بررسی کوتاه‌شدگی و تغییرات هندسه ساختاری تاقدیس پازنان با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری بازتابی (فروبار دزفول، جنوب باختر ایران)

رضا علی‌پور[۱و*]، سیداحمد علوی[۲] و محمدرضا قاسمی[۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳. دانشیار پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۰

چکیده

در این پژوهش با استفاده از نیم‌رخ‌های لرزه‌نگاری، درصد کوتاه‌شدگی و تغییرات هندسه ساختاری تاقدیس پازنان در فروبار دزفول (جنوب باختر ایران) مورد بررسی قرار گرفته است. این تاقدیس با روند شمال باختری – جنوب خاوری، در رخنمون سطحی دارای طول و عرض به ترتیب ٦٠ کیلومتر و ٤ تا ٦ کیلومتر می‌باشد. بلندی هندیجان که در بخش شمال باختری تاقدیس پازنان قرار دارد، مهمترین ساختاری است که باعث دگریختی متفاوت در طول تاقدیس و تغییر در هندسه آن شده است. به‌طور کلی در منطقه شمال باختری بلندی هندیجان، هندسه کلی شامل یک راندگی جلویی اصلی، به سطح رسیدن راندگی کم عمق و ضخامت کم سازند گچساران در منطقه لولا می‌باشد. در محدوده بلندی هندیجان، هندسه تاقدیس مشابه قسمت شمالی است، ولی ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا بیشتر شده است. در بخش جنوب خاوری بلندی هندیجان و بخش عمده قسمت‌های مرکزی تاقدیس تا بخش‌های جنوب خاوری تاقدیس هندسه چین بسته‌تر شده است و در انتهای جنوب خاوری تاقدیس راندگی بالایی تشکیل نشده است. همچنین بیشترین درصد کوتاه‌شدگی در تاقدیس مربوط به بخش میانی آن است که حدود ۱۱ درصد و ناشی از انحنا و خمش زیاد در محور چین می‌باشد و کمترین درصد کوتاه‌شدگی مربوط به بخش‌های جنوب خاوری تاقدیس است که حدود ٨/٤ تا ٨/٦ درصد می‌باشد و احتمالا به علت میل محور چین در این قسمت است.

واژه‌های کلیدی: پازنان، زاگرس، فروبار دزفول، نیم‌رخ بازتاب لرزه‌ای، هندیجان

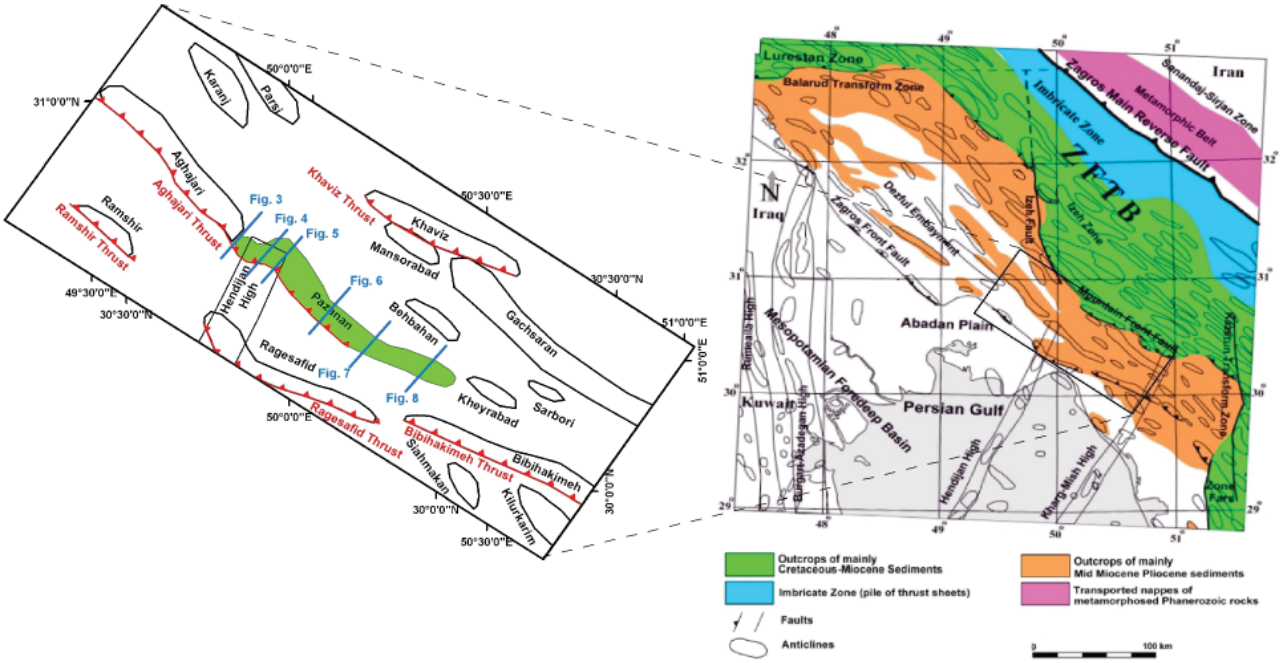
مقدمه

تاقدیس پازنان در کمربند چین خورده – راندگی زاگرس (فروبار دزفول) قرار گرفته که با توجه به فعالیت‌های زمین‌ساختی مربوط به چین‌خوردگی حاکم بر سامانه زاگرس، شکستگی‌های متعدد و متغیری در آن ایجاد شده است. به‌طورکلی، دگریختی کمربند چین خورده–راندگی زاگرس نتیجه همگرایی بین صفحات عربی و اوراسیا از کرتاسه میانی– بالایی است (Falcon, 1969). بسته شدن نهایی نئوتتیس در میوسن زیرین صورت گرفته است (Stoneley, 1981) و کمربند چین خورده– راندگی زاگرس در طول فاز اصلی کوهزایی زاگرس در میوسن بالایی تا زمان حاضر شکل گرفته است (Stocklin, 1968). دگریختی رسوبات بخش پیش‌بوم زاگرس به‌صورت کمربند چین‌خورده – راندگی، همچون دیگر کمربندهای چین‌خورده ـ راندگی ناشی از انتشار راندگی‌های جدایش یافته از پی‌سنگ و هم امتداد با روند

* نویسنده مرتبط Rezaalipoor116@gmail.com

کوه‌زاد و چین‌خوردگی‌های همراه می‌باشد، ولی برخلاف غالب این کمربندها گسل‌های راندگی رخنمون سطحی کمتری داشته و بیشتر نهان می‌باشند (Berberian, 1995). این دگریختی‌ها بعد از برخورد قاره ـ قاره ورق عربی و ایران مرکزی از بخش‌های جنوبی کمربند سنندج- سیرجان آغاز شده و به سمت پیش‌بوم توسعه یافته و تا عصر حاضر نیز ادامه دارند، به‌طوری‌که امروزه ۲۰ میلیمتر در سال کوتاه‌شدگی در زاگرس مشاهده می‌شود. این میزان کوتاه‌شدگی به باز شدن دریای سرخ که به‌طور متوسط حدود ۲۰ میلیمتر در سال گزارش شده، نسبت داده شده است (Vita-Finzi, 2001). از نظر هندسی تاقدیس پازنان که یکی از بزرگترین میادین نفتی جنوب باختر ایران می‌باشد، دارای روند شمال باختری – جنوب خاوری و طول و عرض به ترتیب ٦٠ کیلومتر و ٤ تا ٦ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱). امتداد محور تاقدیس پازنان مانند دیگر ساختارهای زاگرس در جهت شمال باختر–جنوب خاور بوده که روند محور در بخش شمال باختری N304 درجه بوده سپس با یک چرخش به N328 درجه رسیده و دوباره در بخش‌های مرکزی تاقدیس به روند اولیه بازگشته و نهایتا در قسمت جنوب خاوری تاقدیس، روند N290 درجه را پیدا می‌کند. در این تاقدیس بیشینه شیب در یال شمال خاوری ٢٤ تا ٢٨ درجه و در یال جنوب باختری ٣٥ تا ٤٠ درجه می‌باشد. ساختمان‌های چین خورده در زاگرس عمدتا دارای ویژگی چین‌خوردگی موازی می‌باشند که در اثر سازوکار خمشی واحدهای سنگی کامبرین تا میوسن به‌وجود آمده اند (Colman Sad, 1978). چین‌های جدایشی نوع دیگر چین‌های مطرح شده در کمربند چین خورده – راندگی می‌باشد. در یک چین جدایشی یک لایه سنگی نسبتا مقاوم و یک لایه با مقاومت کمتر وجود دارد که دگریختی از یک سطح جدایشی مشخص می‌شود (Dahlstrom, 1990; Poblet and McClay, 1996., Mitra, 2002b and 2003). چین‌های جدایشی در جایی شکل می‌گیرند که سکوی راندگی در یک نقطه قفل می‌شود و جابجایی راندگی به صفر می‌رسد و مانع ادامه انتشار افقی یا با زاویه کم گسل می‌شود که در این حالت جابجایی در فرادیواره ورق راندگی موازی لایه‌بندی با چین‌خوردگی و برخاستگی قائم در فرادیواره گسل اتفاق می‌افتد (McClay, 2003). سطوح جدایش متعددی در کمربند زاگرس در طی مراحل مختلف دگریختی پیش‌رو، هندسه چین‌ها را پیچیده نموده‌اند (Sherkati and Letouzey, 2004). در منطقه مورد مطالعه سازندهای هرمز، سرگلو، گوتینا، گرو، کژدمی، گورپی، پابده و گچساران سطوح جداکننده مهم می‌باشند. همچنین یال‌های جلویی پرشیب تا برگشته باعث ایجاد چین‌های انتشار گسلی در جلوی راندگی‌های پنهان در زاگرس گردیده است (McQuarrie, 2004) و ساختارهای پس راندگی (Mitra, 2002b) و راندگی‌های خارج از توالی (Morley, 1988) در بخش‌هایی از تاقدیس‌های فروبار دزفول قابل مشاهده است.

با توجه به تغییرات هندسی و سبک ساختاری چین‌خوردگی‌های کمربند چین‌خورده – راندگی زاگرس نرخ کوتاه‌شدگی در بخش‌های مختلف زاگرس با روش‌های متفاوتی محاسبه گردیده است. اندازه‌گیری‌های GPS در زاگرس مرکزی، نرخ کوتاه‌شدگی کنونی این بخش را ۱۰ میلیمتر در سال در جهت NNE-SSW برآورد کرده‌اند که حدود ۵۰ درصد از کل هم‌گرایی بین عربستان و اوراسیا (۲۱ میلی‌متر در سال) را تشکیل می‌دهد (Tatar et al.,



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی ساده شده بخش جنوب باختری کمربند چین و راندگی زاگرس (Abdollahie Fard et al., 2006) و موقعیت ساختاری تاقدیس پازنان و تاقدیس‌های اطراف در جنوب باختر ایران (محدوده سبز رنگ موقعیت سطحی تاقدیس پازنان و خطوط آبی رنگ مکان نیم‌رخ های لرزه‌نگاری شکل‌های ۳ تا ۸ را نشان می‌دهند. همچنین مکان سطحی بلندای هندیجان و راندگی آغاجاری در یال جنوب باختری تاقدیس پازنان نشان داده شده است).

2002). بازسازی و ترزامند کردن یک نیم‌رخ عرضی در زاگرس چین‌خورده ساده (Blanc et al., 2003) ٤٩ کیلومتر کوتاه‌شدگی، بازسازی یک مقطع عرضی ترازمند شده در جنوب خاوری زاگرس (Molinaro et al., 2005a)، دست کم ٤٥ کیلومتر کوتاه‌شدگی (٢٢ درصد) و بازسازی سه مقطع عرضی در فارس، فروافتادگی دزفول و لرستان (McQuarrier, 2004)، ٧٠±٢٠ کیلومتر کوتاه‌شدگی کلی را نشان می‌دهند. همچنین بر اساس تغییرات سبک ساختاری و تحول حوضه در زاگرس مرکزی (منطقه ایذه و فروافتادگی دزفول) یک افت ناگهانی میزان کوتاه شدگی از حدود ١٦ درصد در منطقه ایذه به ٦ درصد در فروافتادگی دزفول براساس تهیه مقاطع عرضی بازسازی شده به‌دست آمده است (Sherkati and Letouzey, 2004). بیشتر مخازن هیدروکربوری ایران در منطقه فروافتاده دزفول قرار گرفته‌اند و با توجه به اهمیت اقتصادی این منطقه و ابهامات موجود از دیدگاه‌های ساختمانی، در این مطالعه با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری بازتابی، اطلاعات چاه‌ها و نقشه‌های زیرسطحی، تغییرات هندسه ساختاری تاقدیس پازنان مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برای برآورد درصد کوتاه‌شدگی، ٣٠ نیم‌رخ لرزه‌نگاری در طول تاقدیس مورد تفسیر دقیق قرار گرفته و نرخ کوتاه‌شدگی در افق‌های مختلف سنگ‌شناختی به‌دست آمده است.

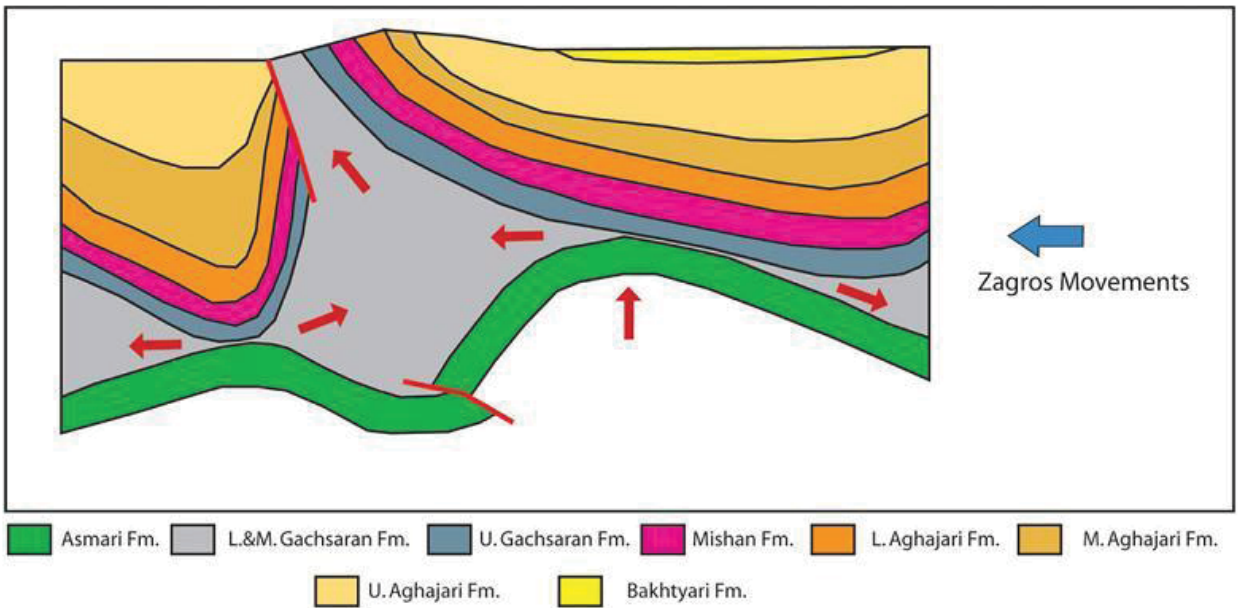
جایگاه ساختاری گستره مورد بررسی

تاقدیس پازنان در کمربند چین‌خورده رانده زاگرس و پهنه فروافتادگی دزفول قرار گرفته است. محققین متفاوتی کمربند چین‌خورده رانده زاگرس را به بخش‌های مختلفی تقسیم‌بندی کرده‌اند (Falcon, 1969; Stocklin, 1968; Berberian and King, 1981). در بیشتر موارد راندگی اصلی زاگرس، منطقه زمین‌درز بین صفحات ایران و عربی در نظر گرفته شده است. کمربند چین خورده راندگی زاگرس از شمال باختری به سمت جنوب خاوری به ایالت‌های زمین‌شناسی لرستان، فروبار دزفول و فارس تقسیم گردیده است (مطیعی، ١٣٧٢). پدیده ساختاری فروافتادگی دزفول در جنوب باختری پهنه راندگی‌ها قرار داشته و بخشی از زاگرس چین‌خورده است که در آن سازند آسماری رخنمون ندارد. این فروبار، میان سه پدیده مهم ساختمانی پهنه خمشی بالارود (چپ‌گرد)، پهنه خمشی جبهه کوهستانی، پهنه خمشی – گسلی کازرون (راست‌گرد) جای دارد. در شکل‌گیری این فروافتادگی عملکرد توأم خطواره قطر ـ کازرون (راست‌گرد) و خطواره بالارود (چپگرد) نقش اساسی داشته‌اند. فروافتادگی دزفول بین ٣٠٠٠ تا ٦٠٠٠ متر پایین افتادگی دارد و نسبت به مناطق همجوار از نظر زمین‌ساختی پایدارتر بوده و چین‌خوردگی کمتری را متحمل شده است (آقانباتی، ١٣٨٥). قرارگیری تاقدیس پازنان در فروافتادگی دزفول نسبت به تاقدیس‌های اطراف بدین صورت می‌باشد که این تاقدیس در جنوب خاور تاقدیس آغاجاری، شمال خاور تاقدیس رگه سفید، شمال باختر تاقدیس‌های بی‌بی‌حکیمه و خیرآباد و جنوب باختر تاقدیس‌های بهبهان و منصورآباد قرار گرفته است. شواهد هندسی نشان می‌دهد این ساختار، تاقدیسی نامتقارن با گسلی بزرگ و معکوس در یال جنوبی است که احتمالاً تداوم گسل یال جنوبی تاقدیس آغاجاری است. بلندی هندیجان با روند شمال خاوری ـ جنوب باختری از انتهای شمال باختری تاقدیس پازنان عبور می‌کند. نقشه هم ضخامت سازند سروک با سن سنومانین ـ تورونین حاکی از فرسایش و عدم رسوب‌گذاری در بلندی هندیجان در طی زمان تورونین می‌باشد که سازند سروک در بالای بلندی هندیجان نازک می‌گردد (Abdollahie Frad et al., 2006a).

بحث

در ساختارهای چینخورده در منطقه فروبار دزفول واحدهای متنوع چینه‌شناسی متنوعی در دگرشکلی درگیر شده‌اند و لایه‌های کم‌قوام متعددی افق‌های پرقوام را از یکدیگر جدا کرده‌اند. سازندهای هرمز، سرگلو، گوتینا، گرو، کژدمی، گورپی، پابده و گچساران سطوح جداکننده مهم می‌باشند که در این بین نمک هرمز در عمق و سازند گچساران در بخش‌های نزدیک‌تر به سطح نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. به‌طور کلی گسل راندگی جلویی اصلی در یال جنوب باختری این ساختارها نقش اساسی در هندسه چین‌خوردگی و جابجایی توالی‌های سنگ‌شناسی بر عهده داشته که با توسعه چین‌خوردگی پسراندگی هم غالبا شکل گرفته است. در مواردی هم پسراندگی یک گسل واحد نبوده و به‌صورت دوتایی تشکیل میگردد. همانطور که در شکل ١ مشاهده می‌شود، در رخنمون سطحی تاقدیس پازنان و نواحی اطراف محور چین، عملکرد چین‌خوردگی و گسلش باعث رخنمون سازندهای آواری آغاجاری (با سن میوسن بالایی تا پلیوسن)، مارنی میشان (با سن میوسن پیشین تا میانی) و در قسمت‌های محدودی سازند تبخیری گچساران (الیگومیوسن) گردیده است. سازند گچساران نقش اساسی در دگریختی چین‌خوردگی‌های زاگرس داشته است، به‌طوری‌که نیروهای فشارشی ناشی از کوهزایی زاگرس باعث ایجاد راندگی در سازند گچساران می‌شود و این راندگی نقش مهمی در حرکت رو به بالای مواد شکل‌پذیر بازی کرده‌اند. بخش‌های بالای مواد کم‌قوام به سمت سطح حرکت کرده‌اند و در نتیجه بخش‌های بالایی سازندهای گچساران، میشان (میوسن میانی) و آغاجاری (میوسن بالایی تا پلیوسن) به سمت بالا خمیده شده‌اند و همچنین بخش‌های کم‌قوام سازند گچساران طی دگریختی از محور تاقدیس به اطراف حرکت کرده‌اند (شکل ٢) (Abdollahie Fard et al., 2011).

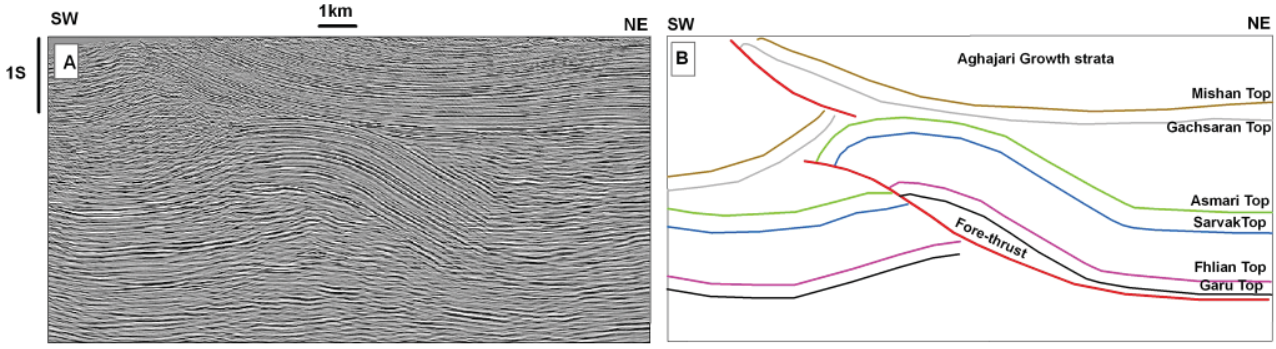
در این مطالعه برای بررسی هندسه ساختاری تاقدیس پازنان نیم‌رخ های لرزه‌ای متعددی مورد تفسیر قرار گرفته و سپس تغییرات ساختاری از شمال باختری تا جنوب خاوری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بدین منظور تعداد ٦ نیم‌رخ لرزه‌نگاری در طول تاقدیس انتخاب، مورد تفسیر و ساختارها بر روی آن مشخص گردیده که موقعیت این نیم‌رخ های لرزه‌نگاری روی شکل ١ مشخص شده است. نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٣



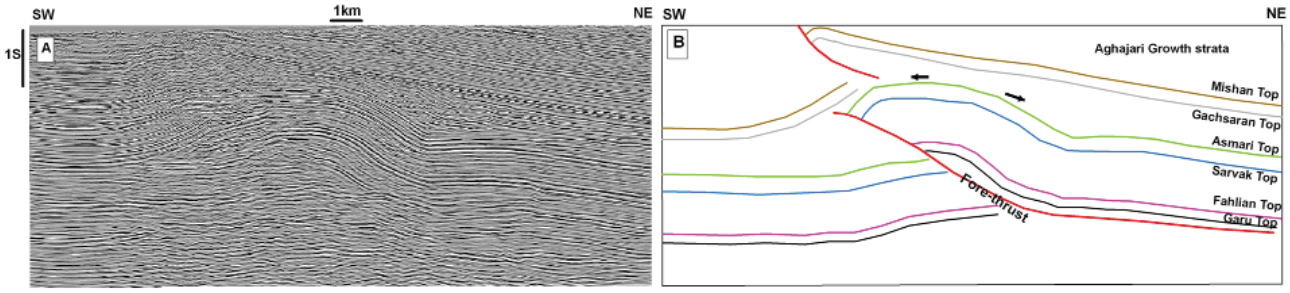
شکل ۲. دگریختی سازند گچساران در طی دگریختی ناشی از کوهزایی زاگرس و حرکت جانبی و رو به بالای مواد کم‌قوام (Abdollahie Fard et al., 2011).

و تفسیر آن در قسمت شمال باختری تاقدیس پازنان قرار دارد که بخش غالب رخنمون سطحی در امتداد این نیم‌رخ را سازند آواری آغاجاری تشکیل می‌دهد. هندسه این قسمت از تاقدیس با توجه به قرارگیری در نزدیکی محدوده میل تاقدیس آغاجاری، کمی پیچیده به‌نظر می‌رسد. یک راندگی عمقی جلویی با ریشه در سازند گرو تا بخش‌های میانی سازند گچساران نفوذ کرده و باعث ایجاد دگریختی اصلی شده و با ادامه دگریختی یک راندگی بالایی که ریشه در سازند شکل‌پذیر گچساران دارد، به سطح رسیده است و باعث خمش در رخنمون سطحی سازند میشان شده است. ضخامت سازند گچساران در محدوده لولای چین به‌حداقل مقدار خود رسیده و در بخش‌های یال‌های چین و اطراف آن دچار ضخیم‌شدگی شده است که به‌علت حرکت جانبی مواد شکل‌پذیر بوده و باعث ضخیم‌شدگی بسیار زیاد سازند گچساران روی یال شمال خاوری تاقدیس شده است. میانگین درصد کوتاه‌شدگی در این نیم‌رخ حدود ۱۰/۷ می باشد که در افق‌های آسماری، سروک و فهلیان به ترتیب ۱۰/۸، ۱۰/٦ و ۱۰/٦ می‌باشد و نشان می‌دهد که نرخ کوتاه‌شدگی در افق آسماری مقدار بیشتری دارد.

نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٤ در بخش شمال باختری تاقدیس پازنان و در جنوب نیم‌رخ شکل ۳ قرار گرفته است. همانطور که در این نیم‌رخ لرزه‌نگاری و تفسیر مربوط به آن مشاهده می‌گردد (مانند نیم‌رخ شکل ۳) بخش غالب رخنمون سطحی در امتداد این نیم‌رخ لرزه‌نگاری را سازند آواری آغاجاری تشکیل می‌دهد و هندسه آن شبیه نیم‌رخ شکل ۳ می‌باشد. یک راندگی عمقی جلویی با ریشه در سازند گرو تا بخش‌های میانی سازند گچساران نفوذ کرده و باعث ایجاد دگریختی اصلی شده و یک راندگی بالایی که ریشه در سازند شکل‌پذیر گچساران دارد به سطح رسیده است و باعث خمش در رخنمون سطحی سازندهای میشان و آغاجاری شده است. در نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٤، ضخامت سازند گچساران در محدوده لولای چین به حداقل



شکل ۳. A) نیم‌رخ لرزه‌نگاری بخش شمال باختری تاقدیس پازنان (موقعیت در شکل ۱ نشان داده شد است)، B) تفسیر نیم‌رخ A یک راندگی با ریشه نسبتا عمیق در یال جنوبی تاقدیس دیده می‌شود و همچنین با ادامه دگریختی یک راندگی بالایی با ریشه در سازند گچساران به سطح رسیده است.

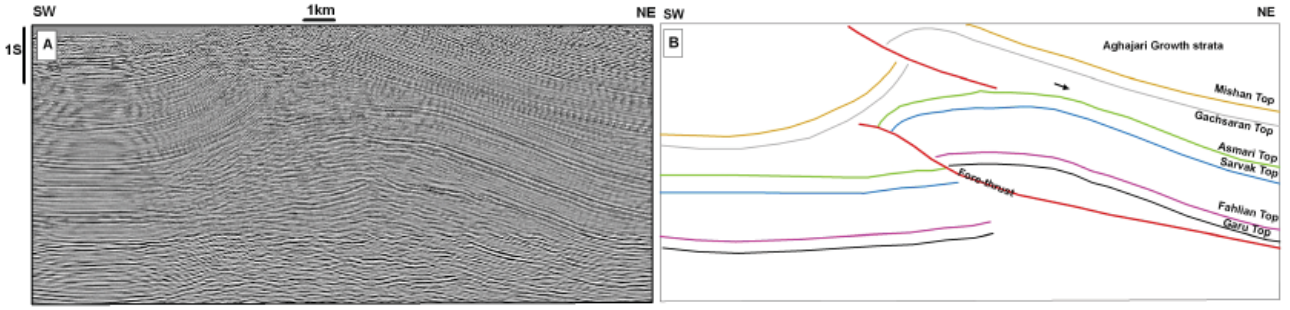


شکل ٤. A) نیم‌رخ لرزه‌نگاری بخش شمال باختری تاقدیس پازنان (موقعیت در شکل ۱ نشان داده شده است)، B) تفسیر نیم‌رخ A یک راندگی با ریشه عمیق در سازند گرو در یال جنوبی تاقدیس را نشان می‌دهد. ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا کم شده و چینه‌های رشدی سازند آغاجاری قابل مشاهده هستند.

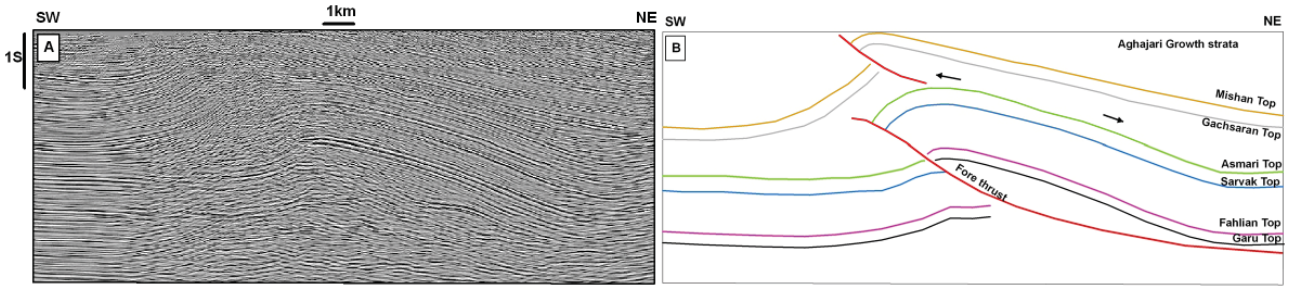
مقدار خود رسیده و در بخش یال‌های چین و اطراف آن دچار ضخیم‌شدگی شده است. همچنین پیکان‌های ضخیم محل حرکت مواد شکل‌پذیر سازند گچساران را نشان می‌دهند، اما در مقایسه با نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ۳ سازند گچساران در قسمت یال‌های چین و نواحی اطراف آن ضخامت کمتری دارد و در بخش منطقه لولای چین ضخامت بیشتری دارد. در این نیم‌رخ چینه‌های رشدی سازند آغاجاری که نشان دهنده رسوب‌گذاری هم‌زمان با فعالیت زمین‌ساختی است به خوبی قابل مشاهده است. میانگین نرخ کوتاه‌شدگی در این نیم‌رخ حدود ۱۰/۸ درصد می‌باشد که در افق‌های آسماری، سروک و فهلیان به ترتیب ۱۰/۸، ۱۰/۹ و ۱۰/۸ درصد می‌باشند و نشان می‌دهد که نرخ کوتاه‌شدگی در افق سروک بیشتر است.

نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ۵ که در شمال باختری تاقدیس پازنان قرار دارد، یک منطقه ساختاری مهم می‌باشد که هندسه تاقدیس در آن کاملا با بقیه قسمت‌ها متفاوت می‌باشد. در این قسمت از تاقدیس، سازندهای آغاجاری، میشان و حتی سازند گچساران در بخش‌های محدودی رخنمون یافته است. تشکیل این هندسه ساختاری مهم در این قسمت از تاقدیس مربوط به بلندای قدیمی هندیجان می‌باشد که این بلندی برای اولین بار از روی نیم‌رخ‌های لرزه‌نگاری بازتابی و مطالعات صحرایی بوسیله Shep-herd (1963) مشخص گردید. نقشه هم‌ضخامت سازند سروک با سن سنومانین ـ تورونین حاکی از فرسایش و عدم رسوب‌گذاری در بلندی هندیجان در زمان تورونین می‌باشد (Abdollahie Fard et al., 2006a). در این نیم‌رخ لرزه‌نگاری از تاقدیس پازنان و این بخش از بلندی هندیجان تغییرات ضخامت سازند گچساران در فرادیواره چین در قسمت یالهای چین و نواحی اطراف آن و در بخش منطقه لولای با نیم‌رخ شکلهای ۳ و ٤ تغییرات زیادی را نشان می‌دهد که به‌ویژه در یال شمال خاوری تاقدیس ضخامت سازند گچساران زیاد نمی‌باشد. هندسه کلی چین نسبت به بخش‌های شمال باختری ملایم‌تر می‌باشد و چین بازتر شده است. هم‌چنین در فرادیواره، چینه‌های رشدی سازند آغاجاری که نشان‌دهنده رسوب‌گذاری همزمان با فعالیت زمین‌ساختی است به‌خوبی قابل مشاهده است. میانگین نرخ کوتاه‌شدگی در این نیم‌رخ حدود ۱۰/۸ درصد می‌باشد که در افق‌های آسماری، سروک و فهلیان به ترتیب ۱۰/۹، ۱۰/۸ و ۱۰/۸ درصد می‌باشد و نشان می‌دهد که نرخ کوتاه‌شدگی در افق آسماری مقدار بیشتری دارد.

نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٦ و تفسیر آن در قسمت میانی تاقدیس پازنان قرار دارد که بخش غالب رخنمون سطحی در امتداد این نیم‌رخ را سازندهای آواری آغاجاری و مارنی میشان تشکیل می‌دهد. هندسه این قسمت از تاقدیس نسبت به بخش‌های شمال باختری کمی ساده‌تر به‌نظر می‌رسد و هندسه چین نسبت به بخش‌های شمالی بسته‌تر شده و زاویه بین‌یالی کاهش یافته است. فقط یک راندگی جلویی اصلی که از عمق منشا می‌گیرد و راندگی بالایی که به سطح رسیده، باعث ایجاد دگریختی در توالی‌های رسوبی گردیده اند. نسبت به نیم‌رخ های شمال باختری، ضخامت سازند گچساران در محدوده لولای چین



شکل ۵. A) نیم‌رخ لرزه‌نگاری بخش شمال باختری تاقدیس پازنان (موقعیت در شکل ۱ نشان داده شد است)، B) تفسیر نیم‌رخ A یک راندگی با ریشه نسبتا عمیق در سازند گرو به بالا انتشار یافته است، هندسه چین ملایم‌تر شده و چینه‌های رشدی سازند آغاجاری و رخنمون‌های سطحی سازند گچساران قابل مشاهده است.

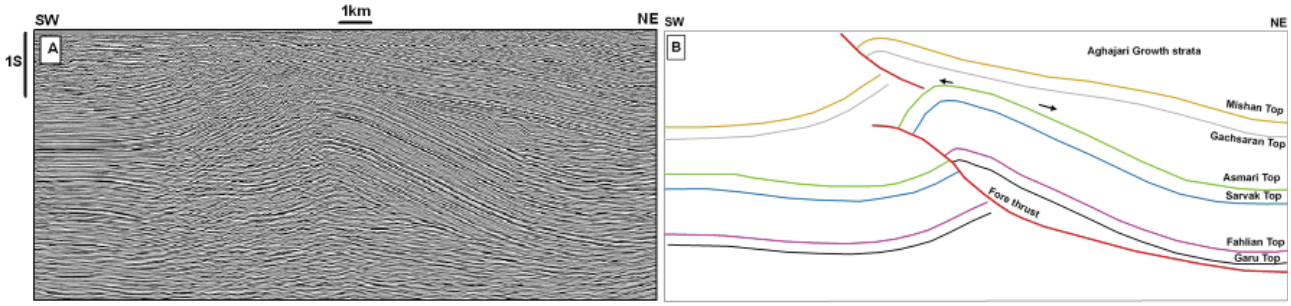


شکل ٦. A) نیم‌رخ لرزه‌نگاری بخش میانی تاقدیس پازنان (موقعیت در شکل ١ نشان داده شد است)، B) تفسیر نیم‌رخ A که هندسه چین نسبت به بخش‌های شمالی بسته‌تر شده است. چینه‌های رشدی سازند آغاجاری قابل مشاهده هستند و ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا بیشتر شده است.

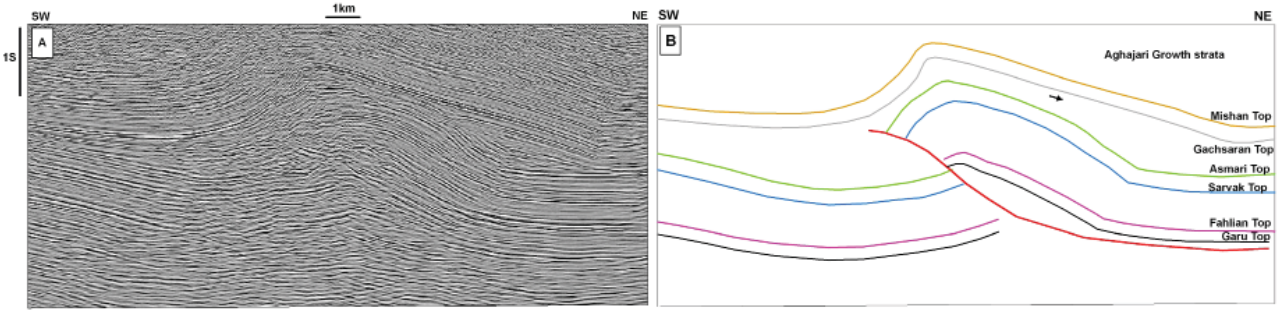
به حداقل مقدار خود رسیده، اما از بخش‌های شمال باختری بیشتر است و در بخش‌های یال‌های چین و اطراف آن دچار ضخیم‌شدگی شده است. در این نیم‌رخ نیز در فرادیواره، چینه‌های رشدی سازند آغاجاری که نشان‌دهنده رسوب‌گذاری همزمان با فعالیت زمین‌ساختی است به‌خوبی قابل مشاهده است. میانگین نرخ کوتاه‌شدگی در این نیم‌رخ حدود ١٠/٩ درصد می‌باشد که در افق‌های آسماری، سروک و فهلیان به ترتیب ١٠/٩، ١٠/٨ و ١١ درصد می‌باشد و نشان می‌دهد که نرخ کوتاه‌شدگی در افق فهلیان مقدار بیشتری دارد.

نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٧ و تفسیر آن که در قسمت میانی تا جنوب خاوری تاقدیس پازنان قرار دارد، به‌طور کلی مشابه نیم‌رخ شکل ٦ می‌باشد و بخش غالب رخنمون سطحی در امتداد این نیم‌رخ را سازند آواری آغاجاری تشکیل می‌دهد. با مقایسه هندسه این قسمت از تاقدیس نسبت به نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٦ به‌نظر می‌رسد که چین به تدریج کمی بسته‌تر شده و از حالت چین‌های مدور به حالت جناغی نزدیک شده است. یک راندگی جلویی اصلی و راندگی بالایی باعث دگریختی در تاقدیس شده است. ضخامت سازند گچساران در محدوده لولای چین به حداقل مقدار خود رسیده و در بخش‌های یال‌های چین و اطراف آن دچار ضخیم‌شدگی شده است که پیکان‌های ضخیم در شکل ٧ چگونگی حرکت مواد شکل‌پذیر را نشان می‌دهد. اما در مقایسه با نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٦ سازند گچساران در قسمت یال‌های چین و نواحی اطراف آن و هم‌چنین در بخش منطقه لولای چین ضخامت بیشتری دارد. در این نیم‌رخ هم در فرادیواره، چینه‌های رشدی سازند آغاجاری که نشان‌دهنده رسوب‌گذاری هم‌زمان با فعالیت زمین‌ساختی است به‌خوبی قابل مشاهده است و فرودیواره چین از این بخش به سمت جنوب به‌تدریج شکل ناودیسی به خود می‌گیرد که تفاوت هندسی مهمی بین قسمت شمال باختری تاقدیس با قسمت جنوب خاوری آن می‌باشد. میانگین نرخ کوتاه‌شدگی در این نیم‌رخ حدود ١٠/٣ درصد می‌باشد که در افق‌های آسماری، سروک و فهلیان به ترتیب ١٠/٤، ١٠/٣ و ١٠/٣ درصد می‌باشد و نشان می‌دهد که نرخ کوتاه‌شدگی در افق آسماری مقدار بیشتری دارد.

نیم‌رخ لرزه‌نگاری شکل ٨ و تفسیر آن در قسمت جنوب خاوری تاقدیس پازنان بیشتر رخنمون سطحی در امتداد این نیم‌رخ را سازندهای آواری آغاجاری و بختیاری تشکیل می‌دهد. هندسه این قسمت از تاقدیس که در منتهی‌الیه جنوب و نزدیک به منطقه میل می‌باشد، با بخش‌های دیگر تاقدیس تفاوت هندسی قابل مشاهده‌ای دارد. در این قسمت از تاقدیس راندگی اصلی عمقی با ریشه در سازند گرو شکل گرفته و نکته مهم این است که راندگی بالایی شکل نگرفته است. ضخامت سازند گچساران در محدوده لولای چین نسبتا ثابت است، اما در بخش یال‌های چین و به‌خصوص بخش ناودیسی فرودیواره چین، دچار ضخیم‌شدگی شده است. چینه‌های مورب سازند آغاجاری که نشان‌دهنده رسوب‌گذاری هم‌زمان با فعالیت زمین‌ساختی است به صورت مورب قابل مشاهده است. میانگین نرخ کوتاه‌شدگی در این نیم‌رخ حدود ٨/٤ درصد می‌باشد که در افق های آسماری، سروک و فهلیان به ترتیب ٨/٤، ٨/٤ و ٨/٣ درصد می‌باشد و نشان



شکل ٧. A) نیم‌رخ لرزه‌نگاری بخش میانی (متمایل به جنوب) تاقدیس پازنان (موقعیت در شکل ١ نشان داده شد است)، B) تفسیر نیم‌رخ A که راندگی عمقی و راندگی بالایی باعث دگرشکلی شده‌است. هندسه چین از حالت مدور خارج شده و چینه‌های رشدی سازند آغاجاری قابل مشاهده هستند.



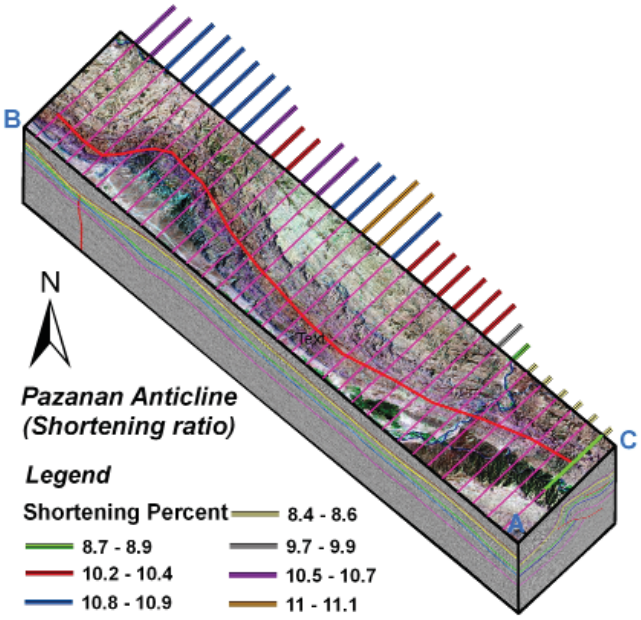
شکل ۸. A) نیم‌رخ لرزه‌نگاری بخش جنوبی تاقدیس پازنان (موقعیت در شکل ۱ نشان داده شد است)، B) تفسیر نیم‌رخ A یک راندگی با ریشه نسبتا عمیق در یال جنوبی تاقدیس دیده می‌شود، ولی راندگی کم‌عمق بالایی تشکیل نشده است. چینه‌های رشدی سازند آغاجاری قابل مشاهده است.

می‌دهد که نرخ کوتاه‌شدگی در افق های آسماری و سروک بیشتر است.

با توجه به نیم‌رخ های لرزه‌نگاری که در بالا مورد تفسیر قرار گرفت به‌وضوح قابل مشاهده است که تغییراتی در هندسه ساختاری تاقدیس پازنان از شمال باختری تا جنوب خاوری وجود دارد. مهمترین ساختاری که باعث دگریختی متفاوت و تغییر در هندسه تاقدیس پازنان شده است، بلندی هندیجان می‌باشد. این بلندی در شمال باختری تاقدیس پازنان با امتداد شمالی جنوبی تا شمال خاوری ـ جنوب باختری قرار دارد. در منطقه شمال باختری بلندی هندیجان که قسمت کوچکی از تاقدیس را شامل می‌شود، هندسه کلی وجود یک راندگی جلویی اصلی و راندگی بالایی به سطح رسیده است که در شکل ۳ قابل مشاهده است. همچنین چین مدور و ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا بسیار کم شده است. در منطقه‌ای که بلندی هندیجان عمل کرده (شکل‌های ٤ و ٥) هندسه چین هم‌چنان مدور می‌باشد ولی نسبت به بخش شمالی ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا بیشتر شده و حتی در بخش‌هایی نیز به سطح رسیده است. از نیم‌رخ شکل ٦ در بخش میانی تاقدیس پازنان تا نیم‌رخ شکل ۸ در بخش جنوب خاوری به‌تدریج هندسه چین بسته‌تر شده و از حالت مدور به حالت جناغی تبدیل شده است. در بخش جنوب خاوری تاقدیس، هندسه چین نسبت به بقیه قسمت‌ها متفاوت است و راندگی بالایی که در سازند گچساران ریشه دارد، شکل نگرفته است (شکل ۸). بنابراین با توجه به این تغییرات در هندسه ساختاری تاقدیس پازنان، در نگاه اول به‌نظر می‌رسد که درصد کوتاه‌شدگی در بخش‌های مختلف تاقدیس می‌بایست متفاوت باشد. بدین منظور و برای برآورد درصد کوتاه‌شدگی، ۳۲ نیم‌رخ لرزه‌نگاری در طول تاقدیس پازنان مورد استفاده قرار گرفته است. روش کار بدین صورت بوده که در هر نیم‌رخ درصد کوتاه‌شدگی در افق‌های آسماری (راس سازند آسماری)، سروک (راس سازند سروک) و فهلیان (راس سازند فهلیان) محاسبه و میانگین آنها به صورت درصد کوتاه‌شدگی کلی در نظر گرفته شده است. شکل ۹ درصد کوتاه‌شدگی در نیم‌رخ های لرزه‌نگاری در طول تاقدیس پازنان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل بیشترین درصد کوتاه‌شدگی در تاقدیس مربوط به بخش میانی آن است که حدود ۱۱/۰ تا ۱۱/۱ درصد می‌باشد و به‌نظر می‌رسد درصد زیاد کوتاه‌شدگی در این بخش از تاقدیس به علت انحنا و خمش زیاد در محور چین باشد. کمترین درصد کوتاه‌شدگی مربوط به بخش‌های جنوب خاوری تاقدیس می باشد که حدود ۸/٤ تا ۸/٦ درصد می‌باشد و احتمالا به علت این که این منطقه در ناحیه میل چین و منتهی‌الیه جنوب چین باشد، درصد کوتاه‌شدگی مقدار کمتری نسبت به بقیه قسمت‌ها دارد. در منطقه‌ای که بلندی هندیجان عمل کرده نیز درصد کوتاه‌شدگی نسبتا زیاد و حدود ۱۰/۸ تا ۱۰/۹ می‌باشد که احتمالا ناشی از فعالیت بلندی می‌باشد. در شکل ۹ در نیم‌رخ لرزه‌نگاری A تا B در امتداد محور تاقدیس در نظر گرفته شده است (محل نیم‌رخ A تا B خط قرمز روی سطح می‌باشد که خط محور چین است) خطوط قهوه‌ای، زرد، سبز، آبی و بنفش به ترتیب راس سازندهای میشان، گچساران، آسماری، سروک و فهلیان می‌باشد. خط قرمز عمودی که محل بلندی هندیجان است باعث یک نازک‌شدگی در توالی‌های کرتاسه گردیده است.

نتیجه‌گیری

تاقدیس پازنان دارای روند شمال باختری ـ جنوب خاوری و در رخنمون سطحی دارای طول و عرض به ترتیب ٦۰ کیلومتر و ٤ تا ٦ کیلومتر می‌باشد. امتداد محور تاقدیس پازنان در جهت شمال باختر ـ جنوب خاور بوده که روند محور در بخش شمال باختری N304 درجه بوده سپس با یک چرخش به N328 درجه رسیده و دوباره در بخش‌های مرکزی تاقدیس به روند اولیه بازگشته و نهایتا در قسمت جنوب خاوری تاقدیس، روند N290 درجه را پیدا می‌کند. نیم‌رخ های لرزه‌نگاری تغییراتی را در هندسه ساختاری تاقدیس پازنان نشان می‌دهند که مهم‌ترین ساختاری که باعث دگریختی متفاوت و تغییر در هندسه تاقدیس پازنان شده است، بلندی هندیجان در شمال باختری تاقدیس پازنان می‌باشد. در منطقه شمال باختری بلندی هندیجان، هندسه کلی وجود یک راندگی جلویی اصلی و راندگی بالایی به سطح رسیده می‌باشد که ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا را بسیار کم می‌کند. در منطقه‌ای که بلندی هندیجان عمل کرده، هندسه چین مدور می‌باشد و سازند گچساران به سطح رسیده است و هم‌چنین ضخامت سازند گچساران در منطقه لولا نسبت به‌بخش شمالی بیشتر شده است. در بخش مرکزی تا جنوب خاوری تاقدیس پازنان تفاوت



شکل ۹. بلوک دیاگرام درصدهای کوتاه‌شدگی در بخش‌های مختلف تاقدیس پازنان. محل نیم‌رخ A تا B روی سطح با خط قرمز ضخیم نشان داده شده است که محل محور چین می‌باشد. محل نیم‌رخ A تا C روی سطح با خط سبز ضخیم نشان داده شده است که محل منتهی‌الیه جنوب خاوری تاقدیس می‌باشد. درصد کوتاه‌شدگی با خطوط ضخیم رنگی نشان داده شده است. خط قرمز در نیم‌رخ AB محل گسل هندیجان را نشان می‌دهد.

اساسی در هندسه چین نسبت به بقیه قسمت‌ها، بسته‌تر شدن هندسه چین و شکل نگرفتن راندگی بالایی در منتهی‌الیه جنوبی می‌باشد. بیشترین درصد کوتاه‌شدگی در تاقدیس مربوط به بخش میانی آن است که حدود ۱۱ تا ۱۱/۱ و ناشی از انحنا و خمش زیاد در محور چین است. کمترین درصد کوتاه‌شدگی مربوط به‌بخش‌های جنوب خاوری تاقدیس می‌باشد که حدود ۸/٤ تا ۸/٦ می‌باشد و احتمالا به علت میل چین در این قسمت است.

منابع

– آقانباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸٦.

– مطیعی، ه.، ۱۳۷٤. زمین‌شناسی نفت زاگرس. جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸۹.

– مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. چینه‌شناسی زاگرس. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳٦.

- Abdollahie Fard, I., Alavi, S.A. and Mokhtari, M., 2006a. Structural framework of the Abadan plain (SW Iran) and the North Persian Gulf based on the geophysical data. Iranian International Journal of Science, 32, 107-121.

- Abdollahie Fard, I., Braathen, A., Mokhtari, M. and Alavi, S. A., 2006. Interaction of the Zagros Fold-thrust belt and the Arabian type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran. Petroleum Geoscience, 12, 347–62.

- Abdollahie Fard, I., Sepehr, M. and Sherkati, S., 2011. Neogene salt in SW Iran and its interaction with Zagros folding. Geological Magazine, 148, 854-867.

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

- Berberian, M. and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, 18, 210-265.

- Blanc, E.J.P., Allen, M.B., Inger, S. and Hassani, H., 2003. Structural style in the Zagros simple folded zone, Iran. Journal of Geology Society London, 160, 401-412.

- Colman Sad, S.P., 1978. Fold development in Zagros simply folded belt, Southwest Iran. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 62, 984-1003.

- 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.

- Falcon, N.L., 1969. Problems of the relationship between surface structures and deep displacements illustrated by the Zagros Range, In P. Kent, G.E. Satterthwaite, A.M. Spencer (Eds.), Time and Place Orogeny. Geological Society of London, Special publication,

3, 9-22.

- McClay, K.R., 2003. Structural Geology for Petroleum Exploration. Lecture Note, 503.

- McQuarrie, N., 2004. Crustal Scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran. Journal of Structural Geology, 26, 519-533.

- Mitra, S., 2002b. Structural models of faulted detachment folds. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 86, 1673-1694.

- 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. and Eshraghi, S.A., 2005a. The structure and kinematics of the southeastern Zagros fold – thrust belt, Iran: from thin – skinned to thick – skinned tectonics. Tectonics, 24, 42-60.

- Morley, C.K., 1988. Out-of-sequence thrusts. Tectonics, 7, 539-561.

- Poblet, J. and McClay, K.R., 1996. Geometry and kinematics of single-layer detachment folds. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 80, 1085-1109.

- Shepherd, M.F., 1963. Possible Cretaceous trends in the Dezful Embayment. National Iranian Oil Company, Technical memo, 14, Unpublished report.

- 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.

- Stocklin, J., 1968. Salt deposits of the Middle East, Geological of Society America- Special paper, 88, 157-181.

- Stoneley, R., 1981. The geology of the Kuh-e-Dalneshin area of Southern Iran, and its bearing on the evolution of southern Tethys. Journal of Geological Society of London, 138, 509-526.

- Tatar, M., Hatzfeld, D., Martinod, J. Walpersdorf, A., Ghafori – Ashtiany, M., and Chery, J., 2002. The present – day deformation of the central Zagros from GPS measurements. Geophysics, 29, 1-4.

- Vita-Finzi, C., 2001. Neotectonics at the Arabian plate margins. Journal of Structural Geology, 23, 521-530.