتفاعی استخراج شده از تصویر SRTM ۹۰ m است. خطـوط پیوسته 'A-A ، 'B-B و 'C-C محل ترسیم نیمرخ‌های عرضی در ناحیه است.پاره خط a-b محل برداشت نیمرخ ارتفاعی(شکل ۷-ب) را نمایش می‌دهد.



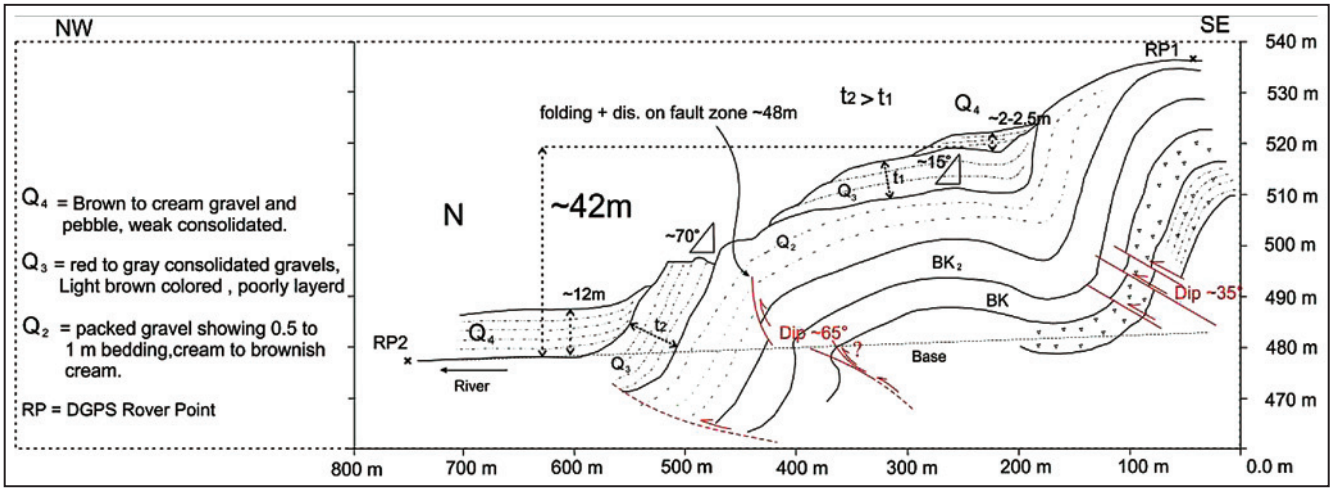
شکل۷-الف) افراز زمین‌ساختی شمالی در جنوب کلاته بیسه. دید عکس به سمت جنوب است. ب) نیمرخ ارتفاعی برداشت شده در عرض افرازهای بیسه نشان می‌دهد افراز شمالی حدود ۵۲ متر از سطح اساس رودخانه بلندا یافته است. محل برش a-b بر روی نقشه نوزمین‌ساخت ناحیه (شکل۶) نشان داده شده است.



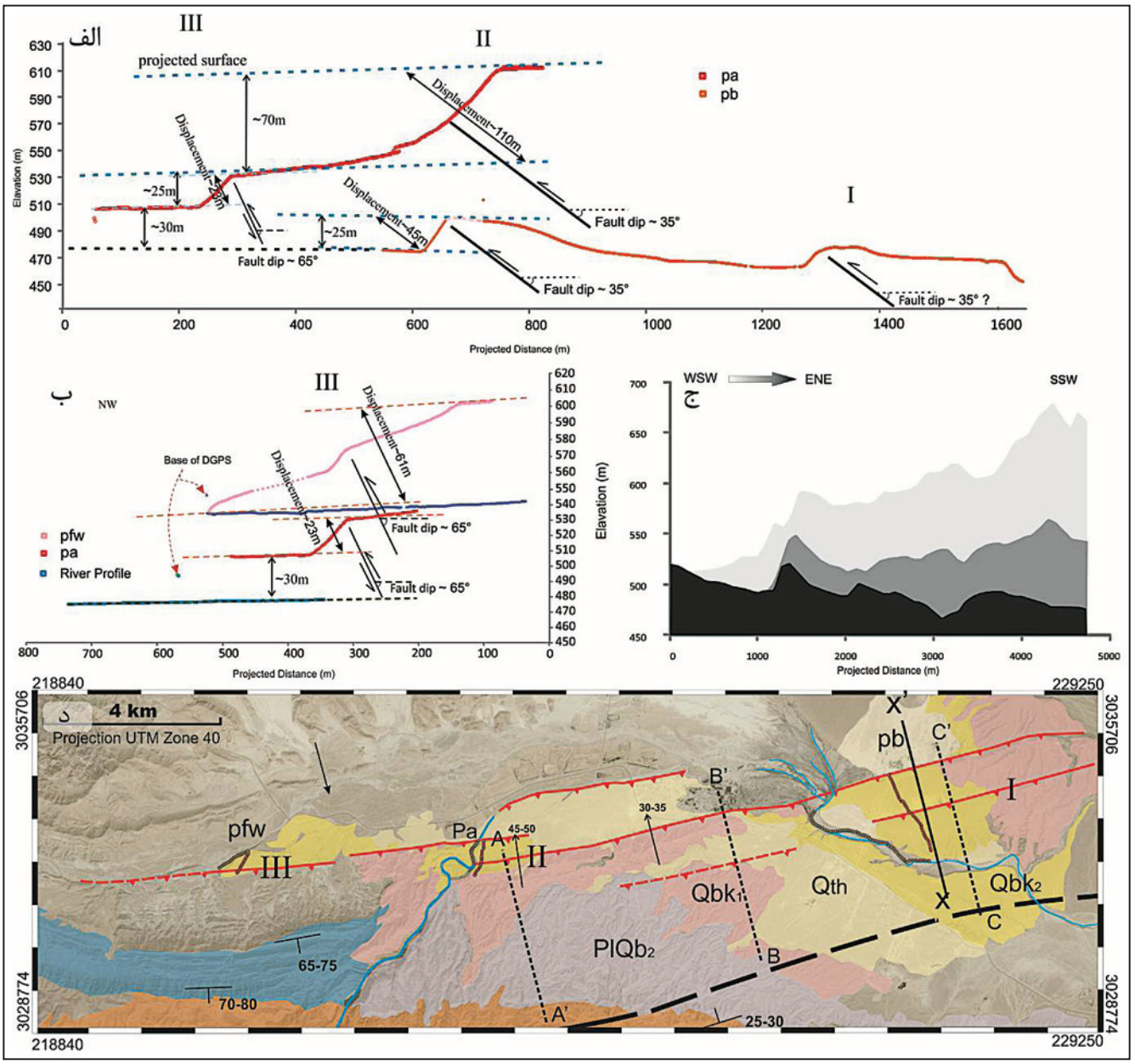
شکل ۸- الف و ب) نمایی از دره انوه و پادگانه‌های رودخانه‌ای برداشت‌شده در حاشیه آن. شکل ب تفاوت در ارتفاع پادگانه‌ها در مسیر رودخانه فصلی را نشان می‌دهد. ارتفاع پادگانه‌ها به سوی هسته ساختار ناودیسی انوه افزایش می‌یابد. ج، د) خمش واحدهای رسوبی جوان و کاهش گسترش واحد Q_4 به سوی مغزه ساختار ناودیسی را نشان می‌دهد. ستبرای این واحد در حاشیه جنوبی پهنه گسلی ۱۲ متر و به سوی فرادیواره پهنه گسلی این مقدار کاهش می‌یابد. دید هردو شکل به سمت خاور است. هـ) برش تهیه شده در راستای دره انوه نشان‌دهنده مهاجرت جبهه دگرشکلی به سمت شمال است.



شکل ۹- سازوکار احتمالی تغییر شکل در بخش خاوری ناودیس انوه. انتظار می‌رود که لغزش بین لایه‌ای در مرز لایه‌های کم‌قوام مانند بخش بالایی سازند آغاجاری و میشان عامل ایجاد دگریختی در واحد بختیاری باشد.



شکل ۱۰- برش دگریختی واحدهای جوان در حاشیه دره انوه. پیشانی دگریختی به سمت شمال پیشروی نموده است. نهشتگی واحد Q4 همگام با دگریختی جوان بوده است. برداشت‌های DGPS نشان‌دهنده اختلاف ارتفاع ۴۲ برای نشانگر ریختاری Q_4 است. به نظر می‌رسد ارتباط شاخه‌های گسلی نقش عمده‌ای در انتقال جابه‌جایی ناشی از گسلش در ژرفا و نمود آن در سطح زمین و پدید آوردن ریخت‌زمین‌ساخت گستره مورد بررسی باشد. داده‌های ارتفاعی بر پایه برداشت‌های DGPS می‌باشند.



شکل ۱۱- الف) مقایسه دو نیمرخ ارتفاعی برداشت‌شده به وسیله RTK GPS از افرازهای زمین‌ساختی بیسه و حاشیه دره انوه نشان‌دهنده افزایش بلندای افراز به سوی باختر است. اختلاف در بلندای افرازدست‌کم ۶۵ متر برآورد شده است. ب) مقایسه افراز tr_2 با یک افراز باختری‌تر نیز نشان‌دهنده ۳۸ متر افزایش در بلندای افراز به سمت باختر است. ج) مقایسه نیمرخ‌های عرضی بر روی ساختار ناودیسی انوه در سه بخش خاوری مرکزی و باختری که از تصویر SRTM ۹۰ m استخراج شده است، گویای همخوانی در فرم و افزایش میزان فرایش به سمت باختر است. محل برش‌ها در شکل د نشان داده شده‌است (خاکستری کم‌رنگ 'C-C، خاکستری پررنگ 'B-B، سیاه 'A-A).

کتابنگاری

هاشمی، خ.، اویسی، ب.، سعیدی، ع.، ۱۳۹۱- تحلیل کینماتیکی نشانگرهای ژئومورفیکی و برآورد نرخ نسبی تغییر شکل‌های فعال در راستای گسل کواترنر هرمود، خاور زاگرس مرکزی، فصلنامه علوم‌زمین، زمستان ۱۳۹۱، سال بیست‌و دوم، شماره ۸۶ ص. ۱۴۲- ۱۳۵.

References

Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution: American Journal of Science, v. 304, p. 1–20.

Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros Fold-Thrust belt in Iran: American Journal of Science, v. 307, p.1064–1095.

Bahroudi, A. & Koyi, H.A., 2003- Effect of spatial distribution of Hormuz salt on deformation style in the Zagros fold and thrust belt: an analogue modelling approach. Journal of the Geological Society, London, 160, 719-733.

Bahroudi, A., 2003- The effect of mechanical characteristics of basal docollement and the basement structures on deformation of the Zagros basin. Uppsala University, Ph.D thesis.

Bahroudi, A. & Koyi, H. A., 2004- Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin, Marine and Petroleum Geology, v. 21 (2004) p. 1295–1310.

Berberian, M., 1995- Master ‘‘blind’’ thrust faults hidden under the Zagros folds: Active basement tectonics and surface tectonics surface morphotec-tonics, Tectonophysics, 241, 193 – 224.

Burbank, D. W. & Anderson, R. S., 2001- Tectonic Geomorphology. 274 pp. Oxford: Blackwell.

Dahlstrom, C.D.A., 1969- Balanced cross sections. Canadian Journal of Earth Sciences, 6, 743– 757.

Davis, K., Burbank, D.W., Fisher, D., Wallace, S. and Nobes, D., 2005- Thrust-fault growth and segment linkage in the active Ostler fault zone, New Zealand: Journal of Structural Geology 27 (2005) 1528–1546.

Falcon, N.L., 1974- Southern Iran: Zagros Mountains. In: SPENCER, A. (ed.) Mesozoic- Cenozoic Orogenic Belts. Geological Society, London, Special Publications, 4, 199-211.

Hessami, KH., 2002- Tectonic History and Present-Day Deformation in the Zagros Fold-Thrust Belt, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 700.

James, G.A. and Wynd, J.G., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49, 2182-2245.

Koyi, H.A., Hessami, K. & Teixell, A., 2000- Epicenter distribution and magnitude of earthquakes in fold–thrust belts: insights from sandbox models: Geophysical Research Letters, 27, 273–276.

Maggi, A., Jackson, J.A., McKenzie, D. and Priestley, K., 2000- Earthquake focal depths, effective elastic thickness, and the strength of the continental lithosphere, Geology, 28, 495-498.

McQuarrie, N., 2004- Crustal-scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran, Journal of Structural Geology, 26, 519–535.

Molinaro, M., Leturmy, P., Guezou, J.-C., Frizone de Lamotte, D. and Eshraghi, S. A., 2005- The Structure and Kinematics of the Southeastern Zagros Fold-Thrust Belt,Iran: From Thin-Skinned to Thick Skinned: Tectonics. Tectonics, v. 24(3), p.Tc3007.

Motiei, H., 1993- Stratigraphy of Zagros: Treatise on the Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran.

Mueller, K. and Suppe, J., 1997- Growth of Wheeler Ridge Anticline, California: Implications for fault-bend folding behaviour during earthquakes, Journal of Structural Geology, 19, 383-396.

Oveisi, B., Lavé, J. and Van der Beek, P., 2007- Rates and processes of active folding evidenced by Pleistocene terraces at the central Zagros front (Iran), in Thrust Belts and Foreland Basins, «Frontiers in Earth Sciences» Series, edited by O. Lacombe et al., Springer-Verlag, New York, pp. 265-285.

Oveisi, B., Lavé, J., Van der Beek, P., Carcaillet, J., Benedetti, L. & Aubourg, C., 2009- Thick- and thin-skinned deformation rates in the central Zagros simple folded zone (Iran) indicated by displacement of geomorphic surfaces, Geophys. J. Int., 176,627– 654, doi:10.1111/j.1365-246X.2008.04002.x.

Sattarzadeh, Y., Cosgrove, J. W. & Vita-finzi, C., 2000- The interplay of faulting and folding during the evolution of the Zagros deformation belt, Geological Society, London, Special Publications, 169:187-196,doi:10.1144/GSL.SP.2000.169.01.14.

Sepehr, M., Cosgrove, J.W., Moieni, M., 2006- The impact of cover rock rheology on the style of folding in the Zagros fold-thrust belt. Tectonophysics, 427, p. 265-281.

Sherkati. S. and Letouzey, J., 2004- Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran. Marine and Petroleum Geology, 21, 535-554.

Sherkati, S., Letouzey, J. and Frizon de Lamotte, D., 2006- The Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation and sandbox modelling, Tectonics, 25, doi:10.1029/2004TC001766.

Talebian, M. & Jackson, J., 2004- A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran. Geophysical Journal International, 156, 506-526.

Vernant, P. and chery, J., 2006- Low fault friction in Iran implies localized deformation for the Arabia–Eurasia collision zone, Earth and Planetary Science Letters 246 (2006) 197–206.

Walker, R.T, Andalibi, M. J., Gheitanchi, M. R., Jackson, J. A., Karegar, S. and Priestley, K., 2005- Seismological and field observations from the 1990 November 6Furg (Hormozgan) earthquake: a rare case of surface rupture in the Zagros mountains of Iran. Geophysical Journal International, 163, 567-579.

Recent Crustal Deformation in SW-Zagros, Iran, Controlled by Syncline Core Extrusion

A. Salehpour [1*], B. Oveisi [2], M. R. Ghassemi [3]

[1] M. Sc., Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[2] Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[3] Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2011 November 19 Accepted: 2013 May 13

Abstract

In thin-skinned fold-thrust belts, the style of deformation is critically depends not only on the resistance to sliding along basal detachment, but also on the presence of intermediate decollement levels or/and ductile units within the wedge. In ZFTB the incompetent units known as detachment levels like the Gachsaran formation (Shallow level) and the Hormuz salt series (deep) affect strongly the deformation style. However, in many cases shallow level detachment of the Gachsaran unit controls this shallow deformations, but owing to the different facies of this unit in the studied area it is reasonable to other incompetent shallow units (e.g. the middle Miocene Mishan Fm. and the Upper part of Aghajari Fm.) to partially decoupling deformation form the underlying sedimentary units, and have permitted the re-activation of pre-existing syncline structures, through upward extrusion of the syncline core. Owing to the concentration of significant amounts of young deformation across the structure (specially northern hinge) in the style of erosional surfaces, the East-West trending Anve syncline in north of the Bastak town, considered to be one of the most active structures in the region. In this study, we try to define the vertical deformation of a geomorphic marker as well as using tectonic morphology techniques to shed light on the deformation extend and pattern in the eastern and western parts of the structure . However, the microseismic data do not suggest any significant event related to this kind of deformation, but studying deformation style and relative uplift rate estimation could be beneficial dealing with earthquake hazards in the region.

Keywords: Young deformations, Syncline core extrusion, Mishan Formation, Upper part of Aghajari Formation, The Anve Syncline, Zagros fold-and-thrust belt.

For Persian Version see pages 235 to 244

*Corresponding author: A. Salehpour; E-mail:arminsalehpour@gmail.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional