

# تأثیر سطوح جدایشی بر هندسه چین خوردگی میدان های نفتی باباحیب و سرکان (ناحیه مرکزی لرستان، شمال باختری زاگرس)

عارف شمس زاده<sup>۱</sup>، سید احمد علوی<sup>۲</sup>، مهدی ولی نژاد<sup>۳</sup> و مهدی توکلی برکی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد، مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۸

## چکیده

میدان های نفتی باباحیب و سرکان در جنوب باختری استان لرستان و در ۱۰ کیلومتری باختر شهرستان پلدختر قرار گرفته اند. این گستره مطالعاتی در ناحیه زمین ساخت - چین نگاری (تکتونو استراتیگرافی) لرستان در شمال باختری زیرپهنه ساختاری زاگرس چین خورده ساده واقع شده است. با وجود اینکه ناحیه لرستان بخشی از حوضه رسوبی زاگرس به شمار می رود ولی در مقایسه با حوضه فروبار دزفول و فارس تفاوت های عمده ای از دید نوع و شرایط رسوب گذاری، شدت چین خوردگی و طبقات دارد. اطلاعات ژرفایی به دست آمده از ناحیه لرستان با استفاده از مقاطع لرزه ای، اطلاعات چاه و رسم چهار مقطع عرضی (AA' تا DD') در راستای عمود بر روند ساختاری منطقه، نشان دهنده تأثیر سطوح جدایشی بر هندسه چین های آن است. از مهم ترین اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش استفاده از خطوط لرزه ای دو و سه بعدی و همچنین اطلاعات چاه های منطقه بود که در تحلیل هندسی ساختارهای زیرسطحی مورد استفاده قرار گرفت. در بخش مرکزی ناحیه لرستان با توجه به هندسه ساختاری چین های شکل گرفته در ژرفا و سطح، دو سطح جدایشی (۱) سازند شیلی گرو به عنوان سطح جدایشی میانی و (۲) سازند فلیشی امیران به عنوان سطح جدایشی بالایی به ترتیب بر هندسه چین خوردگی تاقدیس های ژرفی (گروه بنگستان) و تاقدیس های کوچک سطحی اثرگذار هستند. ستبر شدن سطح جدایش بالایی در بخش باختری منطقه مورد مطالعه سبب شکل گیری تاقدیس هایی با طول موج و دامنه کوتاه در رخنمون سطحی شده است. این تغییر ستبر سبب چین خوردگی ناهماهنگ تاقدیس های سطحی در بالای تاقدیس های ژرفایی می شود. هندسه چین خوردگی تاقدیس های ژرفی سرکان و باباحیب به صورت چین جدایشی نامتقارن است که با افزایش تنش در میانه های تاقدیس و عدم گسترش پس راندگی در پس یال، هندسه چین جدایشی گسل خورده مدل یک (2002) Mitra را ایجاد می کند. این مدل به سبب اختلاف مقاومت زیاد میان واحدهای شیلی گرو در قاعده و سازندهای مقاوم گروه بنگستان در بالا تشکیل می شود. هندسه رله ای راندگی ها که از رسوبات کم قوام زیرین منشأ گرفته اند از عوامل اصلی کنترل کننده آرایه پلکانی تاقدیس های ژرفایی در گستره مورد مطالعه است. هندسه سطحی تاقدیس های منطقه نیز بیشتر توسط سطح جدایشی بالایی مهار شده است.

**کلیدواژه ها:** زاگرس، سطح جدایش، سازند گرو، سازند امیران، آرایه پلکانی، تاقدیس های نفتی باباحیب و سرکان.

\*نویسنده مسئول: عارف شمس زاده

E-mail: arefshams70@gmail.com

## ۱- پیش نوشتار

شده کمک می کند. پس از جایگیری مجموعه فرارنده شده، حوضه امیران با پهنایی حدود ۱۴۵ کیلومتر و بیشینه ستبرای ۲ کیلومتر در مرکز تشکیل شده است (Saura et al., 2015). وجود لایه های نامقام با ستبرای بیش از یک کیلومتر در توالی چین خورده سبب جدا شدن کامل چین خوردگی در بالا و پایین لایه نامقام می شود (Sepehr et al., 2006). در زمان کرتاسه رسوبات ناحیه لرستان و بخش شمالی فروافتادگی دزفول برخلاف دیگر بخش های زاگرس در حوضه های دریایی ژرف ته نشست شده اند (مطیعی، ۱۳۸۲). این رسوبات که در ناحیه لرستان با ستبرای زیادی به طور چیره از واحدهای شیلی مارنی تشکیل شده اند، می توانند با تشکیل سطوح جدایشی، بر هندسه ساختاری منطقه اثرگذار باشند. در ناحیه مورد مطالعه وجود ساختارهای کوچک و سطحی و همچنین ابهام در هندسه ساختارهای ژرف، انجام مطالعات ساختاری با نگرشی ویژه و نو را دارای اهمیت می سازد.

## ۲- موقعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

رشته کوه های زاگرس در نتیجه برخورد صفحه تازی - آفریقایی با اوراسیا در ۳۵ میلیون سال پیش در اثر کافتش صفحه تازی و زیرراندگی آن به زیر صفحه ایران به علت شناوری منفی شکل گرفته اند (Mouthereau et al., 2012). کمربند چین - راندگی زاگرس به طول حدود ۱۸۰۰ کیلومتر از شمال باختر توسط گسل راستالغز چپ بر خاور آتاتولی در ترکیه و در جنوب خاوری توسط خط عمان دربر

کمربند چین - راندگی زاگرس شامل یک توالی از پوشش رسوبی به ستبرای ۷ تا ۱۲ کیلومتر با ترکیبی از لایه های مقاوم و نامقاوم است که از اوایل نئوپروتروزویک تا فانروزویک روی بی سنگ بلورین زاگرس نهشته شده اند (Alavi, 2007; Allen & Talebian, 2011). در برش های عرضی ترازمند (balanced cross-section) زاگرس، دو عامل اصلی، کنترل کننده ساختار چین های زاگرس هستند: (۱) وجود راندگی های بیرون از توالی (out-of-sequence thrust) که سبب تغییرات ستبرای و رخساره در پوشش رسوبی و نیز انتشار راندگی ها از راه لایه های نامقاوم سبب شکل گیری چین های با سازوکار مختلف می شود؛ (۲) وجود لایه های ضعیف مکانیکی (تبخیری ها و گل سنگ ها) که با شکل دادن افق های جدایشی نقش مهمی در شکل دهی ساختارهای منطقه ایفا می کنند (Alavi, 2007). رسوب گذاری همزمان با زمین ساخت (syntectonic) حوضه پیش بوم نقش مهمی در تعیین زمان تغییر شکل در یک کمربند چین - راندگی دارد (Homke et al., 2004). حوضه پیش بوم امیران درون کمربند چین - راندگی زاگرس میان گسل زاگرس بلند در شمال خاور و تاقدیس کبیرکوه در جنوب باختر در ناحیه لرستان قرار دارد (Saura et al., 2015). هر چند حوضه امیران کاملاً تغییر شکل یافته است، ولی نقشه های هم ستبرایی که به تازگی منتشر شده است (Casciello et al., 2009; Farzipour-Saein et al., 2009b; Saura et al., 2013) و نیز تاریخ دقیق پر شدن حوضه (Saura et al., 2011) به بازسازی حوضه در طول جایگیری مجموعه فرارنده

است مشخص می‌کند. در ناحیه لرستان که تاریخی طولانی در اکتشاف و تولید هیدروکربن دارد، برش‌های عرضی مختلفی توسط پژوهشگران بسیاری رسم شده است که بیشتر با استفاده از اطلاعات سطحی بوده و در آنها اثر چینه‌شناسی مکانیکی بر هندسه ساختارها اعمال نشده است که این عاملی بر حفاری ناموفق بسیاری از چاه‌ها در منطقه بوده است (Macleod, 1970; Macleod & Sahabi, 1969; Takin et al., 1970; Fozoonmayeh, 1971). این در حالی است که مطالعات اخیر نشان می‌دهد چینه‌شناسی مکانیکی نقش مهمی در کنترل هندسه ساختارهای منطقه دارد (Blanc et al., 2003; Homke et al., 2004; Koyi et al., 2004; Sherkati & Letouzey, 2004; Molinaro et al., 2005; Sepehr et al., 2006; Sherkati et al., 2006; Farzipour-Saein et al., 2009a; Vergés et al., 2011). در محدوده مورد مطالعه سازندهای سروک، سورگاه، ایلام، گورپی، امیران، تله‌زننگ، کشکان، شهبازان، آسماری، گچساران و آخاجاری رخنمون دارند. رخنمون بیشتر تاقدیس‌های منطقه را سازند آهکی آسماری به سن میوسن زیرین تشکیل داده است. در حالی که در مناطقی همچون تاقدیس سلطان، عملکرد راندگی سبب رخنمون سازندهای ژرف‌تر ایلام و سروک شده است. با وجود این که ناحیه لرستان بخشی از حوضه رسوبی زاگرس به شمار می‌رود، ولی در مقایسه با حوضه دزفول و فارس تفاوت‌های عمده‌ای از دید نوع و شرایط رسوب‌گذاری، شدت چین‌خوردگی و ستبرای لایه‌ها دارد. این تغییرات رخساره‌ای و ساختاری در راستای شمالی-جنوبی و شمال-باختری-جنوب‌خاوری می‌تواند به دوباره فعال‌سازی گسل‌های پی‌سنگی کهن که در شمال صفحه آفریقایی-تازی وجود داشته‌اند نسبت داده شود (Bahroudi & Talbot, 2003). در ناحیه لرستان رسوبات دوره ژوراسیک (سازندهای سورمه و هیث در دیگر نواحی زاگرس) شامل سازندهای علن، سرگلو، نجمه و گوتیا و رسوبات دوره کرتاسه (سازندهای فهلیان، گدون و داریان در دیگر نواحی زاگرس) از نوع شیل‌های سازند گرو است. رسوبات پالئوسن این ناحیه از سازند جهرم در ناحیه فارس به تشکیلات امیران، تله‌زننگ، کشکان و شهبازان تغییر می‌یابد (مطبعی، ۱۳۸۲) (شکل ۲). در نواحی جنوبی لرستان رخنمون بیشتر تاقدیس‌های بزرگ و طویل منطقه از رسوبات مقاوم گروه بنگستان است ولی به سوی نواحی شمالی تر رسوبات سطحی جوان تر می‌شوند؛ به شکلی که در گستره مورد مطالعه رخنمون سطحی تاقدیس‌های کوچک تر منطقه از سازند آهکی آسماری تشکیل شده است (Casciello et al., 2009) (شکل ۳). سه سطح جدایشی در ناحیه لرستان تفسیر شده است؛ ۱) رسوبات شیلی پالئوزویک به عنوان سطح جدایشی قاعده‌ای؛ ۲) تبخیری‌های تریاس و ژوراسیک به عنوان سطح جدایشی میانی؛ ۳) رسوبات کرتاسه بالایی-پالئوسن پایینی به عنوان سطح جدایشی بالایی (Sherkati & Letouzey, 2004; Sherkati et al., 2006; Farzipour-Saein et al., 2009a). افزون بر این، رسوبات ژوراسیک (سازندهای علن، سورگاه و گوتیا) و تشکیلات کرتاسه (سازند گرو) در برخی از بخش‌های لرستان می‌توانند به عنوان سطوح جدایشی میانی رفتار کنند (Vergés et al., 2011). برش‌های عرضی مختلفی که در ناحیه لرستان از کمرند راندگی تا گسل پیشانی کوهستان ایجاد شده است تفاوت‌های مهمی را در سبک ساختاری چین‌ها نشان می‌دهد (Farzipour-Saein et al., 2009a; Casciello et al., 2009). در برش رسم شده در ناحیه لرستان از تاقدیس کبیر کوه در بخش جنوبی لرستان تا تاقدیس امیران در انتهای بخش مرکزی لرستان تغییرات ستبرا و رخساره رسوبی به‌ویژه تغییر تدریجی سازند پابده به واحد ستبرتر و مؤثرتر فلیشی امیران قابل توجه است (شکل ۳). تغییرات قائم و جانبی در سبک چین‌خوردگی اثر چینه‌شناسی مکانیکی را در منطقه مشخص می‌کند. وجود سطوح جدایشی ستبرتر و مؤثرتر در بخش مرکزی لرستان نسبت به بخش جنوبی، سبب شکل‌گیری تاقدیس‌های کوچک‌تر و به نوعی یک توالی چین‌خوردگی ناهماهنگ نسبت به ساختمان‌های ژرفایی می‌شود (شکل ۳).

گرفته شده است (Falcon, 1969; Takin 1972; Haynes & McQuillan, 1974; Berberian & King, 1981; Alavi, 1994; Golonka, 2004; Agard et al., 2005; McQuarrie & Van Hinsbergen, 2013). این کمرند بر پایه ویژگی‌های سنگ‌شناسی و رخساره‌ای و نیز سبک ساختاری توسط گسل‌های بزرگ مقیاسی از جمله راندگی اصلی زاگرس، گسل زاگرس بلند و گسل پیشانی کوهستان در راستای موازی با خط درز زاگرس توسط پژوهشگران بسیاری به پهنه‌های مختلفی تقسیم شده است (Falcon, 1969; Berberian, 1995; Alavi, 2007). پهنه چین‌خورده ساده که یکی از بخش‌های این کمرند است در جنوب باختری به وسیله پیشانی کوهستان (McQuillan, 1991) یا گسل پیشانی کوهستان (Berberian, 1995) محدود می‌شود. پیشانی تغییر شکل یافته این کمرند در جنوب باختر هندسه نامنظمی در سطح دارد که در راستای NW-SE تغییرات ستبرا و رخساره پوشش رسوبی سبب شکل‌گیری سه ناحیه زمین‌ساخت-چینه‌نگاری لرستان، فروافتادگی دزفول و فارس می‌شود. گسل بالا رود جداکننده حد جنوب خاوری ناحیه لرستان از فروافتادگی دزفول است (Hessami et al., 2001; Blanc et al., 2003). ناحیه لرستان از سوی باختر و شمال باختر توسط گسل خانقین از فروافتادگی کرکوک جدا می‌شود. افزون بر این، از جنوب باختری و شمال خاوری به ترتیب با گسل‌های پیشانی کوهستان و زاگرس بلند دربر گرفته شده است. ناحیه لرستان بر پایه ویژگی‌های زمین‌ساخت-چینه‌نگاری و هندسه ساختاری در راستای SW-NE به سه بخش جنوب باختری، مرکزی و شمال خاوری تقسیم می‌شود. گستره مورد مطالعه در بخش مرکزی ناحیه لرستان و روی میدان‌های نفتی سرکان و باباحیب ایجاد شده است. این گستره چهار تاقدیس باباحیب، پلانژ باختری تاقدیس سلطان، تاقدیس سرکان و تاقدیس سرگلان را دربر می‌گیرد (شکل ۱). ناحیه مورد بحث به دلیل داشتن تاقدیس‌های گسترده و مرتفع و همچنین آثار هیدروکربنی از دیرباز مورد توجه کاوشگران نفتی بوده است.

### ۳- روش مطالعه

این مطالعه در سه مرحله گردآوری اطلاعات، عملیات صحرایی و کارهای آزمایشگاهی صورت گرفته است. گردآوری اطلاعات شامل بررسی گزارش‌ها، مقالات، کتب مرتبط با موضوع و نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و شکستگی‌های پی‌سنگی بوده است. اطلاعات پایه این مطالعه را نیمرخ‌های لرزه‌ای دو و سه بعدی و نیز اطلاعات چاه‌های منطقه تشکیل می‌دهند که به دلیل محدودیت انتشار اطلاعات لرزه‌ای، تفسیر این اطلاعات روی مقاطع رسم شده نشان داده شده است. تلفیق این اطلاعات در تحلیل هندسی چین‌های منطقه بسیار اثرگذار است. در کارهای آزمایشگاهی با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری (در مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰)، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین نگاشت برداشت‌های صحرایی روی نقشه‌های پایه و رسم چهار برش عرضی تقریباً عمود بر محور ساختارها، به تحلیل سبک چین‌خوردگی و وضعیت هندسی ساختارها پرداخته شده است. مقاطع رسم شده با استفاده از نرم‌افزار اتوکد (Auto CAD 2014) بر پایه روش کینک (Suppe, 1985) در راستای عمود بر تاقدیس‌های مورد نظر ایجاد شده‌اند. به منظور دست‌یابی به بهترین نتایج، برش‌های عرضی در راستای چاه‌های منطقه و خطوط لرزه‌ای دوبعدی انتخاب شده است.

### ۴- چینه‌شناسی و سطوح جدایشی

مطالعات آزمایشگاهی گوناگونی تأثیر سطوح جدایشی را بر رفتار مکانیکی لایه‌ها در خلال چین‌خوردگی نشان می‌دهد (Ramsay, 1967; Tanner, 1989; Hudleston & Lan, 1993). این مدل‌ها همگی تأثیر چینه‌شناسی مکانیکی را بر هندسه چین‌ها که به‌طور چیره روی طول موج چین و شکل چین‌خوردگی تأثیرگذار

## ۵- زمین‌شناسی ساختاری

شدت چین خوردگی در ناحیه لرستان به دلیل نزدیکی به راندگی زاگرس نسبت به دیگر نواحی بیشتر است (مطیعی، ۱۳۸۲). یکی از عوامل اصلی کنترل‌کننده طول موج چین خوردگی، سبترای واحدهای مقاوم چین خورده است. ناحیه لرستان به دلیل سبترای کم سازندهای مقاوم در توالی رسوبی، نسبت به دیگر بخش‌های زاگرس، دارای چین‌های با طول موج کوتاه‌تری است (Colman-Sadd, 1978; Blanc et al., 2003; Sepehr et al., 2006). در این پژوهش دو سطح چین خوردگی بررسی می‌شود؛ الف) لایه‌های چین خورده گروه مقاوم بنگستان که روی واحدهای نامقاوم زیرین شکل گرفته‌اند؛ ب) چین خوردگی‌های سطحی کوچک و بیشتر گسل خورده با رخنمون سازند آسماری که روی سازند فلیشی امیران تشکیل شده‌اند. در رخنمون سطحی چهار تاقدیس باباحیب، سرکان، سرگلان و سلطان مورد ارزیابی قرار گرفتند. تاقدیس باباحیب روی سطح زمین تاقدیسی کوچک و گسل خورده است. رخنمون سطحی این تاقدیس را سازند آسماری تشکیل می‌دهد که در این افق ۱۲ کیلومتر طول و ۲ کیلومتر عرض دارد. بر پایه مطالعات انجام شده، هندسه سطحی این تاقدیس با هندسه افق بنگستان آن چندان همخوانی ندارد که در ادامه به بررسی این موضوع پرداخته خواهد شد (شکل ۴- الف). تاقدیس سرکان در شمال تاقدیس سلطان و شمال خاور تاقدیس باباحیب قرار دارد. ابعاد این تاقدیس در رخنمون سطحی سازند آسماری با طول ۱۹ کیلومتر و عرض ۴/۵ کیلومتر است. شیب یال‌های این تاقدیس در سطح نشان‌دهنده تاقدیسی نامتقارن با تمایل به سوی جنوب و جنوب باختر است؛ به گونه‌ای که در بخش‌های میانی شیب یال جنوبی تاقدیس برگشته است (شکل ۴- ب). تاقدیس سلطان در جنوب تاقدیس سرکان و شمال تاقدیس ماله کوه قرار دارد. این تاقدیس در افق بنگستان دارای طولی بیش از ۱۴ کیلومتر و عرضی حدود ۲ کیلومتر است. در یال جنوبی این تاقدیس فعالیت یک راندگی بزرگ، سازندهای گروه بنگستان را در کنار سازندهای جوان تر تله‌زنگ و کشکان قرار داده است (شکل ۴- ج). تاقدیس سرگلان در شمال تاقدیس سرکان قرار دارد. ابعاد سطحی این ساختمان در افق سطحی سازند آسماری داری طولی حدود ۱۰ کیلومتر و عرض ۱/۵ کیلومتر است. این تاقدیس در رخنمون سطحی پیچیدگی‌های ساختاری قابل ملاحظه‌ای دارد. یال جنوبی این تاقدیس در بیشتر بخش‌های آن برگشته و سطح محوری این تاقدیس در مرکز دچار یک خمش بزرگ شده است (شکل ۴- د). موقعیت این تاقدیس‌ها نسبت به یکدیگر در شکل ۱ نشان داده شده است. به منظور تحلیل ساختاری و هندسی ساختارهای مورد نظر چهار برش عرضی با استفاده از روش کینک (Suppe, 1985) در راستای خطوط لرزه‌ای دویعدی و چاه‌های منطقه و به‌طور کلی عمود بر محور تاقدیس‌ها رسم شده است. در راستای هر کدام از این برش‌ها، به سبب اثر سطوح جدایشی میانی و بالایی و همچنین گسل‌های شکل گرفته از این سطوح، ساختارهای بسیاری تشکیل شده است.

### ۵-۱. مقطع AA'

مقطع AA' با مختصات N19E و طول ۱۸/۸ کیلومتر در راستای بخش خاوری تاقدیس سرکان و تاقدیس سلطان رسم شده است. تاقدیس سلطان روی این مقطع به‌صورت تاقدیسی با میل محور افقی و موقعیت سطح محوری 289/69 و نیز شیب یال‌های تند و گاه برگشته در سازندهای تله‌زنگ، کشکان و آسماری مشخص می‌شود. فعالیت راندگی در یال جنوبی تاقدیس سلطان با جابه‌جایی زیادی سبب قرار گرفتن سازندهای گروه بنگستان در مجاورت واحدهای جوان تر تله‌زنگ و کشکان می‌شود. تاقدیس سرکان در این راستا با موقعیت محور 285/00 و سطح محوری 285/85 به‌صورت تاقدیسی تقریباً متقارن در سطح است. به دلیل سبترای کم سازند امیران (۴۵۰ متر) به عنوان سطح جدایش بالایی در این راستا تفاوت قابل ملاحظه‌ای میان محور تاقدیس سطحی و ژرفایی سرکان صورت نگرفته است. با توجه به تفاوت شیب پیش‌یال و پس‌یال تاقدیس سرکان و گسترش ناودیس‌های فشرده و باز در دو

سوی آن، هندسه چین خوردگی تاقدیس سرکان از نوع چین جدایشی نامتقارن است که روی سطح جدایشی میانی شکل گرفته است (شکل ۵).

### ۵-۲. مقطع BB'

این مقطع به طول ۱۹/۱ کیلومتر روی انتهای پلانژ باختری تاقدیس سلطان و میانه‌های تاقدیس سرکان رسم شده است. در راستای مقطع BB' میل به نسبت زیاد تاقدیس سلطان به سوی پایین شاهدهی بر کاهش فعالیت راندگی یال جنوبی سلطان است. تاقدیس سلطان در این مقطع با موقعیت محور 280/14 و سطح محوری 278/83 مشخص می‌شود. رخنمون سطحی تاقدیس سلطان را در این راستا سازند امیران تشکیل می‌دهد. در همین راستا شکل‌گیری تاقدیس بنگستان باباحیب در ژرفا با طول موج بلند و دامنه کوتاه میان دو تاقدیس سرکان و سلطان، سبب انحراف محور تاقدیس سلطان و بنگستان سرکان به ترتیب به سوی جنوب و شمال می‌شود؛ به گونه‌ای که محور تاقدیس بنگستان سرکان در زیر یال شمالی تاقدیس سطحی سرکان قرار گرفته است. سبترای زیاد سازند فلیشی امیران در راستای این مقطع اثر قابل توجهی بر هندسه سطحی ساختارهای باباحیب و سرکان داشته است؛ به گونه‌ای که در ساختمان باباحیب، محور تاقدیس بنگستان در زیر یک ناودیس معلق قرار گرفته است. در تاقدیس سرکان عمکرد راندگی در یال جنوبی در راستای این مقطع جابه‌جایی زیادی نشان می‌دهد. فعالیت گسل‌های سطحی کوچک منشأ گرفته از راندگی اصلی درون سازند فلیشی امیران سبب جابه‌جا کردن محور سطحی تاقدیس سرکان به سوی جنوب و برگشته شدن یال جنوبی تاقدیس در سازندهای تله‌زنگ، کشکان و آسماری می‌شود. تاقدیس سطحی سرکان در این مقطع با موقعیت محور 301/03 و سطح محوری 289/43 مشخص می‌شود. تاقدیس سرگلان نیز روی سطح جدایش بالایی با تمایل به سوی شمال خاوری به علت وجود ساختارهایی موسوم به دم ماهی (Fish tail) درون سازند امیران شکل گرفته و در ژرفا نیز روی واحدهای شیلی پایینی در حال شکل‌گیری است (شکل ۶). از جمله ساختارهای مرتبط با سطوح جدایشی می‌توان به ساختار گوش خرگوشی (Rabbit ear) اشاره کرد. در برخی موارد تشکیل راندگی‌ها در سطوح جدایشی با حرکت به سوی لولای تاقدیس اصلی سبب تشکیل و گسترش چین‌های کوچک و فرعی در دامنه چین‌های اصلی و بزرگ می‌شود که ساخت‌های گوش خرگوشی (Rabbit ear structure) نامیده می‌شوند (Dahlstrom, 1990; Letouzey et al., 1995; Sherhati & Letouzey, 2004) (شکل ۷). در نتیجه عملکرد راندگی‌های فرعی در سطح جدایشی بالایی، روی یال شمالی تاقدیس سرکان این ساختارها شکل گرفته‌اند که اثرات آن در سطح نیز دیده می‌شود.

### ۵-۳. مقطع CC'

مقطع CC' به طول ۲۰/۵ کیلومتر و در فاصله حدود ۴/۵ کیلومتری باختر مقطع BB' قرار گرفته است. ادامه فعالیت راندگی یال جنوبی سرکان و شاخه‌هایی که از این راندگی از میان سازند امیران به سطح رسیده‌اند، سبب ایجاد ساختارهای بیشمار در رخنمون سازند آسماری شده است. جابه‌جایی گسل‌های سطحی منشأ گرفته از راندگی یال جنوبی سرکان به سبب عبور از سازند فلیشی سبتر امیران و توزیع تنش میان گسل‌های مختلف کمتر و پراکنده شده است. با پلانژ تاقدیس سلطان به سوی ژرفا، شیب یال پیشانی تاقدیس باباحیب با چرخش به سوی پایین نسبت به مقطع DD' بیشتر می‌شود و هندسه چین جدایشی نامتقارن می‌گیرد. سبتر شدن سطح جدایش بالایی در تاقدیس سرگلان در اثر تشکیل گسل‌های سطحی درون سازند امیران سبب تشکیل دو تاقدیس کوچک مقیاس‌تر در بخش سطحی سرگلان می‌شود. تاقدیس زیرسطحی سرگلان دو ژرفا با تمایل به سوی شمال خاور روی واحدهای شیلی سازند گرو در حال شکل‌گیری است (شکل ۸).

#### ۵-۴. مقطع DD'

بیشتر بر تاق‌دیس سرکان عملکرد راندگی بیشترین جابه‌جایی را در تاق‌دیس سرکان نشان می‌دهد (شکل ۱۲). با توجه به هندسه بیضی‌شکل ارائه شده از جابه‌جایی گسل در مدل‌های نظری (Nicol et al., 1996; Walsh & Waterson, 1989; Walsh et al., 1999)، در طبیعت نیز بیشتر گسل‌ها از این هندسه پیروی می‌کنند و میزان جابه‌جایی و دگرریختی حاصل از آنها به سوی پایانه گسل به تدریج کاهش می‌یابد و عموماً این کاهش تدریجی فعالیت از راه پهنه‌های انتقالی (Transfer zones) و رله‌ای با آغاز و افزایش فعالیت گسلی دیگر همراه می‌شود و در نمای نقشه، آرایه‌ای رله‌ای و پلکانی از گسل‌ها را تشکیل می‌دهد (Huggins et al., 1995; Van der Pluijm & Marshak, 2004) (شکل ۱۳). این حالت از ارتباطات گسلی را می‌توان در گستره مورد مطالعه دید؛ به گونه‌ای که جابه‌جایی گسل‌های منطقه از راه پهنه‌های رله‌ای و انتقالی از گسل سلطان (شماره ۱) به گسل سرکان (شماره ۲) و سپس به سوی باختر به گسل سرگلان (شماره ۳) و در پایان به گسل یال جنوبی باباحیب (شماره ۴) انتقال می‌یابد (شکل ۱۳). بیشتر ساختارهای مرتبط با سطوح جدایشی از جمله وجود چین‌های فرعی کوچک روی سطح، ساختارهای گوش خرگوش (Rabbit ear) و گسل‌های کم‌ژرفای بسیار که از خود سطوح بالا منشأ گرفته‌اند، شاهدی بر وجود یک سطح جدایش قوی بالایی در منطقه است. سبتر شدن سطح جدایش بالایی در بخش باختری منطقه مورد مطالعه به علت الف) فرونشست حوضه متأثر از فعالیت گسلش (Player et al., 1968) و ب) وجود ساختارها و گسل‌های فرعی کوچک درون سطح جدایش، سبب شکل‌گیری تاق‌دیس‌هایی با طول موج و دامنه کوتاه در رخنمون سطحی شده است. این تغییر سبتر سبب چین خوردگی ناهماهنگ (disharmonic folding) تاق‌دیس‌های سطحی در بالای تاق‌دیس‌های ژرفایی می‌شود. روی تاق‌دیس ژرفایی باباحیب با توجه به اطلاعات حاصل از چاه‌های حفاری شده، سبترای سازند امیران به حدود ۱۰۳۵ متر می‌رسد ( $1 \text{ km} <$ ) که این مسئله سبب جدا شدن به‌طور کامل چین خوردگی در بالا و پایین سطح جدایش در میدان نفتی باباحیب می‌شود. بنابراین هندسه سطحی تاق‌دیس‌های منطقه بیشتر توسط سطح جدایشی بالایی کنترل شده است و نمی‌تواند الگوی چین خوردگی تاق‌دیس‌های ژرفایی را نشان دهد. این ویژگی می‌تواند نقش مهمی در اکتشافات هیدروکربنی در منطقه بازی کند. به گونه‌ای که در این ناحیه تحلیل ساختارهای زیرسطحی، بدون وجود خطوط لرزه‌ای، کاری دشوار است.

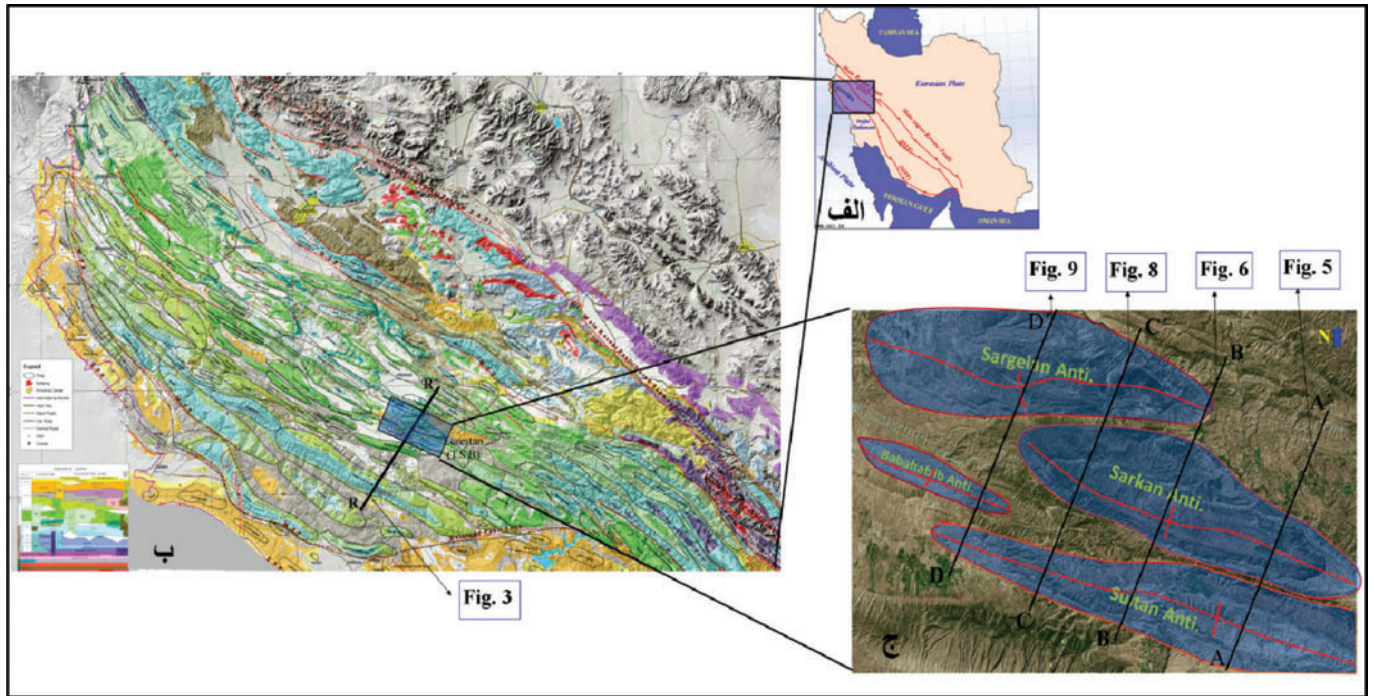
#### سیاسگراری

در پایان، نویسندگان این پژوهش از مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران به خاطر حمایت مالی در انجام مطالعات میدانی و نیز در اختیار گذاشتن اطلاعات ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی سیاسگراری می‌کنند.

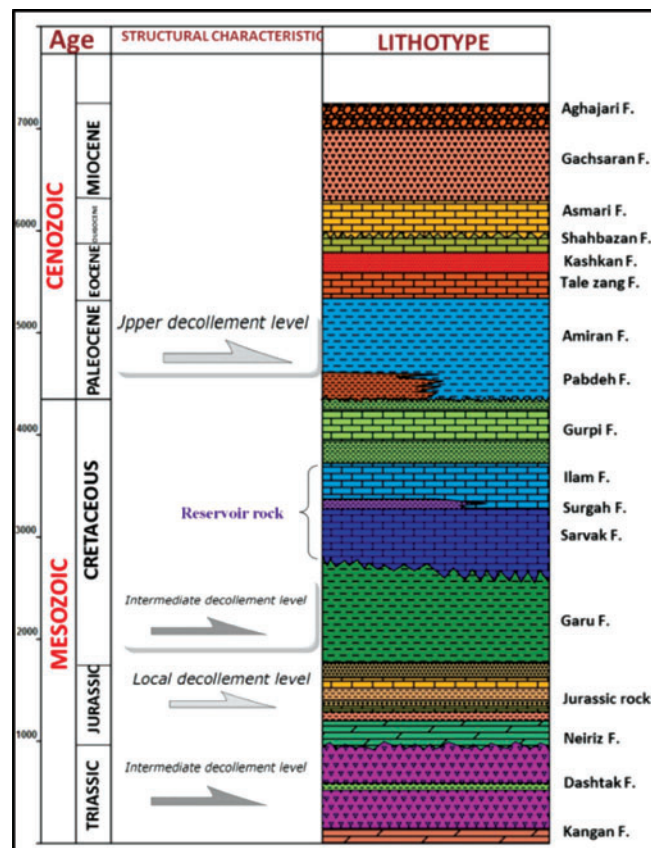
این مقطع با طول حدود ۲۰/۷ کیلومتر تاق‌دیس باباحیب، پلانژ باختری تاق‌دیس سرکان و تاق‌دیس سرگلان را قطع می‌کند. تاق‌دیس باباحیب روی این مقطع به علت تنش وارد شده بیشتر به‌صورت تاق‌دیس نامتقارن با تمایل به سوی جنوب باختر و به احتمال (کیفیت نامناسب خط لرزه‌ای در ژرف) گسل خورده است. پلانژ کامل تاق‌دیس سرکان و به دنبال آن اعمال و افزایش تنش بر تاق‌دیس سرگلان سبب رشد بیشتر این تاق‌دیس با هندسه چین جعبه‌ای (box fold) روی واحدهای شیلی پایینی و گسترش یک راندگی در یال جنوبی می‌شود. در راستای مقطع DD' سبترای سازند امیران به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد؛ به گونه‌ای که روی تاق‌دیس باباحیب به بیش از ۱۰۰۰ متر می‌رسد. با ادامه فرایند فشارش و چین خوردگی، پس از همسازی کرنش طی رشد تاق‌دیس باباحیب که سبب حذف تدریجی تاق‌دیس سلطان می‌شود، تاق‌دیس زیرسطحی دیگری در دشت رومشگان در حال شکل‌گیری است که با گذشت زمان در صورت مساعد بودن شرایط تشکیل یک تاق‌دیس معزنی مستعد، می‌تواند مورد توجه اهداف هیدروکربنی منطقه باشد (شکل ۹). در راستای این مقطع فعالیت راندگی‌های سطحی در بالای تاق‌دیس ژرفایی باباحیب که از سطح جدایش بالایی منشأ گرفته‌اند با یک جابه‌جایی قابل ملاحظه و رانده شدن سازندهای قدیمی تر روی جوان تر مشخص می‌شوند (شکل ۱۰).

#### ۶- نتیجه‌گیری

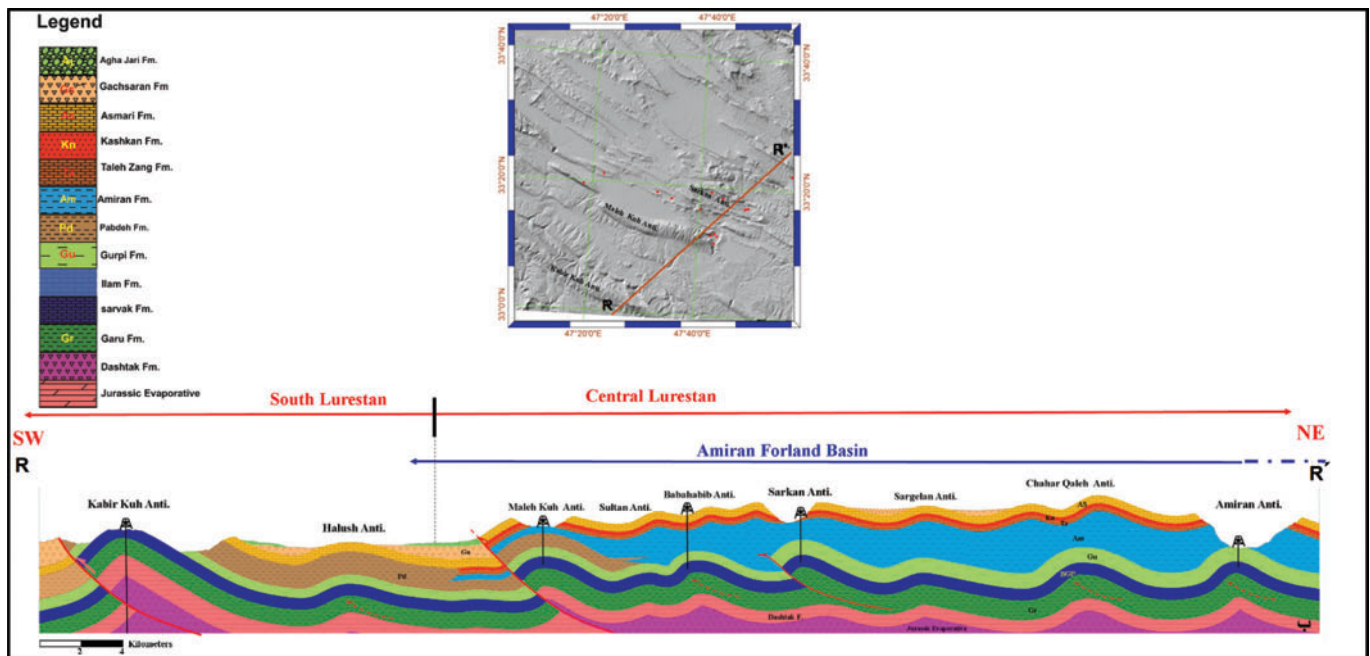
همان‌گونه که گفته شد، یکی از اطلاعات اصلی و پایه در تفسیر ساختارهای ژرفایی استفاده از مقاطع لرزه‌ای موجود در منطقه است. وجود نیم‌رخ‌های لرزه‌ای در گستره مورد مطالعه نیز اثر سطح جدایشی بالایی و تشکیل هندسه چین خوردگی ناهماهنگ (disharmonic folding) در میان توالی چین خورده را مشخص می‌کند (شکل ۱۱). طی مطالعات صورت گرفته از هندسه ساختارها، تغییرات سبتر و رخساره سازندهای گستره مورد مطالعه (بخش لرستان مرکزی) و با توجه به دامنه و طول موج چین خوردگی‌ها، دو سطح جدایشی اصلی الف) سازند گرو (رسوبات کرتاسه پایینی) به عنوان سطح جدایشی میانی و ب) سازند امیران (رسوبات فلیشی پائوسن) به عنوان سطح جدایشی بالایی معرفی می‌شود که به ترتیب بر هندسه ساختارهای ژرفی (گروه بنگستان) و سطحی (رخنمون آسماری) اثرگذار هستند. هندسه چین خوردگی تاق‌دیس‌های ژرفایی سرکان و باباحیب به‌صورت چین جدایشی نامتقارن است که با افزایش تنش در میانه‌های تاق‌دیس و عدم گسترش پس‌راندگی در پس‌یال، هندسه چین جدایشی گسل خورده مدل یک (Mitra, 2002) را ایجاد می‌کند. این مدل به سبب اختلاف مقاومت زیاد میان واحدهای شیلی گرو در قاعده و سازندهای مقاوم گروه بنگستان در بالا تشکیل می‌شود (شکل ۱۲). در راستای مقاطع B و C که از میانه‌های تاق‌دیس سرکان عبور کرده است با تشکیل تاق‌دیس باباحیب و اعمال تنش



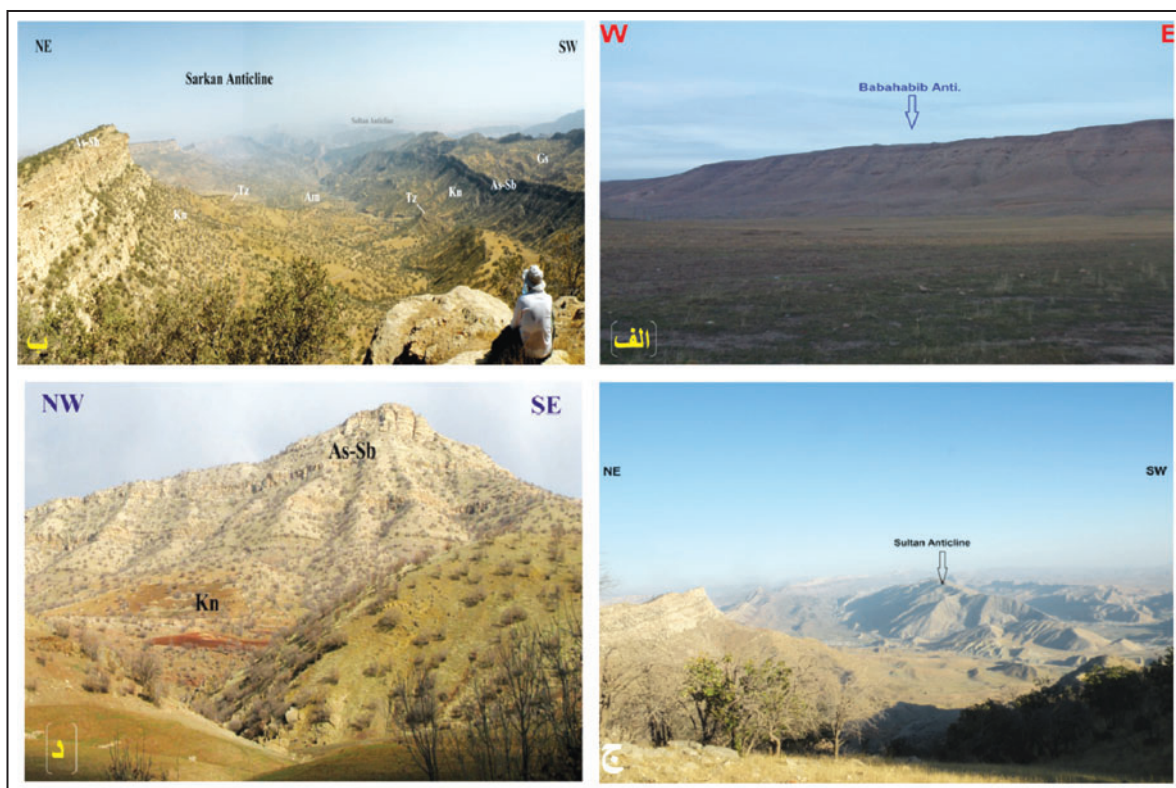
شکل ۱- الف) موقعیت ناحیه لرستان در کمربند چین-راندگی زاگرس؛ ب) موقعیت گستره مورد مطالعه در ناحیه لرستان و مقطع عرضی رسم شده ناحیه‌ای (RR')؛ ج) موقعیت ناقدیس‌های مورد مطالعه در نمای نقشه نسبت به هم و مقاطع عرضی رسم شده روی ناقدیس‌ها.



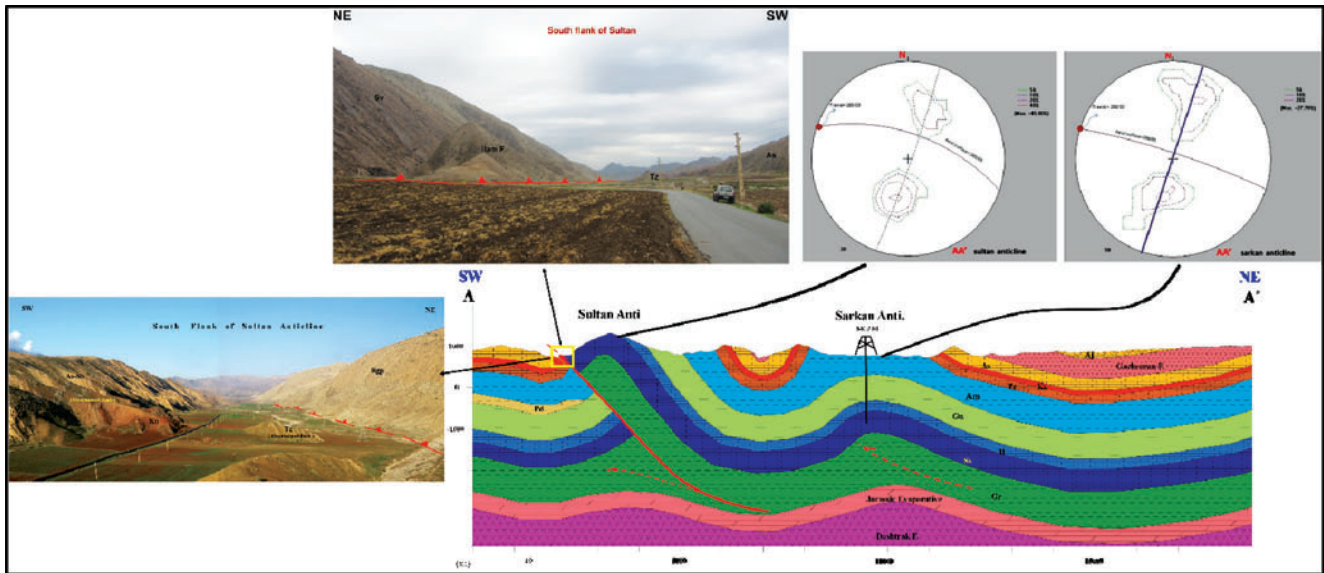
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی تغییرات ستبر و رخساره واحدهای رسوبی بخش مرکزی ناحیه لرستان مربوط به دوران‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک (ستبرها بر پایه میانگینی از تغییرات ستبرای ۸ چاه و مقاطع چینه‌شناسی در بخش مرکزی لرستان به دست آمده است).



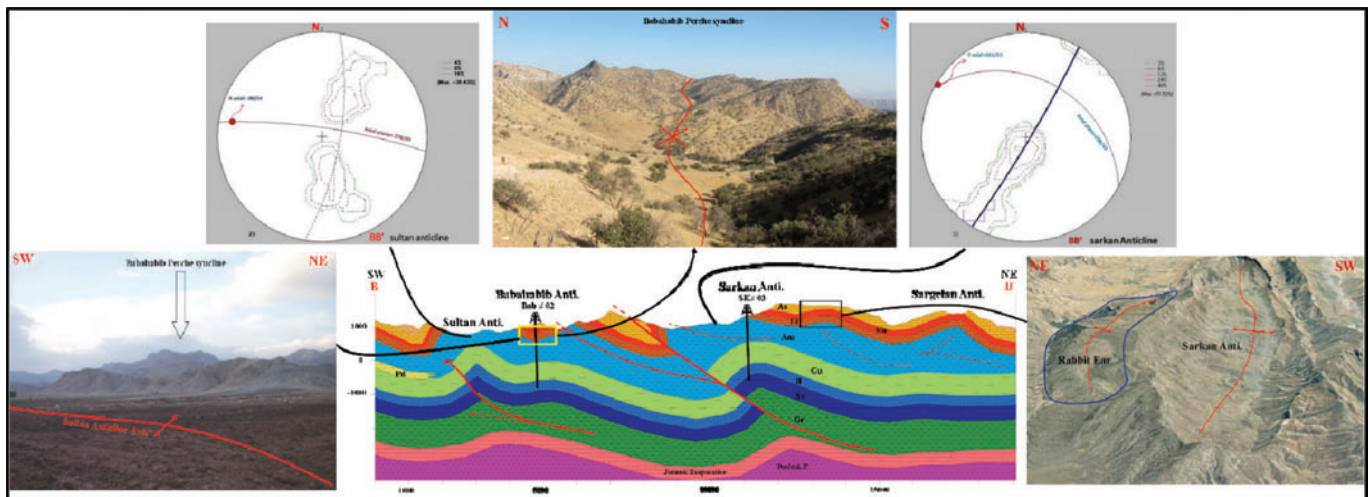
شکل ۳- طرح نمادین تغییرات ستبرا و رخساره رسوبات و نیز سبک چین خوردگی در ناحیه جنوبی و مرکزی لرستان. مقطع بر پایه اطلاعات چاه‌های کبیر کوه، ماله کوه، باباحیب، سرکان، امیران و ... (با نقاط سرخ مشخص شده‌اند)، خطوط لرزه‌ای موجود و بهره‌گیری از مقاله Alavi (2007) رسم شده‌اند. تغییر تدریجی سازند پابده به سازندهای کشکان، تله‌زنگ و امیران از بخش جنوبی به سوی بخش مرکزی لرستان دیده می‌شود (به ستبرای زیاد سازند امیران در ناحیه مرکزی لرستان و تأثیر بر سبک چین خوردگی سطوح بالایی توجه شود).



شکل ۴- تصاویر میدانی از ساختمان‌های گسترده مورد مطالعه. الف) یال جنوبی تاقدیس باباحیب؛ ب) تاقدیس سرکان؛ ج) تاقدیس سلطان؛ د) یال شمالی تاقدیس سرگلان.

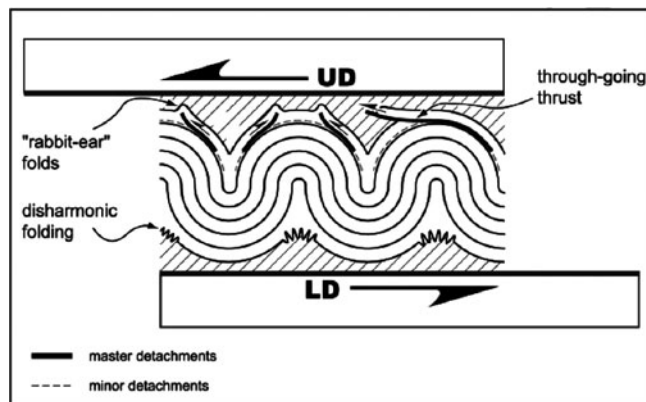


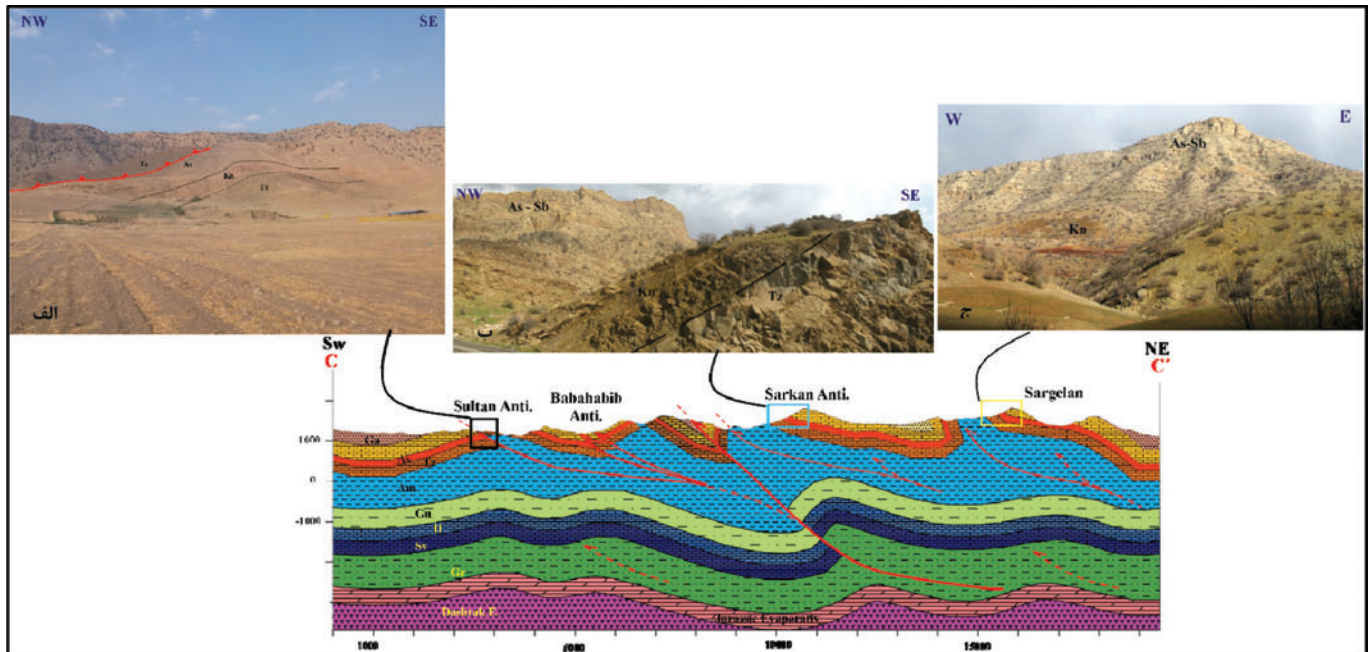
شکل ۵- مقطع AA' روی تاقدیس‌های سرکان و سلطان؛ در این برش تاقدیس سرکان به صورت چین جدایشی نامتقارن و بدون راندگی قابل ملاحظه در یال جنوبی است. روی شکل موقعیت استریوگرام محور و سطح محوری تاقدیس‌ها و تصاویر صحرایی از گسل یال جنوبی سلطان نشان داده شده است (رسم شده با استفاده از خط لرزه‌ای R-891).



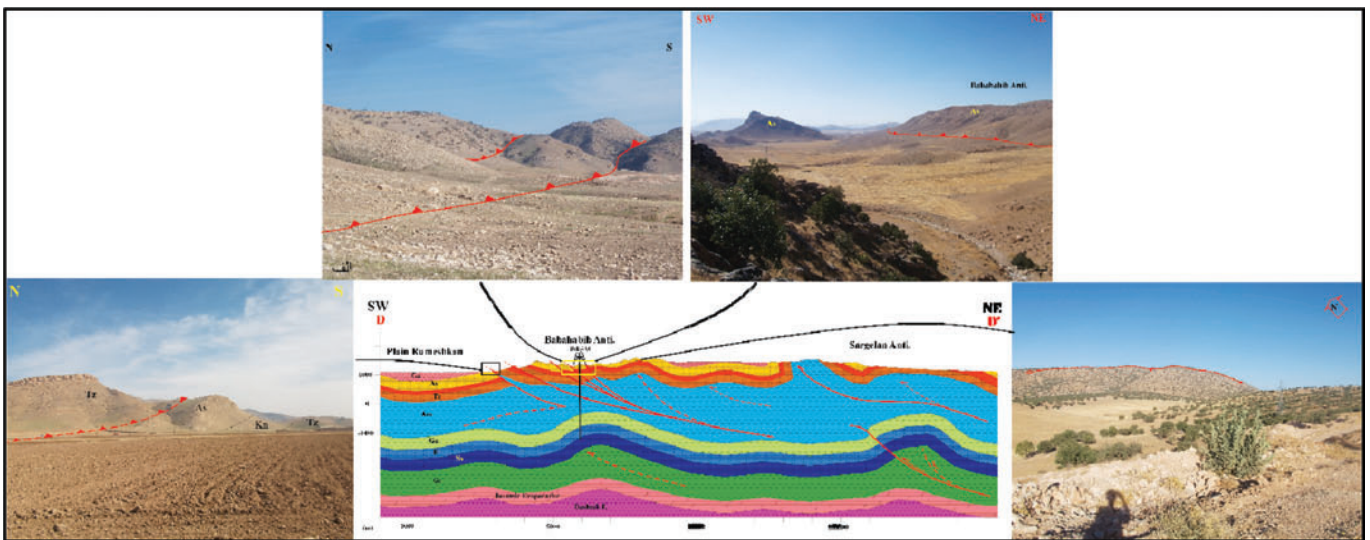
شکل ۶- مقطع BB' در راستای این مقطع تشکیل ساختارهای Rabbit Ear، ناودیس معلق باباحیب و چین خوردگی‌های سطحی کوچک، بازتابی از ستبرشدگی سطح جدایش بالایی است. استریوگرام محور و سطح محوری تاقدیس سرکان، برگشتگی یال جنوبی این تاقدیس را به دلیل تأثیر گسل‌های سطحی نشان می‌دهد و نیز استریوگرام تاقدیس سلطان، میل زیاد محور این تاقدیس را به سوی پایین مشخص می‌کند (رسم شده با استفاده از خط لرزه‌ای 1-2005 میدان باباحیب).

شکل ۷- مدل ارائه شده توسط Dahlstrom (1990) برای تشریح لزوم در بر گرفته شدن یک چین هم‌مرکز توسط دو افق گسسته زیرین و بالایی و همچنین تشکیل راندگی‌ها در یال تاقدیس‌های اصلی که سبب ساختارهای گوش خرگوشی (rabbit-ear) می‌شود (برگرفته از Sherhati et al. (2005) با کمی تغییرات).



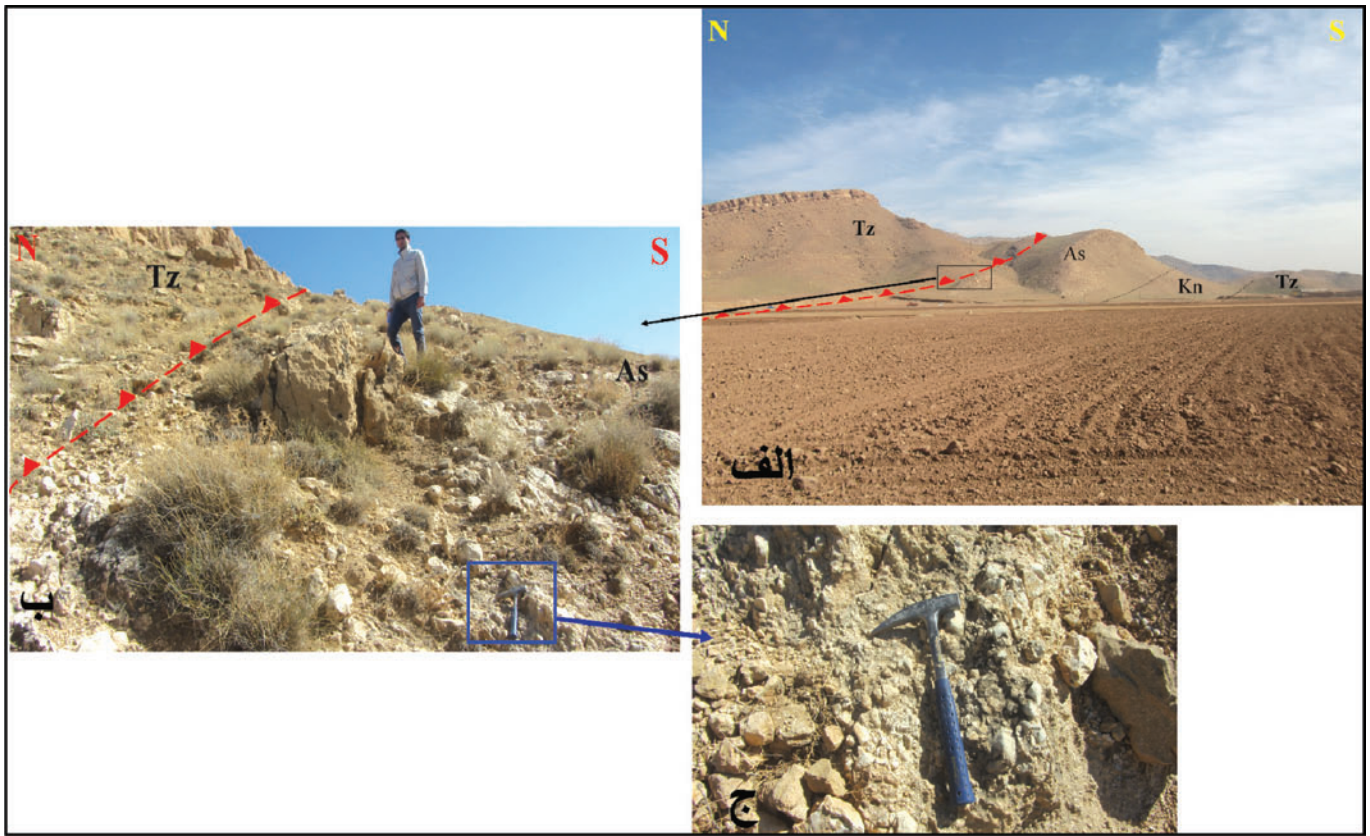


شکل ۸- مقطع 'CC'. در راستای این مقطع افزایش ستبرای سطح جدایش بالایی به دلیل وجود گسل‌های سطحی ساختارهای مختلفی تشکیل داده است. الف) عملکرد راندگی در یال جنوبی سلطان سبب رانده شدن سازند تله‌زنگ روی آسماری شده است؛ ب) توالی سازندهای یال شمالی سرکان؛ ج) یال شمالی سرگلان. وجود راندگی در تاقدیس سرگلان سبب برگشته شدن یال جنوبی این تاقدیس در سطح شده است (رسم شده با استفاده از خط لرزه‌ای 2005-2 میدان باباحیب).

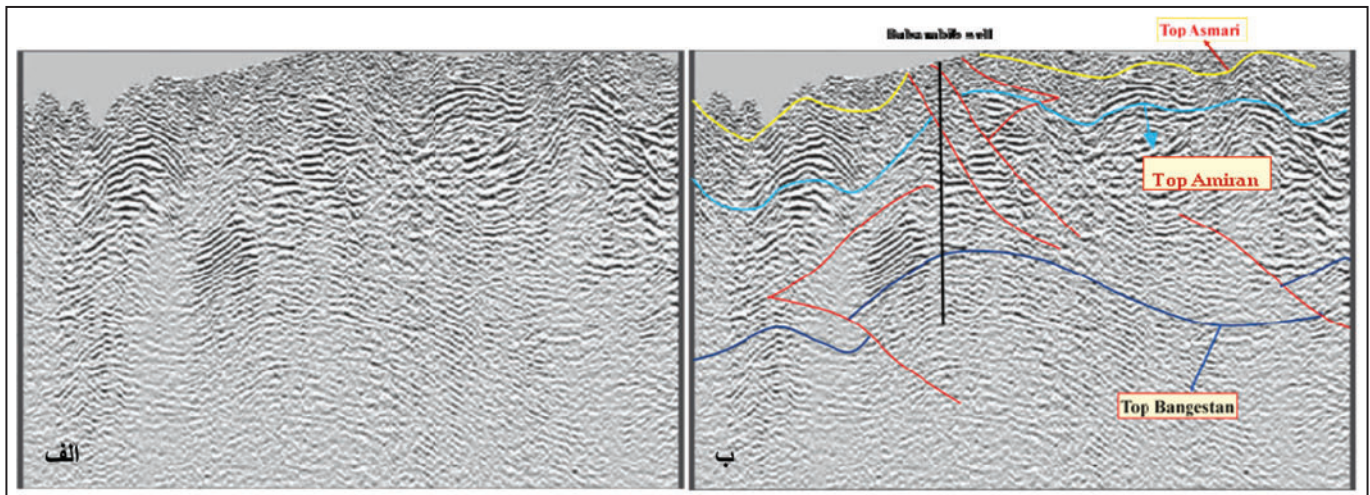


شکل ۹- مقطع 'DD'. در راستای این مقطع با افزایش ستبرای سطح جدایش بالایی چین‌های پارازیتی و گسل‌های سطحی بیشتری گسترش یافته است. تاقدیس باباحیب با چرخش یال پیشانی هندسه چین جدایشی نامتقارن گرفته است. تاقدیس سرگلان با هندسه چین جعبه‌ای و فعالیت راندگی در یال پیشانی گسترش یافته است. در شکل تصاویر میدانی مربوط به نقاط مختلف مقطع نشان داده شده است (رسم شده با استفاده از خط لرزه‌ای 2005-3 میدان باباحیب).

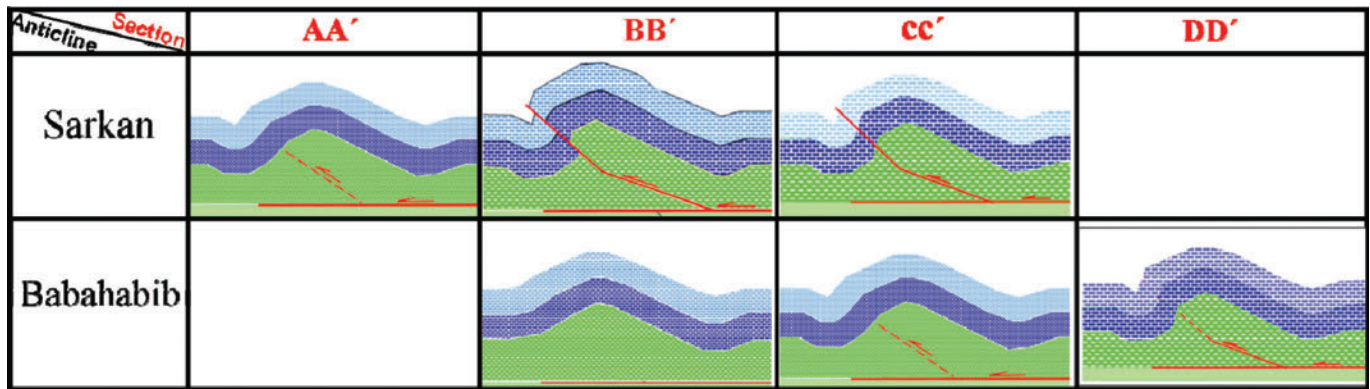




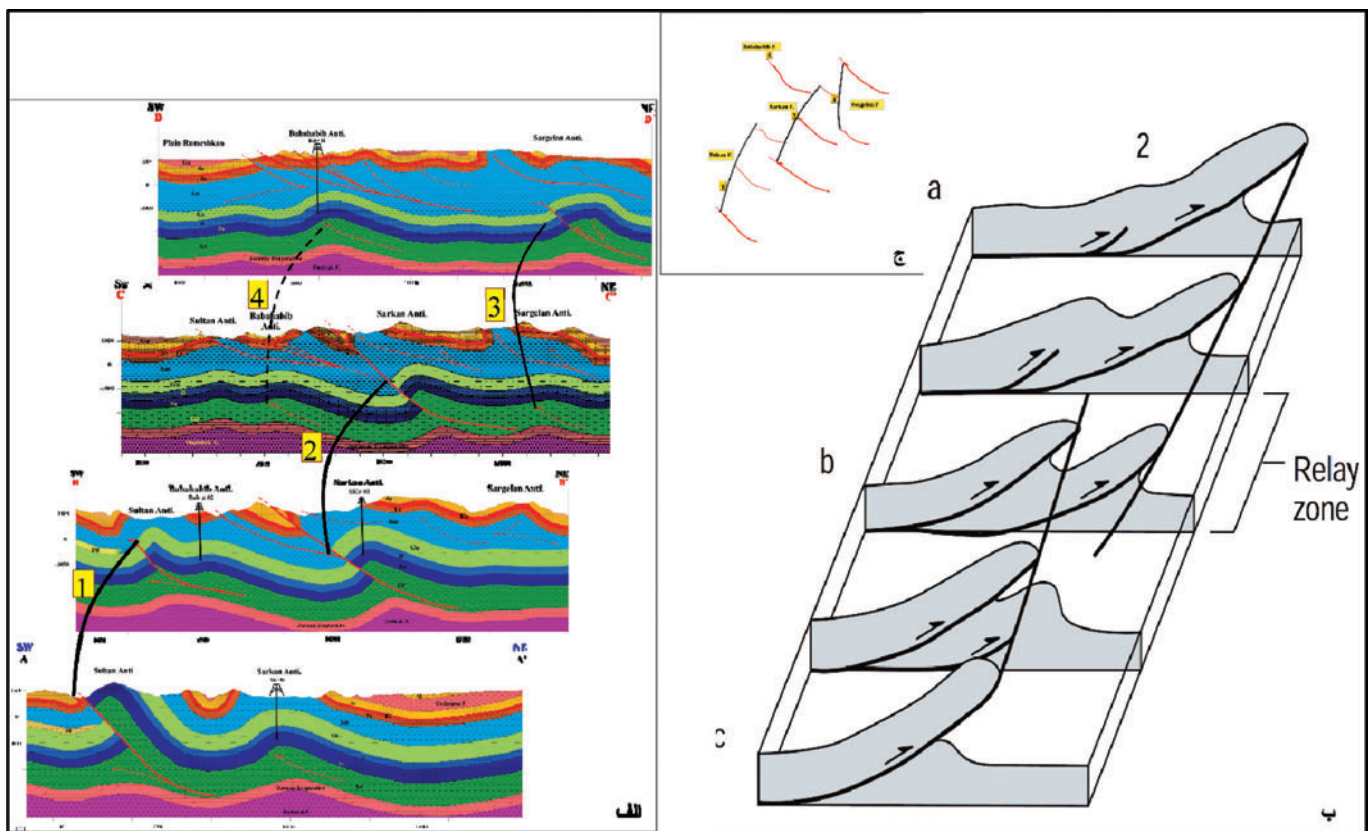
شکل ۱۰- الف) رخنمون گسل سطحی منشأ گرفته از سازند امیران در راستای مقطع DD' سبب رانده شدن سازند تله‌زنگ با یک جابه‌جایی قابل ملاحظه روی سازند آسماری می‌شود؛ ب و ج) شواهد سنگگرد گسلی مربوط به فعالیت رانندگی.



شکل ۱۱- بخشی از خطوط لرزه‌ای باباحیب در گستره مورد مطالعه که ستبرای زیاد سازند امیران و تأثیر آن بر هندسه تاقدیس‌های سطحی (Top Asmari) مشخص شده است؛ الف) تفسیر نشده؛ ب) تفسیر شده (اصلاح شده از (Farzipour-saein et al. (2009a).



شکل ۱۲- مدل‌های هندسی ارائه شده برای تاق‌دیس‌های ژرفایی سرکان و باباحیب در راستای مقاطع مختلف؛ برای این تاق‌دیس‌ها مدل چین‌جدایشی نامتقارن پیشنهاد می‌شود که با افزایش تنش در میانه‌های تاق‌دیس (برای سرکان BB' و برای باباحیب DD') به چین‌جدایشی گسل‌خورده مدل یک میتر تبدیل می‌شود (رسم دوباره از (Mitra, 2002)).



شکل ۱۳- نمایش Relay zone یا Transfer zone در منطقه الف) توالی تشکیل گسل‌ها در منطقه در تاق‌دیس‌های افق بنگستان به صورت ساختار پلکانی؛ ب) مدل ارائه شده برای تشکیل ساختار پلکانی گسل‌ها در کمربند چین-راندگی (برگرفته از (Van der Pluijm & Marshak, 2004)؛ ج) نمایش گسل‌های ژرفایی گستره مورد مطالعه.

### کتابنگاری

مطیعی، ه.، ۱۳۸۲- زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

### References

- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L. & Mouthereau, F., 2005- Convergence history across zagros (iran): constraints from collisional and earlier deformation, *Int. J. Earth sci (geol Rundsch)* 94: 401- 419.
- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics* 229, 211-238.
- Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold thrust belt in Iran. *Am. J. Sci.* 307, 1064-1095.

- Allen, M. & Talebian, M., 2011- Structural variation along the Zagros and the nature of the Dezful Embayment. *Geological Magazine* 148, 911-924.
- Bahroudi, A. & Talbot, C. J., 2003- The Configuration of the Basement beneath the zagros basin, *Journal of petroleum geology*, vol.26(3),pp 257-282.
- Berberian, M. & King, G. C. P., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Reply. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18(11), 1764-1766.
- Berberian, M., 1995- Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics, *Tectonophysics* 241(1995), 193-224.
- Blanc, E. P., Allen, M. B., Inger, S. & Hassani, H., 2003- Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran. *Journal of the Geological Society*, 160(3), 401-412.
- Casciello, E., Verges, J., Hunt, D. W. & Blanc, E., 2009- Fold distribution and multilayer properties, a case study from the Lurestan province of Iran, *Trabajos de Geological*, 29, 146-150.
- Casciello, E., Verges, J., Saura, E., Casini, G., Fernandez, N., Blanc, E., Homke, S. & Hunt, D. W., 2009- Fold patterns and multilayer rheology of Lurestan Province, Zagros Simply folded belt, *Journal of the Geological Society* 2009, vol 166, pp 947-959.
- Colman-Sadd, S. P., 1978- Fold development in Zagros simply folded belt, southwest Iran. *AAPG Bulletin*, 62, 984-1003.
- Dahlstrom, C. D., 1990- Geometric Constraints Derived from the Law of Conservation of Volume and Applied to Evolutionary Models for Detachment Folding: *Geologic Note*:(1). *AAPG Bulletin*, 74(3), 336-344.
- Falcon, N. L., 1969- Problems of the relationship between surface structure and deep displacements illustrated by the Zagros Range. *Geological Society, London, Special Publications*, 3(1), 9-21.
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkati, S. & Koyi, H., 2009a- Mechanical stratigraphy and folding style of the Lurestan region in the Zagros Fold Thrust Belt, Iran, *Journal of the Geological Society* 2009, vol. 166, pp 1101-1115.
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkati, S. & Koyi, H., 2009b- BASIN EVOLUTION OF THE LURESTAN REGION IN THE ZAGROS FOLD-AND-THRUST BELT, IRAN. *Journal of Petroleum Geology*, 32(1), 5-19.
- Golonka, J., 2004- Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic. *Tectonophysics*, 381(1), 235-273.
- Haynes, S. J. & McQuillan, H., 1974- Evolution of the Zagros suture zone, southern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 85(5), 739-744.
- Hessami, K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H. & Shabanian, E., 2001- Progressive unconformities within an evolving foreland fold-thrust belt, Zagros Mountains. *Journal of the Geological Society*, 158(6), 969-981.
- Homke, S., Vergés, J., Garcés, M., Emami, H. & Karpuz, R., 2004- Magnetostratigraphy of Miocene-Pliocene Zagros foreland deposits in the front of the Push-e Kush arc (Lurestan Province, Iran). *Earth and Planetary Science Letters*, 225(3), 397-410.
- Hudleston, P. J. & Lan, L., 1993- Information from fold shapes. *Journal of Structural Geology*, 15(3), 253-264.
- Huggins, P., Watterson, J., Walsh, J. J. & Childs, C., 1995- Relay zone geometry and displacement transfer between normal faults recorded in coal-mine plans. *Journal of Structural Geology*, 17(12), 1741-1755.
- Koyi, H. A., Sans, M. & Bahroudi, A., 2004- Modelling the deformation front of fold-thrust belts containing multiple weak horizons. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 45, 101-103.
- Letouzey, J., Colletta, B., Vially, R. & Chermette, J. C., 1995- Evolution of salt-related structures in compressional settings. *AAPG Memoir* 65, p. 41-60.
- Macleod, J. H. & Fozoonmayeh, M., 1971- Naft geological map, 1:100 000. National Iranian Oil Company, Tehran.
- Macleod, J. H., 1970- Kabir Kuh geological map, 1:100 000. National Iranian Oil Company, Tehran.
- McQuarrie, N. & Van Hinsbergen, D. J., 2013- Retrodeforming the Arabia-Eurasia collision zone: Age of collision versus magnitude of continental subduction. *Geology*, 41(3), 315-318.
- McQuillan, H., 1991- The role of basement tectonics in the control of sedimentary facies, structural patterns and salt plug emplacements in the Zagros fold belt of southwest Iran. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 5(1), 453-463.
- Mitra, S., 2002- Fold-accommodation faults. *AAPG bulletin*, 86(4), 671-694.
- Molinaro, M., Leturmy, P., Guezou, J. C., Frizon de Lamotte, D. & Eshraghi, S. A., 2005- The structure and kinematics of the southeastern Zagros fold-thrust belt, Iran: From thin-skinned to thick-skinned tectonics. *Tectonics*, 24(3).

- Mouthereau, F., Lacombe, O. & Verges, J., 2012- Building the zagros collisional orogeny: Timing, strain, distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence, *Tectonophysics* 532-535(2012) 27-60.
- Nicol, A., Watterson, J., Walsh, J. J. & Childs, C., 1996- The shapes, major axis orientations and displacement patterns of fault surfaces. *Journal of Structural Geology*, 18(2), 235-248.
- Player, R. A., Hulstrand, R. F. & Ghashghaie, M., 1968- The Central Lurestan Geological Surveys 1963–1964. National Iranian Oil Company Report 1103.
- Ramsay, J. G., 1967- Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Companies.
- Sahabi, F. & Macleod, J. H., 1969- Balarud geological map, 1:100 000. National Iranian Oil Company, Tehran.
- Saura, E., Embry, J. C., Vergés, J., Hunt, D. W., Casciello, E. & Homke, S., 2013- Growth fold controls on carbonate distribution in mixed foreland basins: insights from the Amiran foreland basin (NW Zagros, Iran) and stratigraphic numerical modelling. *Basin Research*, 25(2), 149-171.
- Saura, E., Garcia-Castellanos, D., Casciello, E., Parravano, V., Urruela, A. & Verges, J., 2015- Modeling the flexural evolution of the Amiran and Mesopotamian forland basins of NW Zagros(Iran), *Tectonics*, 33, p. 19.
- Saura, E., Verges, J., Homke, S., Blanc, E., Serra-kiel, J., Bernaola, G., Casciello, E., Fernandez, N., Romaire, I., Casini, G., Christophe Embry, L., Sharp, I. R. & Hunt, D. W., 2011- Basin architecture and growth folding of th NW Zagros early forland basin during the late Cretaceous and early Tertiary, *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 168, 2011, pp. 235-250.
- Sepehr, M., Cosgrove, J. & Moieni, M., 2006- The impact of cover rock rheology on the style of folding in the Zagros fold-thrust belt. *Tectonophysics*, 427 (1), 265-281.
- Sherkati, S. & 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(5), 535-554.
- Sherkati, S., Letouzey, J. & Frizon de Lomotte, D., 2006- Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation, and sandbox modeling, *Tectonics*, vol. 25, TC4007.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D. & Letouzey, J., 2005- Detachment folding in the central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachment and late basement control, *Journal of the Structural Geology* 27 (2005) 1680-1696.
- Suppe, J., 1985- Principles of structural geology (Vol. 537). New York: Prentice-Hall.
- Takin, M., 1972- Iranian geology and continental drift in the Middle East. *nature*, 235, 147-150.
- Takin, M., Akbari, Y. & Macleod, J. H., 1970- Pul-e-Dukhtar geological map 1:100 000. National Iranian Oil Company, Tehran.
- Tanner, P. G., 1989- The flexural-slip mechanism. *Journal of Structural Geology*, 11(6), 635-655.
- Van der Pluijm, B. A., & Marshak, S., 2004- Earth structure: an introduction to structural geology and tectonics. New York: WW Norton; 2nd ed.
- Vergés, J., Goodarzi, M. G. H., Emami, H., Karpuz, R., Efsathiou, J. & Gilleespie, P., 2011- Multiple Detachment folding in Pusht-e Kuh Arc, Zagros: Role of Mechanical Stratigraphy, AAPG Memoir 94, p. 69-94.
- Walsh, J. J. & Watterson, J., 1989- Displacement gradients on fault surfaces. *Journal of Structural Geology*, 11(3), 307-316.
- Walsh, J. J., Watterson, J., Bailey, W. R. & Childs, C., 1999- Fault relays, bends and branch-lines. *Journal of Structural Geology*, 21(8), 1019-1026.

# The effect of detachment surfaces on folding geometries in Babahabib and Sarkan oilfields (Central Lurestan region, Northwest Zagros)

A. Shamszadeh <sup>1\*</sup>, S. A. Alavi <sup>2</sup>, M. Valinejad <sup>3</sup> & M. Tavakoli Yarak <sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> M.Sc., Exploration Directorate, NIOC, Tehran, Iran

Received: 2015 January 27

Accepted: 2015 April 28

## Abstract

Babahabib and Sarkan oilfields are located in southwest of the Lurestan Province and 10km west of Pul-dokhtar City. The study area is situated in the Lurestan tectonostratigraphic region, northwest of the folded Zagros structural sub-zone. Although the Lurestan region is part of the Zagros sedimentary basin, it shows essential differences in terms of sedimentary conditions and types, folding and thickness of strata sequences when compared with the Dezful and Fars basins. Information obtained from seismic profiles, well logs and four cross-sections (AA' to DD') drawn perpendicular to structural trend indicates the effect of the detachment surfaces on structural geometry of folds in study area. Of the most important dataset used in this study are 2D and 3D seismic lines along with well logs, which were used in geometrical analysis of sub-surface structures. According to surface and subsurface structural geometries of fold in central part of the Lurestan region, two detachment surfaces including (1) Garu Formation as the middle detachment surface and (2) Amiran Formation as the upper detachment surface are interpreted to have affected subsurface anticlines (Bangestan group) and small surficial anticlines, respectively. The thickening of the upper detachment surface in western part of the study area has resulted in the development of folds with short wavelength and amplitude in outcrops. This thickness change causes disharmonic folding in surficial anticlines relative to the subsurface anticlines. The geometry of the Sarkan and Baba-Habib anticlines is represented as asymmetric detachment fold in which the increased stress in middle parts of the anticlines plus back-thrust structures have developed a geometry resembling Mitras's (2002) model-1 faulted detachment fold. This model is formed by the high competency contrast between the Garu shaly units at the base and the overlying competent formations of the Bangestan group. Relay geometry of thrusts, which have been initiated from incompetent lower units, is one of the most important factors in controlling the en-echelon arrays of sub-surface anticlines in the area. Surficial geometries of the anticlines have been controlled by the upper detachment surface.

**Keywords:** Zagros, Detachment horizons, Garu Formation, Amiran formation, Relay array, Babahabib and Sarkan Oilfields

For Persian Version see pages 321 to 332

\*Corresponding author: A. Shamszade; E-mail: arefshams70@gmail.com