

# واحدهای زمین ساخت - چینه نگاری بخش جنوب خاوری پهنه سنج - سیرجان

محمدرضا شیخ الاسلامی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۰۱

## چکیده

ویژگی های متفاوت واحدهای سنگی، ارتباط آنها با یکدیگر و نیز فعالیت های آذرین و دگرگونی در بخش جنوب خاوری پهنه سنج - سیرجان منجر به شناسایی چندین واحد زمین ساخت - چینه نگاری شده است. این واحدها در جریان باز و بسته شدن اقیانوس نوتیس در جنوب ایران شکل گرفته اند. واحدهای زمین ساخت - چینه نگاری اصلی در این ناحیه عبارتند از: رسوبات نوع الاکوژنی مربوط به حاشیه جنوبی سکوی ایران مرکزی با سن عمومی پالئوزویک تا تریاس میانی؛ واحدهای آتشفشانی و توریدیت های به سن تریاس؛ رسوبات فلیشی دگرگون شده با سن عمومی ژوراسیک - کرتاسه پیشین مربوط به حوضه پیش کمانی؛ رسوبات کربناتی سکویی به سن کرتاسه پیشین؛ سنگ های مربوط به ناحیه زمین درز شامل افیولیت، رادیولاریت و گلوکوفان شیت؛ رسوبات حوضه فلیشی ترشیری دارای قطعات اولیستولیتی از سنگ آهک های کرتاسه، افیولیت ها و برخی از سازندهای پهنه زاگرس که در حاشیه زاگرس مرتفع شکل گرفته اند؛ رسوبات ناحیه پیش بوم پس کمانی که به صورت دگرشیب سنگ های دگرشکل بخش شمالی پهنه سنج - سیرجان جنوبی را می پوشانند؛ و در نهایت مولاس های پس از کوهزایی که در اثر فرسایش بالاآمدگی های ناشی از کوهزاد زاگرس در بخش های درونی و حاشیه ای سنج - سیرجان جنوبی شکل گرفته اند.

**کلیدواژه ها:** دگرگونی، پهنه سنج - سیرجان، زمین ساخت - چینه نگاری، نوتیس، زاگرس.

Email: sheikhholeslami@gsi.ir

\*نویسنده مسئول: محمدرضا شیخ الاسلامی

## ۱- پیش نوشتار

ناحیه سنج - سیرجان به عنوان پرتکاپوترین پهنه ساختاری در ایران بخشی از کوهزاد زاگرس و سامانه کوهزاد آلپ - هیمالیاست که در اثر همگرایی میان بخش شمالی گندوانا با بلوک های سیمین و جنوب اوراسیا شکل گرفته است (Berberian & King 1981; Sengor 1990; Alavi 1996; Brunet et al., 2009). پیوستگی بلوک های تشکیل دهنده ایران به گندوانا بر مبنای مشابهت پی سنگ پان آفریکن، ویژگی توالی پروتروزوییک پسین و کامبرین در ناحیه زاگرس و نیز نبود اثرات رویداد واریسکن در بیشتر نقاط ایران زمین استوار است (Saidi et al., 1997). پهنه سنج - سیرجان از گسل سوزواران در جنوب خاوری تا مرز ترکیه - ایران در شمال باختری، شمال عراق (Shalair Zone) و از آنجا تا جنوب خاوری آناتولی ادامه می یابد. رویدادهای زمین ساختی در جریان باز و بسته شدن اقیانوس نوتیس منجر به تشکیل محیط های مختلف زمین ساختی و واحدهای چینه ای مرتبط با آنها شده است. تاکنون انگاره های متعددی در خصوص سازوکار و زمان کافت قاره ای، آغاز فرورانش اقیانوسی و شروع برخورد قاره ای میان بخش شمالی گندوانا و صفحه اوراسیا در جنوب ایران ارائه شده ولی تاکنون واحدهای زمین ساخت - چینه نگاری درگیر در این فرایندها در بخش جنوبی سنج - سیرجان معرفی نشده اند. این پژوهش که بر پایه مشاهدات صحرایی، تعبیر و تفسیرهای زمین ساختی و داده های قابل دسترس سنی و ژئوشیمیایی استوار است به بررسی فرایندهای زمین ساختی و تشکیل حوضه های رسوبی مرتبط با این فرایندها می پردازد که در پایان منجر به تشکیل واحدهای زمین ساخت - چینه نگاری مختلف در بخش جنوب خاوری پهنه سنج - سیرجان شده است.

کویر میقان (توزلوگل)، گاوخونی و جازموریان را به عنوان مرز ساختاری شمال خاوری این پهنه در نظر گرفت (Stöcklin, 1968; Alavi, 1994) شکل ۱- آ). محدوده مورد بررسی در این پژوهش بخش جنوب خاوری پهنه سنج - سیرجان را در برمی گیرد که از گسل سوزواران در بخش جنوب خاوری شروع و تا ناحیه اقلید ادامه می یابد. گسل سوزواران گسلی راستالغز با طول ۱۷۰ کیلومتر است که از پیرامون شهرهای سوزواران (جیرفت) و کهنوج می گذرد. این گسل نهشته های کواترنری را بریده و در برخی نواحی مرز میان سنگ های دگرگون و آتشفشانی ائوسن را در باختر با نهشته های جوان کواترنر در خاور تشکیل می دهد. به طور کلی ناحیه مورد بررسی از سنگ های دگرگون تشکیل شده که تحت تأثیر توده های نفوذی به سن مزوزوییک قرار گرفته اند. شباهت میان درجه دگرگونی و سنگ مادر آنها سبب شده این سنگ های دگرگون به چندین مجموعه دگرگونی تقسیم شوند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۶۹؛ سبزه یی، ۱۳۷۲؛ Sheikholeslami, 2002; Sheikholeslami et al., 2008). سنگ های غیردگرگون به سن پالئوزوییک در مکان هایی از ناحیه مورد مطالعه و بیشتر در پیرامون ناحیه اقلید گسترش دارند. بخشی از محدوده زمین درز زاگرس شامل سنگ های افیولیتی، رادیولاریتی و گلوکوفان شیت در بخش جنوب خاوری ناحیه بروزند دارند. این واحدها با رسوبات فلیشی ترشیری و رسوبات جوان بختیاری پوشیده می شوند (شکل ۱- ب).

## ۳- شرایط حوضه رسوبی سنج - سیرجان پیش از بازشدگی اقیانوس نوتیس

فرایندهای زمین ساختی در بخش شمال گندوانا و جنوب اوراسیا در محدوده ایران زمین کنونی را می توان در قالب دو اشکوب زمین ساختی (tectonic stage) مهم بیان کرد. اشکوب زمین ساختی اول مربوط به یک رژیم زمین ساخت کششی در بخش شمالی گندوانا است که در پایان منجر به بازشدگی اقیانوس نوتیس در جنوب ایران در ناحیه کنونی سنج - سیرجان شده است. اشکوب زمین ساختی بعدی رویدادهای زمین ساختی ای را در بر می گیرد که طی یک واژگونی

## ۲- جایگاه زمین ساختی و زمین شناسی عمومی پهنه سنج - سیرجان جنوبی

ناحیه سنج - سیرجان بخش جنوب باختری ایران مرکزی است که از سوی جنوب باختری به راندگی اصلی زاگرس محدود می شود. مرز شمال خاوری این پهنه با ایران مرکزی به دلیل پوشش گسترده سنگ های ترشیری و کواترنر، تغییرات جانبی رخساره ها و نیز فعالیت های آتشفشانی گسترده سنوزوییک به خوبی مشخص نیست (آقاباتی، ۱۳۸۳) ولی به طور کلی می توان فروافتادگی های دریاچه ارومیه،

اندازه‌های مختلف و چرت‌های نازک لایه است که درجه ضعیفی از دگرگونی را تحمل کرده‌اند (شکل ۲- واحد ۲). گدازه‌های این مجموعه ترکیب بازالتی تا آندزیت پورفیری داشته و در بخش‌هایی ساخت بالشی از خود نشان می‌دهند (Sheikholeslami, 2002). گدازه‌های اسیدی مربوط به این واحد نیز که بیشتر رiolیت‌های پورفیری هستند در برخی از مناطق مانند منطقه چاه گز گزارش شده‌اند. به این ترتیب به نظر می‌رسد فعالیت‌های آتشفشانی درون این مجموعه به صورت دوگانه (Bimodal) باشد (سبزه‌پی، منتشر نشده). بررسی ژئوشیمیایی روی این سنگ‌ها در ناحیه کوه مهار نشان‌دهنده ویژگی آلکالن تا ساب‌آلکالن آنها و فوران در یک محیط درون قاره‌ای است (Sheikholeslami, 2002). مجموعه‌های دگرگون شده پالئوزویک در بخش‌های جنوبی ناحیه مورد مطالعه به گونه تدریجی به این مجموعه تبدیل می‌شوند. از سنگ آهک‌های این مجموعه در ناحیه کوه مهار فسیل‌های گوناگونی به دست آمده که سن کربنیفر پسین- پرمین پیشین بدان نسبت داده شده است (روشن‌روان و امینی، ۱۳۷۴).

**سنگ‌های آتشفشانی و رسوبات توریدایتی تریاس:** کشتی که از زمان پرمین در ناحیه مورد مطالعه شروع شده تا تریاس میانی ادامه پیدا کرده و حاصل آن فوران‌های بازالتی در محیط قاره‌ای و زیر دریایی بوده است (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۸؛ روشن‌روان و همکاران، ۱۳۷۶). این واحد زمین‌ساخت- چینه‌نگاری در چند نقطه در ناحیه مورد بررسی بروز دارند. بازالت‌های این واحد در ناحیه شمال قطریه (شمال خاوری نیز) به‌طور دگرشپ روی مجموعه‌های دگرگون پالئوزویک قرار گرفته و توسط رسوبات توریدایتی شامل سنگ‌آهک، شیل و ماسه‌سنگ به سن تریاس پسین پوشیده شده‌اند (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۸؛ Sheikholeslami, 2002). بازالت یادشده از کلینوپروکسن و پلاژیوکلاز تشکیل یافته و دگرگونی خفیف سبب تشکیل کلریت، اپیدوت، سریست و آلپیت در آنها شده است. چند نمونه از توریدایت‌های آهکی در این مجموعه مورد مطالعه قرار گرفته که از آنها پالینومورف‌های به سن رتین گزارش شده است (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۸). رخنمون دیگری از این واحد زمین‌ساخت- چینه‌نگاری در ۴۵ کیلومتری جنوب سیرجان رخنمون دارد (شکل ۳). در این ناحیه بروزند تریاس با چندین متر ماسه‌سنگ و شیل زیتونی آغاز می‌شود که چندین لایه گدازه‌های بازالتی در آن دیده می‌شود. درون این ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها، اولیستولیت‌های سنگ‌آهکی به سن پرمین پسین به ابعاد مختلف از چند سانتی‌متر تا چندین متر دیده می‌شود. روی این مجموعه ردیف به نسبت سستری (بیش از ۳۰۰ متر) از سنگ‌آهک‌های بیومیکریتی خاکستری روشن نهشته شده که بخشی از آنها به دولومیت‌های زرد رنگ تبدیل شده است. از این واحد مجموعه فسیلی به سن تریاس میانی تا تریاس پسین گزارش شده است (روشن‌روان و همکاران، ۱۳۷۶).

در ناحیه اقلید این مجموعه به‌صورت سنگ‌های آتشفشانی همراه با شیت‌ها دیده می‌شوند که توسط دایک‌های دیابازی قطع شده‌اند. این سنگ‌ها از نوع رiolیت و توف هستند (Alric & Virlogeux, 1977). وجود الیستولیت‌های سنگ‌آهک پرمین در رسوبات تریاس در جنوب سیرجان و نیز حضور رسوبات توریدایتی در مناطق دیگر مورد اشاره به همراه فوران‌های بازالتی از نوع قاره‌ای و زیردریایی حکایت از ناآرامی حوضه در تریاس و ادامه گسترش حوضه اقیانوسی نوتیس دارد. بررسی ژئوشیمیایی رiolیت‌های تریاس روی عناصر اصلی و کمیاب در ناحیه اقلید نشان می‌دهد که این رiolیت‌ها حاصل آناتکسی مواد ناهمگونی است که از ماگمای پر مایه از آلکالن‌ها خواه سدیدم‌دار و یا پتاسیم‌دار حاصل شده است. این سنگ‌های رiolیتی آلکالن از ذوب بخشی یا آناتکسی سنگ‌های ژرف پوسته‌ای حاصل شده‌اند و همراهی آنها با سنگ‌های بازالتی بیانگر نفوذ و هجوم این ماگمای گرم گوشته‌ای به درون پوسته و ایجاد ذوب بخشی سنگ‌های پوسته‌ای و در نتیجه تولید ماگمای آناتکسی اسیدی است (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۶۹).

زمین‌ساختی در یک رژیم فشارشی حاصل از همگرایی این بخش‌ها به‌وجود آمده و بسته‌شدن اقیانوس نوتیس را به دنبال داشته است. از ویژگی‌های اشکوب اول اطلاعات چندانی در دسترس نیست زیرا توسط فرایندهای گسترده و پیچیده مربوط به اشکوب بعدی دچار تغییرات زیادی شده و یا از میان رفته‌اند. با این وجود برخی ویژگی‌های بر جای مانده در سنگ‌های مربوط به این اشکوب زمین‌ساختی که از پالئوزویک پیشین تا پرمین به طول انجامیده، اطلاعاتی در خصوص ویژگی‌های حوضه رسوبی در این زمان ارائه می‌دهند. بررسی‌های صحرایی در برش‌های مختلف از ناحیه و نتایج بررسی دیگر زمین‌شناسان نشان می‌دهد که رسوبات پالئوزویک زیرین تا تریاس میانی در حاشیه جنوبی سکوی ایران مرکزی، در یک حوضه در حال فرونشست با نهشته‌های آواری و کربناتی شکل می‌گرفته‌اند. نیروهای کششی مؤثر در جریان اشکوب زمین‌ساختی اول سبب تشکیل کافت‌های ناقص در این بخش شده که با فعالیت آذرین اسیدی و بازیک همراه بوده‌اند (Sabzehei, 1974). بخش زیادی از این رسوبات در بخش جنوب باختری ناحیه سندر- سیرجان جنوبی در اثر همگرایی بخش شمالی گندوانا با بخش جنوبی صفحه اوراسیا دگرگون و دگرشکل شده و تحت تأثیر توده‌های نفوذی بازیک و اسیدی قرار گرفته‌اند (Sheikholeslami, 2002). رسوبات غیر دگرگون مربوط به این زمان در بخش شمال باختری پهنه سندر- سیرجان جنوبی گسترش دارند و شامل سنگ‌های رسوبی به سن پالئوزویک تا تریاس پسین هستند (قلمرو اصفهان- سیرجان، Arfania & Shahriary, 2009). این سنگ‌ها قابل مقایسه با سازندهای معادل خود در پهنه ایران مرکزی هستند. از آنجا که مجموعه‌های سنگی مربوط به این زمان هم اکنون دگرگون شده و واحد زمین‌ساخت- چینه‌نگاری مستقی در ارتباط با فرایند فرورانش را به وجود آورده‌اند، در بخش خود مورد بررسی قرار می‌گیرند.

#### ۴- تشریح واحدهای زمین‌ساخت - چینه‌نگاری جنوب سندر - سیرجان

با بررسی صحرایی واحدهای سنگی مختلف در بخش جنوب خاوری سندر- سیرجان، ۹ واحد مختلف زمین‌ساخت- چینه‌نگاری به شرح زیر شناسایی شده‌اند (شکل ۲). هر کدام از این واحدها نشان‌دهنده مرحله مشخصی از فرایند بازشدگی و بسته شدن اقیانوس نوتیس در ارتباط با کوهزاد زاگرس هستند.

##### ۴-۱. توالی مربوط به حوضه سکوی پالئوزویک

این توالی متشکل از واحدهای دگرگون تا غیر دگرگون سازندهای ایران مرکزی به همراه سنگ‌های آتشفشانی است که به‌طور معمول با همبری زمین‌ساختی در کنار دیگر واحدهای سنگی پهنه سندر- سیرجان قرار می‌گیرند (شکل ۲- واحد ۱). این سنگ‌ها بیشتر در بخش شمال باختری ناحیه مورد مطالعه در شمال اقلید و بوانات دیده می‌شوند (شکل ۱- ب) و در بخش‌هایی تا حد رخساره شیت سبز دگرگون شده‌اند.

##### ۴-۲. واحدهای زمین‌ساخت- چینه‌نگاری مربوط به بازشدگی نوتیس

**توریدایت‌های به سن کربنیفر پسین- پرمین پیشین:** برخی از زمین‌شناسان بر این باورند که فرایند ایجاد کافت‌های ناقص (aborted rifts) در بخش جنوبی سندر- سیرجان تا زمان پرمین ادامه داشته (Sabzehei, 1974; Berberain & King, 1981; Rashid Nejad-Omran et al., 2002; Sheikholeslami, 2002) و از آن پس حوضه اقیانوسی نوتیس شروع به شکل‌گیری کرده است. ویژگی‌های حوضه رسوبی کششی و فعالیت‌های آتشفشانی مربوط به آن، واحد زمین‌ساخت- چینه‌نگاری مشخصی را در بخش‌هایی از سندر- سیرجان جنوبی در ناحیه کوه مهار در شمال نیز (Sheikholeslami, 2002) و شمال باختر سیرجان به وجود آورده است. این واحد زمین‌ساخت- چینه‌نگاری شامل تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل، گدازه‌های بالشی، توریدایت‌های آهکی- دولومیتی، گل‌سنگ، برش‌های همزمان با رسوب‌گذاری در

سنگ‌های کربناتی دگرگون مجموعه شماره ۳ به گونه‌ای تدریجی به مجموعه‌ای از شیت، فیلیت، کوارتزیت، ماسه‌سنگ، شیل، توریدات‌های آهکی برشی و مقدار زیادی شیت سبز همراه با گدازه‌های بالشی تبدیل که به عنوان مجموعه شماره ۴ نامگذاری شده‌اند. طبقات کربناتی در بخش‌های بالایی آن ظاهر و در پایان به شیت و کربنات‌های کربنفر بالایی-پرمین زیرین تبدیل می‌شوند (شکل ۴-پ). گسترده‌ترین برونزد این مجموعه در کوهستان سرگز در بخش جنوب باختری و باختر چهارگوش سبزواران رخنمون دارد و به همین دلیل در این مناطق با عنوان مجموعه سرگز نامگذاری شده‌اند (سبزه‌ی، ۱۳۷۲). با توجه به سنگ‌شناسی فعلی آنها به نظر می‌رسد سنگ‌های اولیه این مجموعه، سنگ‌های رسوبی با منشأ پلیتی، سنگ‌های آذرآواری، دیاباز و گدازه‌های بالشی بوده‌اند. در ناحیه جنوب سیرجان سنگ‌آهک‌های بازبلورین شده دارای میکروفسیل‌های به سن کربنفر پسن-پرمین پیشین هستند (روشن‌روان و همکاران، ۱۳۷۶).

– **کمان ماگمایی:** این واحد بخشی از کمان ماگمایی گسترده‌ای است که به‌طور ناپیوسته از بخش جنوبی خاوری سندرچ-سیرجان تا پایانه شمال باختری آن به‌طور ناپیوسته و به طول ۸۰۰ کیلومتر ادامه دارد (شکل ۵). این کمان ماگمایی در بخش جنوبی سندرچ-سیرجان برای اولین بار در ناحیه نیریز معرفی شد (Sheikholeslami, 2002). با توجه به این که بیشتر آنها در بازه زمانی تریاس تا ژوراسیک شکل گرفته‌اند می‌توان این مجموعه‌ها را حاصل فعالیت‌های شدید ماگمایی دانست که همزمان و یا بعد از فروانش اقیانوس نوتیس به زیر ایران مرکزی در اواخر تریاس و اوایل ژوراسیک رخ داده است. این فعالیت در ژوراسیک میانی به اوج رسیده و ناحیه مورد مطالعه مورد نفوذ توده‌های ماگمایی متعددی قرار گرفته که به نظر می‌رسد خاستگاه مشترکی دارند. ترکیب اصلی این توده‌ها گرانودیوریتی و گرانیتی بوده ولی ترکیبات سینیتی، مونزونیتی و گابرویی نیز به صورت محدود در آنها دیده می‌شود. سنگ‌های در برگیرنده بیشتر سنگ‌های دگرگون شده هستند. ویژگی‌های ژئوشیمیایی این توده‌ها مشابه با گرانیتوئیدهای تشکیل شده در مناطق کمان قاره‌ای هستند. این فرایندها توسط برخی از پژوهشگران به فعالیت‌های گسترده ماگمایی در ارتباط با رویداد سیمین میانی نسبت داده شده است (برای نمونه آقانبانی، ۱۳۸۳). توده‌های سازنده این کمان ماگمایی در بخش جنوبی سندرچ-سیرجان عبارتند از:

– **توده‌های نفوذی باختر و جنوب باختر سبزواران:** جنوبی‌ترین بخش کمان ماگمایی در باختر سبزواران به‌صورت توده‌های گرانودیوریت و گابرویی رخنمون دارند که در مجموعه سنگ‌های به سن ژوراسیک و به مقدار کمتری در سنگ‌های دگرگون ناحیه‌ای تزریق شده‌اند (شکل ۵). ویژگی‌های سنی و ژئوشیمیایی این توده تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است ولی سن نفوذ آنها بر پایه روابط چینه‌ای به ژوراسیک پیشین نسبت داده شده است (شهرکی قدیمی، ۱۳۷۹). بخش آتشفشانی این توالی شامل توف اسپلیتی، جریانات اسپلیتی تا بازالتی و پیروکسن آندزیت-بازالت است.

– **توده‌های نفوذی سیاه‌کوه:** این مجموعه به صورت دو گروه توده‌های باتولیتی گرانودیوریت، گرانیتی و نیز لوکوگرانیتی گابرو دیوریتی-دیوریتی رخنمون دارند (شکل ۵). مهم‌ترین این توده‌ها، توده باتولیتی سیاه‌کوه است که در مجموعه‌های دگرگونی سه و چهار تزریق شده است. این توده شامل لوکوگرانودیوریت درشت تا متوسط دانه، لوکومونزوگرانیت و آلکالی‌گرانیت است با مقدار کمی سینیت است. همچنین این مجموعه شامل شماری آنکلاوهای مافیک در اندازه‌های مختلف است (Arvin et al., 2007). این مجموعه توسط آلکالی‌گرانیت و دایک‌های گرانوفیر مورد نفوذ قرار گرفته است. بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان‌دهنده ویژگی متاآلومینوس تا پراآلومینوس، گرانیت آلکالن از نوع I است که در محیط کمانی شکل گرفته است. سن سنجی ایزوتوپی نئودیمیم سن  $199 \pm 30$  میلیون سال را برای این توده به دست داده است (Arvin et al., 2007).

بررسی ژئوشیمیایی گدازه‌های بازیک تریاس در ناحیه شمال خاور نیریز نشان‌دهنده ماهیت ساب‌آلکالن آتھاست (Sheikholeslami, 2002). حضور توام بازالت‌های قاره‌ای در ناحیه جنوب باختر سیرجان و بازالت‌های زیردریایی در شمال خاور نیریز نشان می‌دهد که فوران‌های آتشفشانی تریاس زمانی درون آب و زمانی در خشکی رخ داده است.

#### ۴-۳. واحدهای زمین‌ساخت-چینه‌نگاری مربوط به فرورانش

به دنبال ایجاد یک اشکوب زمین‌ساختی فشارشی در بخش شمالی گندوانا، گسترش حوضه اقیانوسی نوتیس با شروع فرورانش به زیر حاشیه جنوبی ایران مرکزی در تریاس پسن - ژوراسیک پیشین خاتمه می‌یابد (Berberian & Kings, 1981; Davoudzadeh & Schmidt, 1983). فرایند فرورانش در ناحیه مورد بررسی تشکیل واحدهای زمین‌ساخت-چینه‌نگاری زیر را به دنبال داشته است.

– **مجموعه‌های دگرگونی به سن پالئوزویک تا تریاس میانی:** فرورانش پوسته اقیانوسی نوتیس به زیر حاشیه جنوب ایران مرکزی، دگرگونی و دگرشکلی گسترده‌ای را در این ناحیه به دنبال داشته و هسته‌های دگرگونی پهنه سندرچ-سیرجان را به‌وجود آورده است. در اثر این رویداد رسوبات پالئوزویک پیشین تا تریاس میانی در حاشیه جنوبی سکوی ایران مرکزی به صورت گسترده دگرگون شده‌اند (Sheikholeslami, 2002). ویژگی‌های سنگ‌شناسی، دگرگونی و تعیین سن این سنگ‌های دگرگونی منجر به شناسایی چهار مجموعه دگرگونی در ناحیه سندرچ-سیرجان جنوبی شده است (سبزه‌ی، ۱۳۷۲؛ Sheikholeslami et al. 2008) (سه در شکل ۲). این مجموعه‌ها به تدریج به توالی توریداتی اشاره شده در بالا به سن کربنفر پسن-پرمین پیشین می‌رسند. مجموعه دگرگونی شماره یک قدیمی‌ترین مجموعه دگرگونی در پهنه سندرچ-سیرجان است که روی سنگ‌های اولترابازیک قدیمی جای گرفته است. ترکیب سنگ‌شناسی این مجموعه در بخش‌های مختلف ناحیه مورد بررسی یکسان نیست ولی به‌طور کلی از گنیس، آمفیولیت، گابرو آمفیولیت، میکاشیت، کوارتزیت و در برخی نقاط گرانیت آناتکسی تشکیل شده است (شکل ۴-ا). از ویژگی‌های این مجموعه درجه دگرگونی به نسبت بالای آن است به‌طوری که تا رخساره آمفیولیت بالایی می‌رسد. گنیس‌های این مجموعه در ناحیه کرسفید مورد بررسی سن سنجی قرار گرفته و سن ۵۲۰ میلیون سال از آنها به دست آمده است (Sheikholeslami, 2002). این مجموعه در ناحیه شمال نیریز و بوانات دارای ساختار ناحیه‌ای گنبدی شکل است و بررسی‌های ژئوشیمیایی و سنگ‌نگاری روی آنها نشان از سنگ مادر گرانیتی دارد (Sheikholeslami, 2002؛ هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۶۹).

مجموعه دگرگونی شماره ۲ شامل مرمرهای دولومیتی و کلسیتی، میکاشیت، کوارتزیت، اسلیت، چرت، گنیس، شیت سبز و مقدار زیادی آمفیولیت است (شکل ۴-آ). ساخت‌های رسوبی در مرمرهای کلسیتی این مجموعه نشان می‌دهند که رسوبات آهکی اولیه توریدات‌های آهکی بوده‌اند که در اثر روان شدن رسوبات زیردریایی به وجود آمده‌اند (سبزه‌ی، منتشر نشده). این ویژگی‌ها نشان‌دهنده آن است که حوضه رسوبی در زمان تشکیل این رسوبات حوضه ناآرامی است که فعالیت‌های آتشفشانی به صورت گسترده در آن صورت می‌گرفته است. سن تشکیل این رسوبات پیش از دگرگون شدن بر پایه بررسی‌های فسیل‌شناسی در ناحیه خبر در جنوب سیرجان پالئوزویک پیشین تعیین شده است (ناظم‌زاده و همکاران، ۱۳۷۶).

مجموعه دگرگونی شماره ۳ به‌طور کلی از مرمر، شیت و مقدار کمی آمفیولیت تشکیل شده است (شکل ۴-ب). چین‌خوردگی‌ها از ساختارهای عمده در این مجموعه هستند که در مقیاس‌های گوناگون و به‌صورت چین‌های همشیب، غلافی و بدون ریشه دیده می‌شوند. مهم‌ترین رخنمون این مجموعه در ناحیه خبر در جنوب سیرجان واقع شده که از بخش‌های کم دگرگون آن فرامینفرها و براکیوپودهای به سن دوین میانی-پسن گزارش شده است (ناظم‌زاده و همکاران، ۱۳۷۶).

می‌توان در آن دید. در مرکز این تاق‌دیس توده نفوذی مونزوگرنیتی تا گرانودیوریتی بندنو نفوذ کرده که تأثیر حرارتی آن را روی سنگ‌های شیستی پیرامون قابل مشاهده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). این توده مونزوگرنیتی با ماهیت کالک-آلکان و پرآلمین حاصل ذوب بخشی پوسته قاره‌ای است که همزمان با یک رژیم زمین‌ساختی برشی خمیری در سنگ‌های دگرگونی منطقه نفوذ کرده است. تعیین سن به روش اورانیم-سرب سن ۹±۱۷۳ میلیون سال (ژوراسیک میانی) برای این توده را نشان می‌دهد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

**رسوبات فلیشی کم دگرگون حوضه پیش‌کمانی:** شرایط ناپایدار در زمان ژوراسیک با تشکیل حوضه‌های رسوبی آواری گسترده که در آن مواد حاصل از تخریب و فرسایش سنگ‌های کهن‌تر رسوب می‌کرده و نیز فوران‌های گسترده بازیک روی می‌داده، ادامه یافته است (واحد ۴ در شکل ۲). در منطقه حاجی‌آباد توالی سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی منطقه حاجی‌آباد نمایانگر تناوبی از سنگ آهک ماسه‌ای، آهک‌های ائولیتی میکرواسپاریتی و سنگ‌های ولکانیکی است که با واحد سنگ‌آهک اربیتولین دار کرتاسه زیرین پوشیده شده‌اند. با توجه به مطالعات سنگ‌نگاری، سنگ‌های ژوراسیک زیرین-میانی حسین‌آباد از هورنبلند گابرو، کوارتز دیوریت و بازالت و سنگ‌های ژوراسیک بالایی-کرتاسه زیرین حاجی‌آباد بیشتر از بازالت آندزیتی، آندزیت، هیالوآندزیت و داسیت تشکیل شده‌اند (منصف و همکاران، ۱۳۹۰). این توالی‌های ماگمایی به علت فوران در محیط دریایی تحت تأثیر محلول‌های گرمایی کم و بیش اسپیلیتی شده‌اند. ماگماهای مادر این توالی‌های سنگی در آشیانه‌های ماگمایی پوسته اقیانوسی شواهد تفریق را نشان می‌دهند (حضور سنگ‌های حد واسطه) (منصف و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی و رسوبی این مجموعه و از آنجا که در جلوی کمان ماگمایی حاصل از فروانش قرار گرفته‌اند، می‌توان آنها را فلیش‌های تشکیل شده در یک محیط پیش‌کمانی در نظر گرفت که با ادامه فوران‌های بازیک مربوط به کمان آتشفشانی در این محیط همراه بوده است. بخش‌های آتشفشانی و رسوبی این واحد زمین‌ساخت-چینه‌نگاری در بخش‌هایی دگرگون شده است و بر گوارگی کم و بیش نافذی را به وجود آورده‌اند (Sheikholeslami et al., 2008). وجود دگرگونی و دگرشکلی در این مجموعه و گسترش نیافتن آن در سنگ‌آهک‌های کرتاسه که روی این مجموعه قرار گرفته است می‌تواند پیامد عملکرد بخش‌های دیگر رویداد سیمین در ژوراسیک میانی و یا انتهای ژوراسیک باشد.

**سکوی کربناتی کرتاسه زیرین:** کربنات‌های سکوی قاره‌ای به سن کرتاسه پیشین در بخش جنوبی ناحیه گسترش دارند. این رسوبات بخشی از سکوی قاره‌ای هستند که به موازات حاشیه شمال خاوری صفحه آفریقا-عربی در بخش شمالی گندوانا تشکیل شده‌اند (Kazmin et al., 1986). پیشروی دریای کرتاسه زیرین روی حوضه‌های ژوراسیک مربوط به این سکوی با تشکیل ماسه‌سنگ‌های سرخ رنگ و کنگلومرای قاعده‌ای شروع و با تشکیل سنگ‌آهک‌های اربیتولین دار ادامه می‌یابد (شکل ۲-واحد ۵). این واحد زمین‌ساخت-چینه‌نگاری بخشی از رسوبات سکوی قاره‌ای به سن تریاس پسین-کرتاسه پسین است که از جنوب سندانج-سیرجان آغاز و تا عراق ادامه می‌یابد (محجل، ۱۳۹۲). معادل این واحد زمین‌ساخت-چینه‌نگاری در شمال باختر سندانج-سیرجان به نام بیستون و در عراق به نام اورامان نامیده شده است (محجل، ۱۳۹۲؛ Braud, 1987). سنگ‌های مربوط به این واحد زمین‌ساخت-چینه‌نگاری به گونه‌ای گسترده در ساختارهای راندگی بخش جنوبی ناحیه مورد مطالعه شرکت دارند. وجود سنگ‌های آتشفشانی با خاستگاه کالک‌آلکان در میان سنگ‌آهک‌های اربیتولین دار در بخش‌های جنوب خاوری (حاجی‌آباد) و شمال باختری (اقلید) ناحیه مورد بررسی نشان‌دهنده ادامه فعالیت آتشفشانی در این زمان است (شهیدی و طراز، ۱۳۷۹؛ سیفوری‌پور، ۱۳۸۱).

**توالی آتشفشانی-رسوبی ارزویه:** این توالی شامل سنگ‌آهک، آهک مارنی، سنگ‌آهک ماسه‌ای و سنگ‌های آتشفشانی است (شکل ۵). بخش آتشفشانی شامل بازالت، آندزیت و تراکی آندزیت است. بخش رسوبی شامل میکروفسیل‌های به سن ژوراسیک پسین-کرتاسه پیشین است (منصف و همکاران، ۱۳۹۰). این توالی توسط سنگ‌آهک‌های اربیتولین دار کرتاسه زیرین پوشیده می‌شوند. ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب سنگ‌های آتشفشانی، تحولات ماگمایی را از گرایش تحولی به سوی کلسیمی-قلیایی نشان می‌دهند. ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن‌ها مشابه با ترکیب این کانی در مناطق فروانش است و از یک ناحیه مرتبط با کمان آتشفشانی منشأ گرفته است (منصف و همکاران، ۱۳۹۰).

**توده نفوذی باغ‌کنار (خبر):** این گرانیت نوعی لوکوگرنیت است که بافت آن از گزنومورفیک گرانولار تا هیدرومورف گرانولار متغیر است. این توده نفوذی به شکل یک باتولیت در زیر بخش جنوبی این ورقه در کوه درنیا و قدمگاه و روتشون تشکیل شده است. اثر دگرگونی این گرانیت به صورت شکل‌گیری کانی‌های پس از دگرگونی و بالا رفتن درجه دگرگونی، دگرشکلی پلاستیک در پیرامون این توده و کانی‌زایی آهن در منطقه دیده می‌شود. داده تعیین سن مطلق از این گرانیت موجود نیست ولی سن این گرانیت بر مبنای روابط چینه‌ای در محدوده سنی تریاس میانی ژوراسیک است (ناظم‌زاده و همکاران، ۱۳۷۶).

**چاه دزدان:** یکی از بزرگ‌ترین توده‌های نفوذی در سندانج-سیرجان به قطر ۴۰ کیلومتر است که در شمال باختر سیرجان پروند دارد (شکل ۵). این توده در سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای تزیق شده و آثار دگرگونی مجاورتی از خود به جای گذاشته است. ترکیب این توده بیشتر گرانیت و گرانودیوریت است. این گرانیت در بخش‌های خارجی نزدیک سنگ میزبان سرشار از بلورهای کردیریت، آندالوزیت، گارنت و بیوتیت است. در درون این گرانیت قطعات بیگانه هورنفلسی زیادی از سنگ میزبان دیده می‌شود. هاله دگرگونی این گرانیت یک دگرگونی پیش‌رونده را نشان می‌دهد که به ترتیب از کناره گرانیت به سوی بیرون سبب پدیداری هورنفلس، شپست‌ها و اسلیت‌های لکه‌دار شده است (روشن‌روان و امینی، ۱۳۷۴). بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان‌دهنده ویژگی کالک‌آلکان، پرآلمینوس و گرانیت گونه S است. سن این توده به روش پتاسیم-آرگون ۱۶۷ میلیون سال (Sheikholeslami, 2002) و به روش اورانیم-سرب نیز ۱۶۴-۱۶۷ (فضل‌نیا، ۱۳۸۶) میلیون سال تعیین شده است.

**چاه بازرگانی:** توده‌های چاه بازرگانی بخش دیگری از کمان ماگمایی در بخش جنوبی سندانج-سیرجان هستند. این توده در اساس از گابرو به همراه بخش‌های عدسی شکل آنورتوزیت، تروکولیت، کلینوپیروکسنیت و ورلیت تشکیل شده است. تعیین سن ایزوتوپی روی این مجموعه به روش اورانیم-سرب سن ۱۷۰/۵±۱/۹ میلیون سال را به دست داده که به ماگما تیزم مرتبط با فروانش نسبت داده شده است (Fazlnia et al., 2013).

**چاه قند:** بخش دیگری از فعالیت ماگمایی بازیک مربوط به کمان ماگمایی بخش جنوبی سندانج-سیرجان در ناحیه چاه قند رخنمون دارد. این مجموعه در شمال خاوری نیریز و جنوب باختری شهر بابک قرار گرفته است. سنگ‌های این توده به‌طور عمده شامل اولوین کلینوپیروکسنیت پلاژیوکلازدار، الیون گابرو و گابرو دیوریت هستند. این مجموعه سنگی آذرین با نفوذ در میان سنگ‌های پلیتی و کوارتز فلدسپاتی پرمین بالا که یک رویداد دگرگونی ناحیه‌ای را تحمل کرده‌اند سبب دگرگونی مجاورتی شده که درجه آن از رخساره پیروکسن هورنفلس تا رخساره آلپیت اپیدوت هورنفلس می‌رسد (اترودی و همکاران، ۱۳۸۵). سن سنجی روی بیوتیت‌های هورنفلس‌های پیرامون این توده به روش پتاسیم-آرگون سن ۱۵۹ میلیون سال را به دست داده است (Sheikholeslami, 2002).

**گرانیت بندنو (توتک):** کمپلکس تاق‌دیس کوه سفید توتک در بخش جنوبی پهنه سندانج-سیرجان از مناطقی است که واحدهای دگرگونی با سن پالئوزویک را

#### ۴-۴. واحدهای زمین ساخت- چینه نگاری مربوط به برخورد و پس از آن

– **زمین درز زاگرس:** این واحد زمین ساخت- چینه نگاری شامل بقایای ناحیه زمین درز زاگرس در جنوب سهندج- سیرجان و در شمال گسل اصلی زاگرس است (شکل ۲- واحد ۶). این واحد زمین ساخت- چینه نگاری در ناحیه میان حاجی آباد تا اسفندقه حضور دارد و شامل برش های زمین ساختی فلسی (imbricated tectonic slices) از افولیت، رادیولاریت و گلوکوفان شیت است که با سنگ آهک های کرتاسه، سنگ های آتشفشانی و فلیش های ائوسن در هم آمیخته اند (Agard et al., 2005). افولیت های این منطقه بخشی از کمربند افولیتی بیرون زاگرس (Outer zagros Ophiolite belt) مربوط به بقایای افولیت های کرتاسه بالایی پهنه فرافروانش در راستای خط درز بیتلیس- زاگرس در جنوب زاگرس هستند (Shafaii Moghadam & Stern, 2011). افولیت های این ناحیه به دو بخش تقسیم می شوند: افولیت های بخش شمالی که سن تریاس پسین- کرتاسه دارند (کمپلکس سیخوران- شوقان) (Ghasemi et al., 2002; Ahmadipour et al., 2003) و افولیت های بخش جنوبی که با عنوان افولیت های حاجی آباد نامیده می شوند و در مجاورت گسل اصلی زاگرس قرار گرفته اند. این سنگ ها در کرتاسه پسین شکل گرفته و به شدت تکتونیزه هستند (Shafaii Moghadam & Stern, 2011).

– **حوضه های فلیشی ترشیری (پیش بوم زاگرس):** این واحد زمین ساخت- چینه نگاری (شکل ۲- واحد ۷) روی بخش حاشیه ای زاگرس مرتفع در مجاورت سهندج- سیرجان جنوبی شکل گرفته و به نظر می رسد در بخش های میانی و شمال باختری سهندج- سیرجان نیز ادامه داشته باشد (مجله، ۱۳۹۲). در ناحیه نیز این فلیش ها شامل تناوبی از ماسه سنگ ها شیل و سیلتستون های زیتونی رنگ هستند که دارای قطعات خارجی یا اولیستولیت های بسیار گوناگون و در ابعاد مختلف از سانتی متر تا کیلومتری هستند. سنگ آهک های کرتاسه زیرین، سنگ آهک های سازند جهرم، قطعات مختلف افولیتی و سنگ های دگرگون از جمله قطعات اولیستولیتی هستند که در این مجموعه یافت می شوند. در ناحیه چاهک در شمال نیز در درون این فلیش ها تکه هایی از سازند های زاگرس مانند آهک های سازند تاربور، سازند جهرم، سازند ساجون و قطعات بزرگی از سازند سروک و سنگ آهک های ژوراسیک بالایی و نیز مرمرها، آمفیولیت ها و میکاشیت مربوط به سنگ های پالئوزویک و سنگ های مزوزویک دیده می شود (روشن روان و همکاران، ۱۳۷۳). گوناگونی قطعات و اندازه آنها نشانگر آن است که مجموعه فلیشی یاد شده در یک پهنه بسیار پویا تشکیل شده است. مجموعه های فسیلی گوناگونی در بخش های مختلف این حوضه گزارش شده که در شمال نیز سن ائوسن پیشین تا الیگوسن پسین را به دست داده اند (روشن روان و همکاران، ۱۳۷۳). در ناحیه اقلید روی این مجموعه، سنگ آهک های ریفی به سن الیگوسن پایانی- میوسن آغازین قرار می گیرد (شهیدی و طراز، ۱۳۷۹). این مجموعه از دید جایگاه ژئودینامیکی می تواند معادل حوضه پیش بوم زاگرس در نظر گرفته شود که نهشته های حاصل از برخورد در آن رسوب می کرده اند.

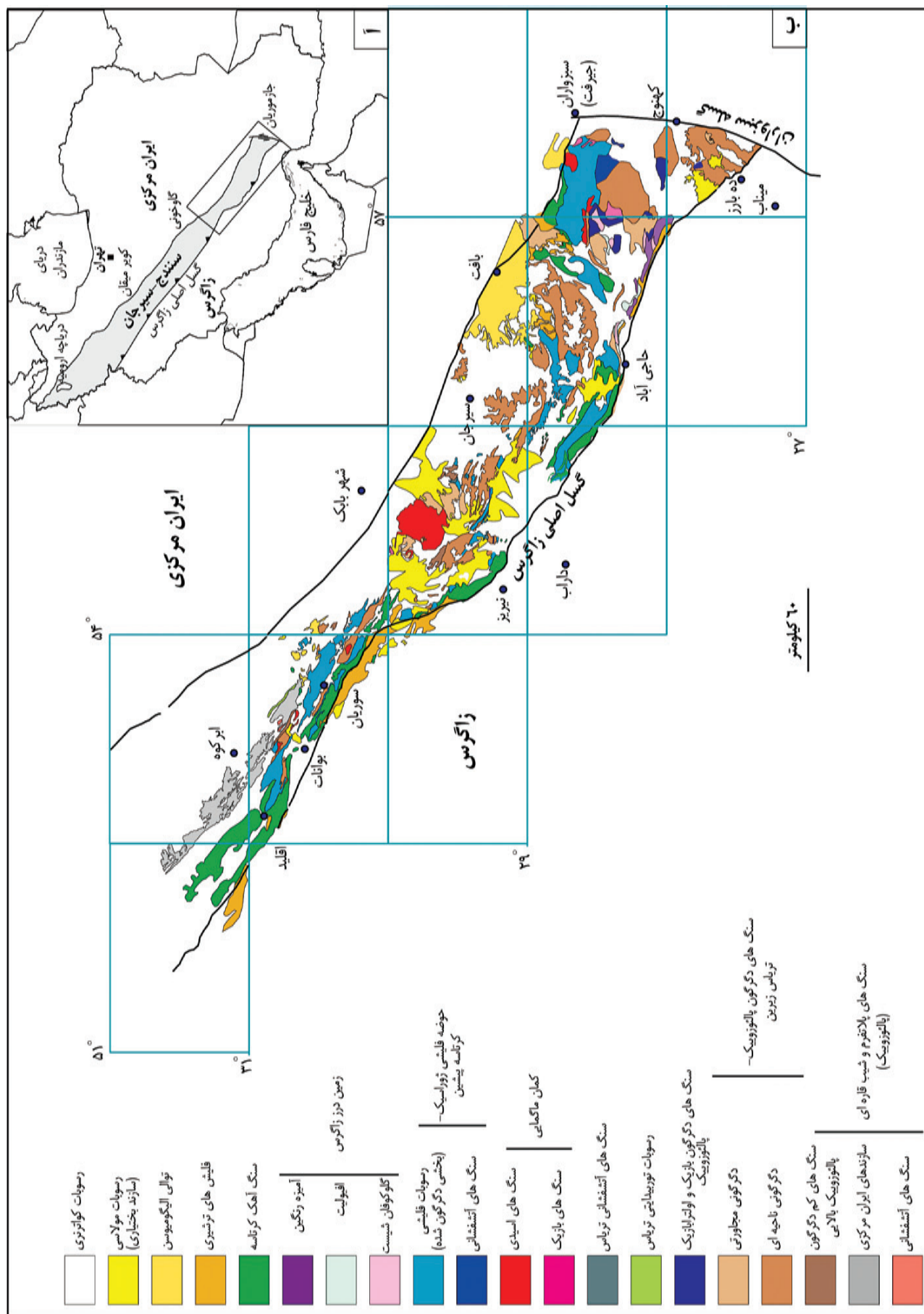
– **رسوبات حوضه پیش بوم پس کمانی (Retroarc foreland basin):** این واحد زمین ساخت- چینه نگاری نمایانگر رسوباتی هستند که با پیشروی دریا در الیگوسن پسین پس از تشکیل حوضه های فلیشی ترشیری شکل گرفته اند (شکل ۲- واحد ۸). این مجموعه رسوبی با ناپیوستگی زاویه دار مشخص روی بسیاری از واحدهای قدیمی در بخش شمالی ناحیه مورد مطالعه و حاشیه جنوبی ایران مرکزی قرار می گیرد. بخش قاعده ای این توالی کربناتی و آهک ریفی است که به تدریج به رسوبات آواری تبدیل می شود. زمین ساخت کشتی و به دنبال آن فرونشست حوضه سبب

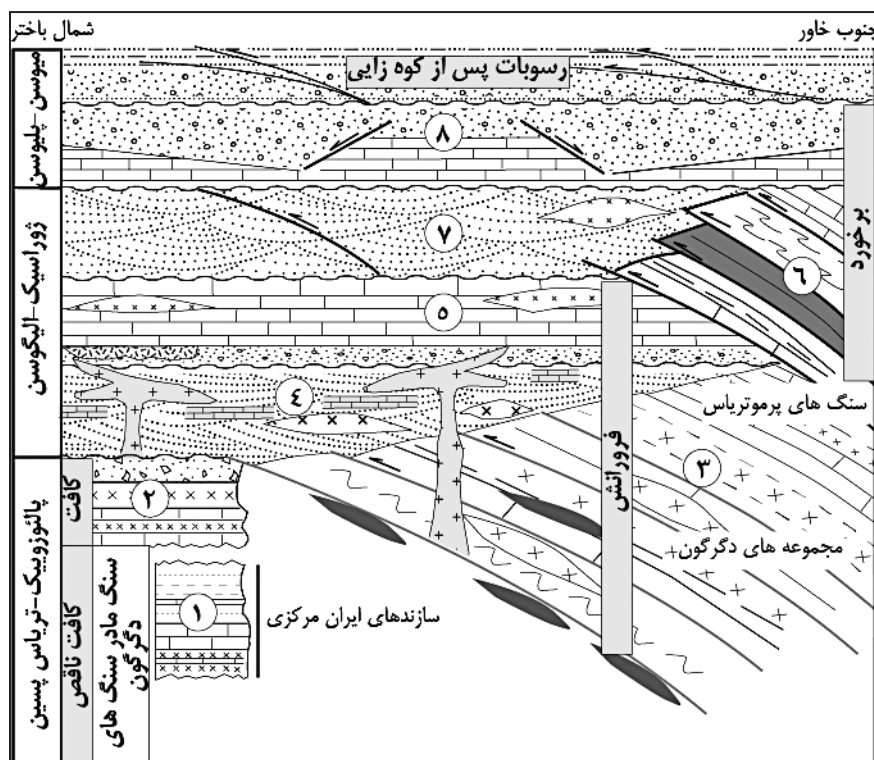
شده سبب برای زیادی از رسوبات در این حوضه تشکیل شده که توسط رویدادهای زمین ساختی آلیی دچار چین خوردگی شده اند.

– **رسوبات پس از کوهزایی:** ناحیه مورد مطالعه همانند دیگر نقاط ایران در پایان میوسن تحت تأثیر حرکات کوهزایی مهمی قرار گرفته که به باور (Berberian & King (1981) با شروع دومین مرحله بازشدگی دریای سرخ و خلیج عدن همزمان است. در نتیجه این حرکات، که با ایجاد نیروهای فشاری همراه بوده، با فراخاست زمین و پسروی دریا، چرخه های فرسایشی چیره شده و حاصل آن، پر شدن سریع گودی ها با رسوبات آبرفتی- کوهپایه ای است (آقانباتی، ۱۳۸۳) که در ایران مرکزی و البرز به ترتیب به نام سازندهای بختیاری و هزارده نام گذاری شده اند. این رسوبات که از نوع رسوبات مولاس گونه سرخ رنگ مرکب از ماسه سنگ، کنگلومرا و تناوب مارن های سرخ ژیبس دار و مارن های خاکستری متمایل به سبز هستند با یک دگرشیبی مشخص روی رسوبات فلیشی حوضه پیش بوم پس کمانی و دیگر واحدهای زمین ساخت- چینه نگاری پیش از خود در بخش های درونی و حاشیه ای سهندج- سیرجان قرار می گیرند (شکل ۲).

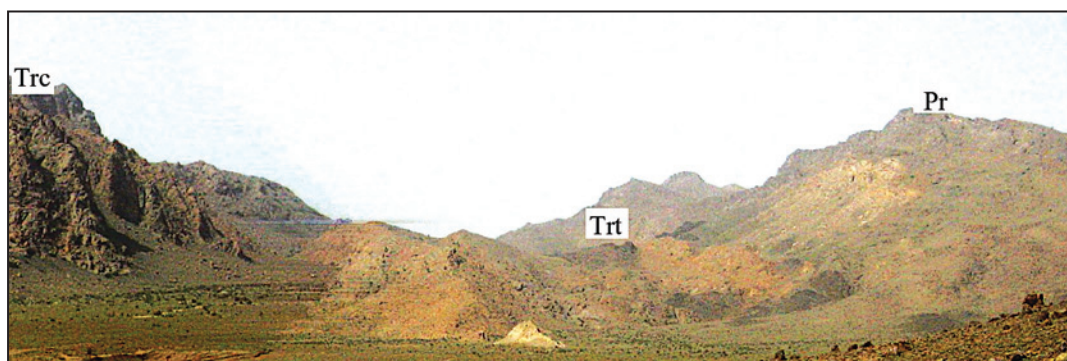
#### ۵- نتیجه گیری ژئودینامیکی

بررسی واحدهای زمین ساخت- چینه نگاری مختلف در پهنه ناحیه سهندج- سیرجان جنوبی نشان دهنده رابطه مستقیم میان شکل گیری آنها و زمین ساخت ناحیه است. ویژگی های زمین ساختی این ناحیه متأثر از فرایند کافت اقیانوسی، گسترش اقیانوس نوتتیس، فروانش و سرانجام بسته شدن این حوضه اقیانوسی است (شکل ۶). بررسی های صحرایی انجام شده در این ناحیه و نتایج بررسی های ژئوشیمیایی و سن سنجی اشاره شده در بخش های پیشین نشان می دهد که در زمان پالئوزویک رسوبات توریدایتی در یک محیط نا آرام همراه با فعالیت های ماگمایی و آتشفشانی شکل می گرفته اند. شرایط رسوبی این حوضه ها را می توان همانند حوضه های کشتی درون قاره ای و یا کافت های ناقص در نظر گرفت که سبب شکاف در پوسته و شکل گیری سنگ های اولترابازیک شده اند. در زمان پرمین پیشین این کشتش منجر به بازشدگی اقیانوس نوتتیس شده که تا پایان تریاس میانی ادامه یافته است (شکل های ۶- آ و ب). در زمان تریاس پسین- ژوراسیک پیشین پوسته اقیانوسی نوتتیس با فروانش به زیر حاشیه جنوبی ایران مرکزی شروع به مصرف شدن می کند. حاصل این فروانش، دگرگونی سنگ های پالئوزویک حاشیه جنوب ایران مرکزی، شکل گیری کمان ماگمایی مرتبط با فروانش و تشکیل رسوبات فلیشی دگرگون شده با سن عمومی ژوراسیک- کرتاسه زیرین مربوط به حوضه های پیش کمانی است (شکل ۶- پ). این مجموعه ها در زمان کرتاسه پیشین به دنبال پیشروی دریا توسط رسوبات کربناتی سکویی پوشیده می شوند (شکل ۶- ت). فرایند فروانش تا پیش از ائوسن ادامه می یابد و از آن زمان به بعد برخورد قاره ای منجر به فرانش افولیت ها، رادیولاریت ها و پدیدارشدگی گلوکوفان شیت می شود (شکل ۶- ث). به دنبال این برخورد رسوبات حوضه فلیشی ترشیری دارای قطعات اولیستولیتی از سنگ آهک های کرتاسه، افولیت ها و برخی از سازندهای پهنه زاگرس روی حاشیه زاگرس مرتفع شکل می گیرند. مرحله های پایانی کوهزاد زاگرس با تشکیل رسوبات ناحیه پیش بوم پس کمانی که به صورت دگرشیب سنگ های دگرشکل بخش شمالی پهنه سهندج- سیرجان جنوبی را می پوشانند و نیز مولاس های پس از کوهزایی که در اثر فرسایش بالا آمدگی های ناشی از کوهزاد زاگرس در بخش های درونی و حاشیه ای سهندج- سیرجان جنوبی شکل گرفته اند، مشخص می شوند (شکل ۶- ث).

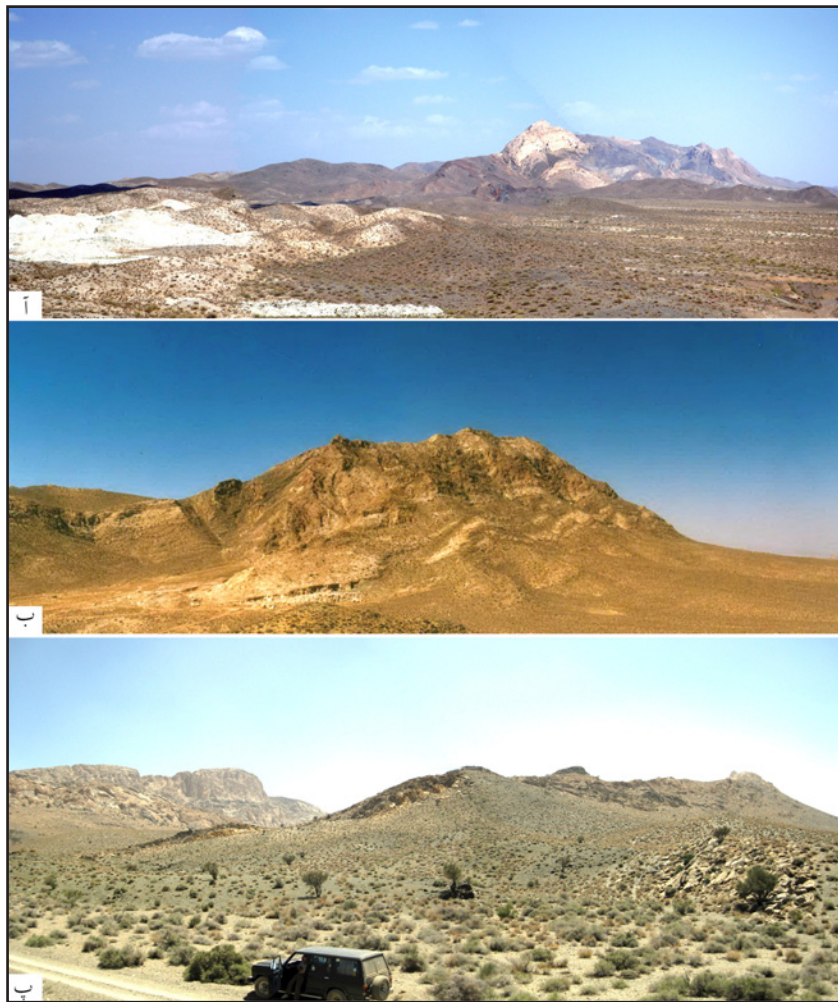




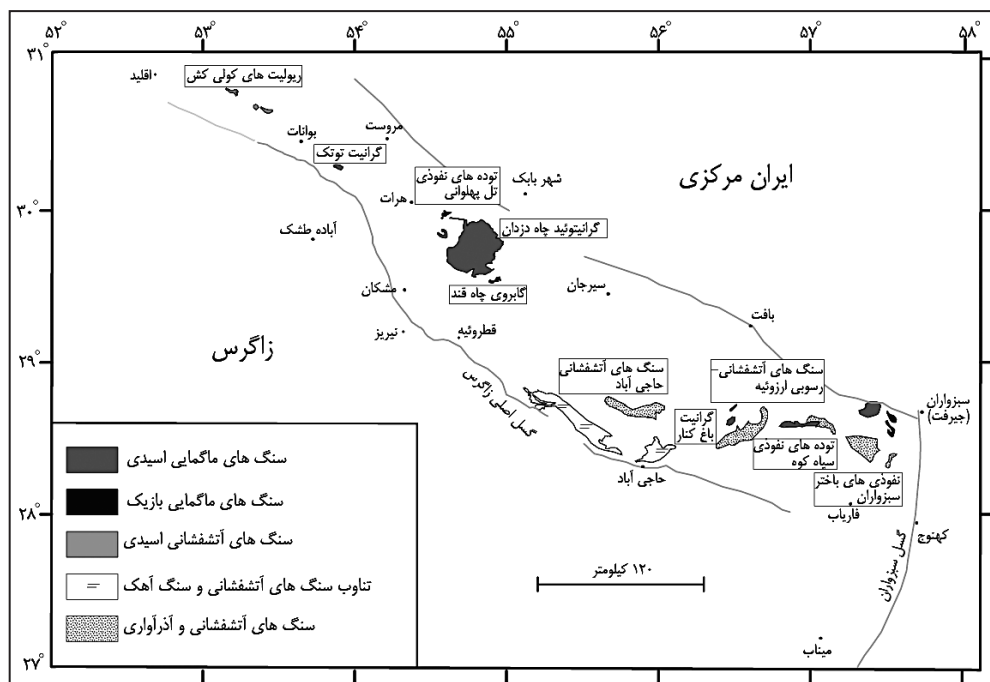
شکل ۲- واحدهای زمین ساخت- چینه نگاری اصلی پهنه سنج- سیرجان جنوبی که بر پایه مشاهدات صحرایی و داده های موجود رسم شده است. واحدهای مختلف به ترتیب توضیح داده شده در متن شماره گذاری شده اند.



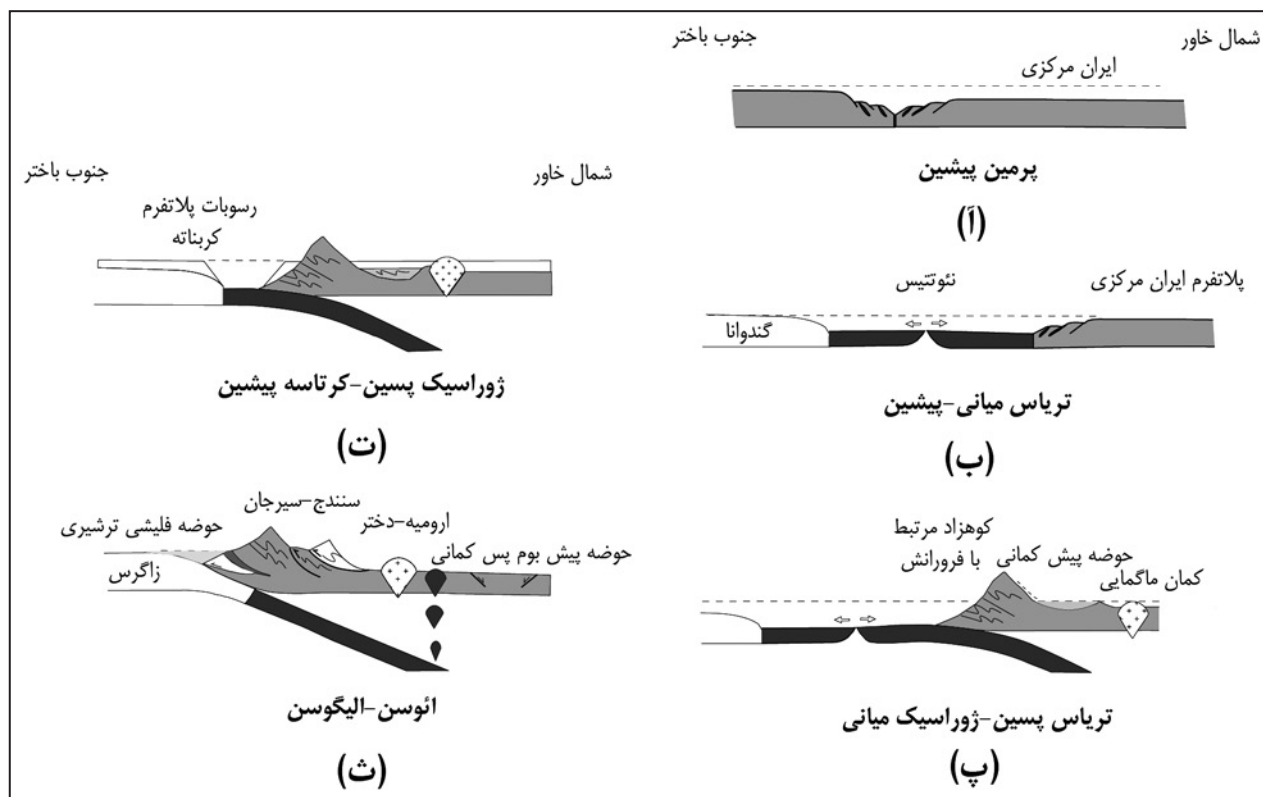
شکل ۳- توالی توریدایتی تریاس بالایی (Trt) شامل ماسه سنگ، شیل های زیتونی، بازالت و قطعات اولیستولیتی کربناتی پرمین که به صورت دگرشیب سنگ آهک ها و دولومیت های بازبورین شده پرمین (Pr) را می پوشانند و خود توسط سنگ آهک های دولومیتی تریاس بالایی (Trc) پوشیده می شوند.



شکل ۴- مجموعه‌های دگرگون در پهنه جنوبی سندرچ- سیرجان. (a) گنیس‌های مجموعه یک (بخش چپ تصویر) و آمفیولیت و مرمر مجموعه شماره دو در بخش راست تصویر، ناحیه خبر، جنوب سیرجان؛ (b) مرمرهای واحد شماره ۳ در ناحیه کرسفید، شمال خاوری نیریز؛ (c) شیست‌های سبز مجموعه شماره ۴ که به تدریج به کربنات‌های کربنفر زیرین- پرمین (بخش چپ تصویر) تبدیل می‌شوند، کوه مهار، جنوب باختر سیرجان.



شکل ۵- پراکندگی سری‌های آتشفشانی و ماگمایی در بخش جنوبی پهنه سندرچ- سیرجان.



شکل ۶- الگوی ساده ژئودینامیکی بخش جنوب خاوری سندج- سیرجان در ارتباط با بازشدگی، گسترش و بسته شدن اقیانوس نوتیس.

## کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اترودی، س.، وثوقی عابدینی، م. و پورمعافی، م.، ۱۳۸۵- مطالعه ژئوشیمیایی و محیط زمین ساختمانی- ماگمایی توده های نفوذی اولترامافیک تا حد واسط کمپلکس چاه قند فصلنامه علوم زمین، تابستان ۸۵، سال ۱۵، شماره ۸۰.
- اشراقی، ص. ع.، روشن روان، ج. و سبزه یی، ج.، ۱۳۷۸- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم قطرویه، سازمان زمین شناسی کشور.
- حسینی، ب.، قربانی، م.، پورمعافی، م. و رشید نژاد عمران، ن.، ۱۳۹۰- سن یابی و تحولات آذرین و دگرگونی تاقدیس کوه سفید توتک در زون سندج- سیرجان جنوبی. فصل نامه زمین شناسی ایران، سال پنجم، شماره هفدهم، ۱۷-۲۹.
- روشن روان، ج. و امینی، ب.، ۱۳۷۴- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم کرسفید، سازمان زمین شناسی کشور.
- روشن روان، ج.، اشراقی، ص. ع. و سبزه یی، م.، ۱۳۷۳- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم چاهک، سازمان زمین شناسی کشور.
- روشن روان، ج.، اشراقی، ص. ع. و سبزه یی، م.، ۱۳۷۶- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم سیرجان، سازمان زمین شناسی کشور.
- سبزه یی، م.، (منتشر نشده)- در آمدی بر ویژگی های عمومی زمین ساختمانی مجموعه های دگرگونی زون سندج- سیرجان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سبزه یی، م.، ۱۳۷۲- نقشه زمین شناسی یک دویست و پنجاه هزارم حاجی آباد، سازمان زمین شناسی کشور.
- سیفوری پور، س.، ۱۳۸۱- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم حاجی آباد، سازمان زمین شناسی کشور.
- شهرکی قدیمی، ع.، ۱۳۷۹- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم اسفندقه، سازمان زمین شناسی کشور.
- شهیدی، ع. ر. و طراز، ه.، ۱۳۷۹- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم ده بید، سازمان زمین شناسی کشور.
- فضل نیا، ع.، ۱۳۸۶- مطالعه باتولیت جنوب باختر شهر بابک و ارتباط آن با سنگ های دگرگونی شمال- خاور نیریز، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- محجل، م.، ۱۳۹۲- بررسی و مقایسه ساختارها در پهنه برخوردی زاگرس در باختر ایران، فصل نامه علوم زمین تابستان ۹۲، سال بیست و سوم، شماره ۸۸، ۳۷-۳۰ ص.
- منصف، م.، رهگشای، م.، هاشم امامی، م.، ۱۳۹۰- ژئوشیمی و پتروژنز توالی آتشفشانی منطقه ارزویه جنوب ایران، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره ۸۲، ۷۶-۶۵ ص.
- ناظم زاده، م.، روشن روان، ج. و عزیزان، ح.، ۱۳۷۶- نقشه زمین شناسی یکصد هزارم خبر، سازمان زمین شناسی کشور.
- هوشمندزاده، ع.، سهیلی، م.، اوهانیان، ت.، سهندی، م. ر. و آزر، ف.، ۱۳۶۹- شرح نقشه زمین شناسی چهار گوش اقلید مقیاس ۱/۲۵۰,۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L. & Mouthereau, F., 2005- Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation. *International Journal of Earth Sciences* 94, 401–419.
- Ahmadipour, H., Sabzehei, M., Whitechurch, H., Rastad, E. & Eamami, M. H., 2003- Soghan complex as an evidence for paleosspreading center and mantle diapirism in Sanandaj-Sirjan Zone (south-east Iran). *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran* 14, 157–72.
- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics* 229, 211–238.
- Alavi, M. 1996- Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Iran. *Journal of Geodynamics*, 21(1), 1–33.
- Alric, G. & Virlogeux, D., 1977- Pétrographie et géochimie des roches métamorphiques et magmatiques de la région de Deh Bid – Bavanat, Chaîne de Sanandaj-Sirjan, Iran. Thèse 3<sup>e</sup> me cycle, université scientifique et médicale de Grenoble, France, ۳۱۶ p.
- Arfania, R. & Shahriary, S., 2009- Role of Southeastern Sanandaj-Sirjan Zone in the tectonic evolution of the Zagros orogeneuc belt, Iran. *Island Arc*. 18, 555-576.
- Arvin, M., Pan, Y., Dargahi, S., Malekizade, S. & Babaei, A., 2007- Petrochemistry of the Siah-Kuh granitoid stock southwest of Kerman, Iran: Implications for initiation of Neotethys subduction. *Journal of Asian Earth Sciences* 30, 474–489.
- Berberian, M. & King, G., 1981- Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, 18, 210–265.
- Braud, J., 1987- La suture de Zagros au niveau de Kermanshah (Kurdistan Iranien) : reconstitution paleogeographique, evolution geodynamique, magmatique et stucturale. These, Universite Paris-Sud, France, 489 pp.
- Brunet, M. F., Wilmsen, M. & Granath, J. W., (eds) 2009- South Caspian to Central Iran Basins. Geological Society, London, Special Publications, 312.
- Davoudzadeh, M. & Schmidt, K., 1983- Contribution to the paleogeography of the Upper Triassic to Middle Jurassic of Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 162, 137–163.
- Fazlnia, A., Schenk, V., Appel, P. & Alizade, A., 2013- Petrology, geochemistry, and geochronology of the Chah-Bazargan gabbroic intrusions in the south Sanandaj-Sirjan Zone, Neyriz, Iran. *International Journal of Earth Sciences*.102, 5, 1403-1426.
- Ghasemi, H., Juteau, T., Bellon, H., Sabzehei, M., Whitechurch, H. & Ricou, L. E., 2002- The mafic ultramafic complex of Sikhoran (central Iran): a polygenetic ophiolite complex. *Comptes Rendus Geoscience* 334, 431–8.
- Kazmin, V., Sbotshikov, I., Ricou, L., Zonenshain, L., Boulin, J. & Knipper, A., 1986- Volcanic belts as marker of the Mesozoic–Cenozoic evolution of Tethys. *Tectonophysics* 123, 123–152.
- Rashid Nejad-Omran, N., Hachem Emami, M., Sabzehei, M., Rastad, E., Bellon, H. & Pique, A., 2002- Lithostratigraphie et histoire paleozoique a paleocene des complexes metamorphiques de la region de Muteh, zone de Sanandaj-Sirjan (Iran meridonal). 334 C.R. Geoscience, 1185–1191.
- Sabzehei, M., 1974- Les mélanges ophiolitiques de la région d'Esfandagheh (Iran meridonal) étude pétrologique et structural, interpretation dans le cadre iranien, Thèse d'état, université de Grenoble, 306 p.
- Saidi, A., Brunet, M. F. & Ricou, L. E., 1997- Continental accretion of the Iran Block to Eurasia as seen from Late Palaeozoic to early Cretaceous subsidence curves. *Geodinamica Acta*, 10, 189–208.
- Sengör, A. M. C., 1990- A new model for the Late Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for Oman. In: Robertson, A. H., Searle, M. P. & Ries, A. C. (eds) *The Geology and Tectonics of the Oman region*. Geological Society, London, Special Publications, 49, 797–83.
- Shafaii Moghadam, H., Stern, R. J., 2011- Geodynamic evolution of Upper Cretaceous Zagros ophiolites: formation of oceanic lithosphere above a nascent subduction zone, *Geol. Mag.* 148 (5–6), 762–801
- Sheikholeslami, M. R., 2002- Evolution structurale et métamorphique de la marge sud de la microplaque de l'Iran central: les complexes métamorphiques de la région de Neyriz (zone de Sanandaj-Sirjan), Thèse, université de Brest, 194p.
- Sheikholeslami, M. R., Pique, A., Mobayen, P., Sabzehei, M., Bellon, H. & Hashem Emami, M., 2008- Tectono-metamorphic evolution of the Neyriz metamorphic complex, Quri-Kor-e-Sefid area (Sanandaj-Sirjan Zone, SW Iran). *Journal of Asian Earth Sciences* 31, 504–521.
- Stöcklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG Bulletin*, 52, 1229–1258.

## Tectonostratigraphic Units of Southeastern Part of the Sanandaj-Sirjan Zone

M. R. Sheikholeslami <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2014 January 06

Accepted: 2014 December 22

### Abstract

Different characteristics of the rock units and their stratigraphic relationships, as well as magmatic and metamorphic activities in the southern part of the Sanandaj-Sirjan Zone resulted in identification of different tectono-stratigraphic units based on their tectonic environments reflecting the opening and closure of the Neotethys Ocean in southern Iran. The major tectono-stratigraphic units identified in this study are as follows: sediments deposited in the aulacogen setting in southern part of the Central Iranian platform of Paleozoic to Middle Triassic age; Triassic volcanic rocks and turbiditic sediments; low-grade flysch-type sediments of Jurassic-Early Cretaceous age deposited in a forearc basin; Lower Cretaceous carbonate platform sediments; suture zone-related rocks containing ophiolite, radiolarite and glaucophane schists; Tertiary flysch-type sediments containing exotic blocks of Lower Cretaceous carbonate, ophiolite and of the Zagros Formations formed over the edge of High Zagros zone; retro-arc foreland sediments of Central Iran which unconformably overlie the deformed rocks of northeastern part of the area; and finally post-orogenic molasse-type sediments resulted from post uplift erosion of the Zagros orogeny, deposited in the internal and marginal parts of the southern Sanandaj-Sirjan zone.

**Key words:** Metamorphism, Sanandaj-Sirjan Zone, Tectonostratigraphy, Neotethys, Zagros.

For Persian Version see pages 243 to 252

\*Corresponding author: M. R. Sheikholeslami; E-mail: sheikholeslami@gsi.ir