

مراحل اساسی در تعیین خاستگاه توالی‌های رسوبی خشکی‌زاد، با مثال‌هایی از ایران مرکزی و شمال غرب ایران

عبدالحسین امینی^(۱)

۱. استاد بخش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰

چکیده

این مقاله با بیان تفاوت‌های اساسی بین رخساره‌های خشکی‌زاد و آواری، محدود بودن مطالعات خاستگاه به رخساره‌های خشکی‌زاد را مورد تأکید قرار می‌دهد. با علم بر حضور رخساره‌های دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز در بیشتر توالی‌های رسوبی خشکی‌زاد و تفاوت در مشخصه‌های بافتی و کانی‌شناختی و روش‌های مطالعه آنها و تفاوت احتمالی خاستگاه این رخساره‌ها، مراحل اساسی و ضروری در مطالعه این رخساره‌ها برای تعیین خاستگاه رسوبی مورد بررسی قرار گرفت. در توضیح این مراحل مثال‌هایی از سازندهای خشکی‌زاد ایران مرکزی (سازند سرخ بالایی) و شمال غرب ایران (سازند زیور) ارائه شده است. نقش دیاژنز، تغییر شکل‌های ساختاری و جغرافیای دیرینه در مطالعات خاستگاه بررسی و اهمیت آنها در این نوع مطالعات توضیح داده شده است. در انتها نحوه کنترل صحت تفسیرهای ارائه شده برای توالی رسوبی مورد مطالعه نیز بحث شده است.

واژه‌های کلیدی: ایران مرکزی، خاستگاه، شمال غرب ایران، رخساره‌های خشکی‌زاد.

مقدمه

زیر می‌آید متداول نیست. در پترولوژی سنگ‌های رسوبی^۶ مطالعه خاستگاه^۷ شامل کلیه بررسی‌های مرتبط با تعیین سنگ مادر، موقعیت تکتونیکی سنگ/سنگ‌های مولد^۸، شرایط آب‌وهوایی و نوع و شدت هوازدگی منطقه خاستگاه و تاریخچه حمل و نقل^۹ است (Zuffa, 1985; Pettijohn et al., 1987; Morton et al., 1991; Amini 2011; Yan

رسوبات و سنگ‌های رسوبی از نظر نحوه تشکیل^۱ به سه گروه خشکی‌زاد^۲، شیمیایی/زیست‌شیمیایی و آتشفشان‌آواری^۳ تقسیم می‌شوند. سنگ‌های خشکی‌زاد و بخشی از سنگ‌های شیمیایی/زیست‌شیمیایی و آتشفشان‌آواری که آثار حمل و نقل نشان می‌دهند تحت عنوان سنگ‌های آواری^۴ مورد بررسی قرار می‌گیرند (Folk, 1980). نکته اول در مطالعات خاستگاه تمایز سنگ‌های خشکی‌زاد از سنگ‌های آواری است. مطالعه خاستگاه رسوبی^۵ منحصر به سنگ‌های خشکی‌زاد است، یعنی سنگ‌هایی که اجزا اصلی سازنده آنها از خشکی حمل شده‌اند و در مورد سایر سنگ‌های رسوبی تعیین خاستگاه به شرحی که در

1. Genesis
2. Terrigenous
3. Volcaniclastic
4. Detrital/clastic
5. Sedimentary provenance studies
6. Sedimentary petrology
7. Provenance
8. Parent rock/rocks
9. Transportation history

* نویسنده مرتبط: ahamini@ut.ac.ir

(مثل رودخانه، دلتا یا شلف‌آواری) دارای طیف محدودی از رخساره‌ها هستند. از این‌رو جهت بررسی طیف وسیع‌تری از رخساره‌های موجود در توالی‌های خشکی‌زاد، دو سازند (سرخ بالایی و زیور) از دو شرایط محیطی متفاوت (رودخانه‌ای و دلتایی) برای این بررسی انتخاب شده‌اند. حضور طیف وسیعی از رخساره‌ها شامل رسوبات خشکی‌زاد دانه‌درشت (کنگلوئرا)، دانه‌متوسط (ماسه‌سنگ) و دانه‌ریز (گل‌سنگ)، رسوبات شیمیایی و زیست‌شیمیایی (انیدریت و ژپس)، رسوبات آواری درون‌حوضه‌ای و آذرآواری در این دو سازند علت اصلی انتخاب آن‌ها برای این بررسی است. به دلیل سهولت کار و صرفه‌جویی در کلام، ابتدا کلیات مراحل ضروری و روش‌های مطالعه بحث و سپس نتایج مربوط با اعمال این روش‌ها بر روی سازندهای مورد مطالعه ذکر خواهد شد.

روش مطالعه

توجه دقیق و موشکافانه به مفاهیم مورد استفاده در هر مطالعه‌ای از ضروریات اولیه و مسلم آن مطالعه است. دقت نکردن در این مفاهیم، که در بسیاری از مطالعات رسوب‌شناسی امروزی رایج است، منجر به ارائه تصویر غلط و غیرمرتبط با اهداف مطالعه می‌شود. براساس تعریف‌های ارائه شده در منابع معتبر رسوب‌شناسی یک مطالعه جامع خاستگاه باید شامل تعیین نوع سنگ مولد، موقعیت تکتونیکی این سنگ، شرایط اقلیمی موثر در تشکیل ذرات رسوبی آن، نوع و شدت هوازگی (فیزیکی، شیمیایی، زیستی)، عوامل حمل و نقل (باد، آب، نیروی ثقل، یخسار)، قدرت و شدت این عوامل و تغییرات آنها در زمان و مکان و سازوکار حمل و نقل باشد (Zuffa, 1985; Pettijohn, 1991; Morton et al., 1987). در صورت توجه نکردن به موارد مذکور، بسته به هدف مطالعه و گستردگی موضوع، باید از مفاهیم دیگری چون تعیین سنگ مادر یا تعیین موقعیت تکتونیکی استفاده شود.

با توجه به تعریف خاص منشأ و سنگ منشأ، که در

(et al., 2012; Critelli 2018; Zhang et al., 2020).
براین اساس، آنچه در برخی از مطالعات با عنوان تعیین منشأ سنگ‌های آواری صورت می‌گیرد علاوه بر استفاده از مفاهیم غیرصحیح تنها بخش کوچکی از مطالعات خاستگاه را شامل می‌شود. امروزه با توسعه مطالعات خاستگاه به بررسی‌های مربوط به اکتشاف و استخراج منابع هیدروکربوری (Scott et al., 2014)، اهمیت توجه به این نکات را چند برابر می‌کند.

یک توالی رسوبی خشکی‌زاد، مثل سازندهای سرخ بالایی، آجاجاری، زیور، چلکن و شوربجه، به‌طور معمول از انواع رخساره‌های دانه‌درشت، دانه متوسط و دانه ریز تشکیل شده است که بسته به گستره حوضه آبریز سامانه رودخانه‌ای مربوطه، ممکن است از خاستگاه‌های مختلفی به محل رسوب‌گذاری حمل شده باشند. به دلیل تفاوت مشخصات بافتی و کانی‌شناختی رخساره‌های مذکور، همواره موقعیت تکتونیکی، سنگ مادر، شرایط حمل و نقل و حتی هوازگی این رخساره‌ها با یکدیگر متفاوت است. علاوه بر این، به دلیل تنوع سنگ‌شناسی شدید در بسیاری از مناطق تغذیه‌کننده حوضه‌های رسوبی (مثل البرز مرکزی به‌عنوان منطقه تغذیه‌کننده خزر جنوبی) و رفتار متفاوت کانی‌های سازنده رخساره در حین هوازگی و حمل و نقل، یافته‌های مربوط به خاستگاه یک رخساره قابل تعمیم به سایر رخساره‌ها نیست. به‌عنوان مثال با مطالعه رخساره‌های ماسه‌سنگی یک توالی خشکی‌زاد مثل سازند چلکن نمی‌توان در مورد خاستگاه کل سازند، متشکل از کنگلوئرا، ماسه‌سنگ و گل‌سنگ، اظهار نظر کرد.

براساس این کلیات و به دلیل رایج شدن مطالعات غیراصولی خاستگاه در بررسی‌های رسوب‌شناسی ایران، این مقاله سعی دارد مراحل اساسی و لازم در یک مطالعه جامع خاستگاه را با ارائه مثال‌هایی از ایران مرکزی (سازند سرخ بالایی) و شمال غرب کشورمان (سازند زیور) مورد بررسی قرار دهد. طبیعی است که هر کدام از توالی‌های رسوبی خشکی‌زاد ایران مانند سازندهای شمشک، کشف‌رود، لالون، آجاجاری، سرخ بالایی، سرخ زیرین، شوربجه، زیور، چلکن، زاکین و فراقان به دلیل رسوب‌گذاری در شرایط خاص محیطی

1. Coarse terrigenous or rudaceous
2. Medium terrigenous or sandstone
3. Fine terrigenous or argillaceous
4. Source
5. Source rock

مطالعات زمین‌شناسی نفت متداول است (Katz, 1995)، کاربرد "تعیین منشأ" برای این نوع مطالعات عاری از خطا نیست. در برخی مطالعات از واژه برخاستگاه نیز استفاده شده است که با توجه به معانی دقیق این دو واژه در فرهنگ‌های معتبر زبان فارسی و در نظر گرفتن اهداف این مطالعات (بر اساس تعریف ارائه شده) واژه خاستگاه (از ریشه خاستن به معنی پدید آمدن و به وجود آمدن) مناسب‌تر از واژه برخاستگاه (از ریشه برخاستن به مفهوم بر خیزیدن) است (دهخدا، ۱۳۷۷).

نکته اساسی دیگر در مطالعات خاستگاه تعیین ماده و موضوع مورد بررسی است. با تدبیر دقیق در مفاهیم خاستگاه و واژه‌های آواری^۱، خشکی‌زاد^۲، کلاستیک^۳ و نابرجا^۴ (Folk, 1980)، که گاهی به اشتباه به صورت مترادف استفاده می‌شوند، مشخص می‌شود که مطالعات خاستگاه منحصر به آن دسته از ذرات رسوبی است که از خشکی حمل شده‌اند (خشکی‌زاد). مطالعه محل تشکیل سایر ذرات آواری (که ممکن است درون حوضه‌ای باشند) باید در قالب مفاهیم دیگری چون برج^۵ (یکسان بودن محل تشکیل و محل رسوب‌گذاری) یا نابرجا (متفاوت بودن محل تشکیل و محل رسوب‌گذاری) صورت گیرد تا بتوان از فراوانی و پراکندگی آنها در توالی مورد مطالعه اطلاعاتی در بازسازی شرایط محیطی و تاریخچه حمل و نقل به دست آورد (Carozzi, 1993; Selley, 1996). براین اساس شناسایی و حذف اجزاء آواری درون حوضه‌ای، ذرات شیمیایی/بیوشیمیایی و آذرآواری که نقش اصلی در تجزیه و تحلیل خاستگاه ندارند یکی از مراحل اصلی در مطالعات خاستگاه است.

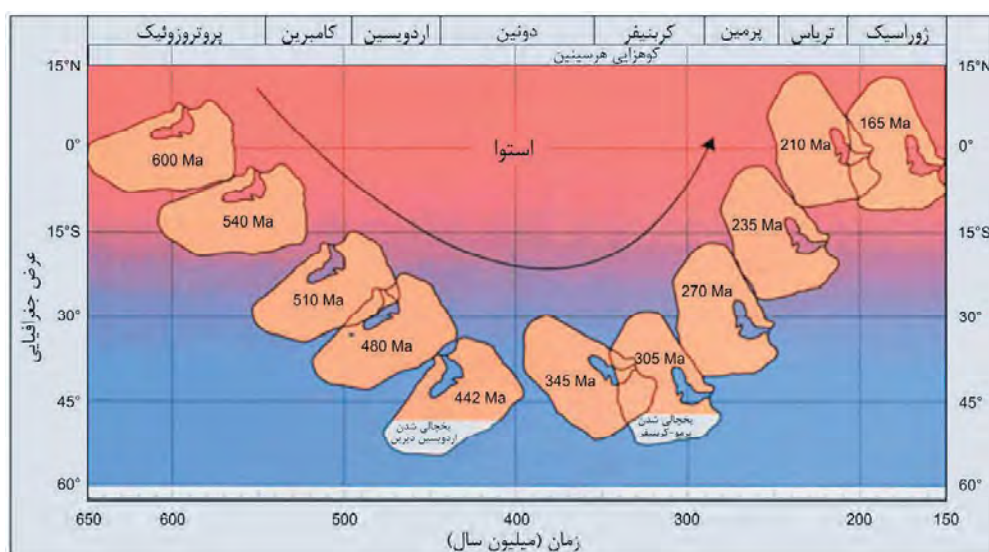
کانی‌های جدید یا کانی‌های درج‌از^۶ در سنگ می‌شوند و تغییر اساسی در ترکیب کانی‌شناختی اجزای آواری ایجاد می‌کنند. به‌عنوان مثال تجزیه کانی‌های فلدسپار یا قطعات خرده سنگی آتشفشانی به کانی‌های رسی، ژئولیت، کلسیت و کوارتز یا تبدیل کانی‌های رسی ناپایدار (مثل کائولن) به انواع پایدارتر (مثل کلریت و ایلیت)، تبدیل آهن فرو (برای مثال در پیریت) به آهن فریک (برای مثال در لیمونیت) به علت قرار گرفتن رسوب در شرایط اکسیدان که با تغییر بافت، ترکیب و رنگ رسوب همراه است، تبدیل فلدسپارهای کلسیم‌دار (مثل آنورتیت) به انواع سدیم‌دار (مثل آلبیت) در محیط دیاژنز با آب درون منفذی غنی از سدیم یا تبدیل ژئولیت‌های سدیم‌دار (مثل آنالسیم) به انواع کلسیم‌دار (مثل استرایت^۷) در محیط دیاژنز با آب منفذی غنی از کلسیم از نمونه‌های متداول این تغییرات در توالی‌های رسوبی مورد بررسی در این مطالعه می‌باشند (امینی، ۱۳۸۴؛ Amini, 1997).

براین اساس با توجه به تکیه اصلی مطالعات خاستگاه رسوبی بر روی اجزاء خشکی‌زاد، مطالعه جامع دیاژنز به نحوی که به شناسایی کلیه عوارض ثانویه و حذف آنها از چهره سنگ منجر شود از مراحل اساسی و لازم در بررسی‌های مربوط به خاستگاه است. نبود توجه به این مهم ممکن است به ارائه تفسیر غلط از خاستگاه یک توالی رسوبی منجر شود. این موضوع در مطالعه توالی‌های رسوبی قدیمی‌تر، به دلیل تاثیر بیشتر فرایندهای دیاژنز و در رخساره‌های دانه ریز، به دلیل فراوانی کانی‌های رسی اهمیت بیشتری دارد (Amini, 1997).

به دلیل نقش زمین‌ساخت در جابجایی ورقه‌های دربرگیرنده حوضه‌های رسوبی و خاستگاه آنها (برای مثال برای تغییرات موقعیت جغرافیایی و زمین‌ساختی صفحه عربی مراجعه شود به: Konert et al., 2001)، در طول زمان تغییر اساسی در موقعیت جغرافیایی محل رسوب‌گذاری

1. Detrital
2. Terrigenous
3. Clastic
4. Allochem
5. Orthochem
6. Authigenic
7. Stellerite

و خاستگاه و در نتیجه مسیر حمل و نقل رسوبات خشکی‌زاد به وجود می‌آید (شکل ۱). در مطالعات تعیین خاستگاه توجه به موقعیت زمین‌ساختی محیط رسوبگذاری و خاستگاه سازند مورد مطالعه در زمان تشکیل و تفاوت این موقعیت‌ها با شرایط فعلی سازند مورد مطالعه بسیار حیاتی است. به‌عنوان مثال وجود زغال‌سنگ در یک توالی رسوبی واقع در ۵۰ درجه عرض شمالی به‌ناچار به وجود شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب در این موقعیت اشاره نمی‌کند و ممکن است به حضور محیط رسوب‌گذاری این توالی در نزدیک استوا در زمان تشکیل مربوط باشد.



شکل ۱. تغییر موقعیت جغرافیایی زاگرس (بخشی از ورقه عربی) از پروتروزوئیک تا ژوراسیک (با تغییرات از: Konert et al., 2001)

۱. برای تعیین خاستگاه رخساره‌های دانه درشت (سنگ‌های روداسه^۱)، باید تکیه اصلی بر مشخصات انفرادی اجزاء خشکی‌زاد (چارچوب و خمیره) باشد (Zuffa, 1985; Morton et al., 1991). برای این منظور کلیه اجزاء سازنده چارچوب و خمیره که فراوانی قابل توجهی دارند (به‌طور معمول بیش از یک درصد) مورد بررسی‌های بافت، ترکیب کانی‌شناسی، ترکیب شیمیایی و روش‌های نوین کانی‌شناسی و پترولوژی رسوبی قرار گرفته‌اند. در این مرحله استفاده از قطعات خرده‌سنگی، به دلیل اینکه نماینده‌ای از سنگ مادر در درون رسوبات هستند و بیش از هر ذره دیگری مشخصات سنگ مولد را در خود حفظ کرده‌اند، مفیدتر است (شکل‌های ۴ و ۵).

برای ذرات کوارتز شکل بلوری^۲، فراوانی و نوع ادخال‌های آن، وجود خوردگی‌های خلیجی شکل^۳ (Zuffa, 1993)

مطالعه خاستگاه سازنده‌های قدیمی زاگرس و فراقان (پالئوزوئیک فوقانی) در زاگرس به‌خوبی اهمیت توجه به جابجایی موقعیت حوضه رسوب آنها از عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۴۵ درجه جنوبی (در پالئوزوئیک فوقانی) به عرض‌های ۳۰ تا ۳۵ درجه شمالی (در شرایط کنونی) را آشکار می‌سازد (زمانزاده، ۱۳۸۷).

به‌طور معمول، توالی‌های رسوبی خشکی‌زاد محتوی انواع رخساره‌های دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز هستند که به دلیل تفاوت در مشخصه‌های بافتی و کانی‌شناختی ممکن است دارای خاستگاه‌های متفاوتی باشند. به دلیل نیاز به تجزیه و تحلیل دقیق همه اجزاء خشکی‌زاد و با توجه به ماهیت متفاوت روش‌های مورد نیاز برای بررسی رخساره‌های دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز (Carozzi, 1993) در مطالعه خاستگاه این توالی‌ها علاوه بر لحاظ نکات کلی بیان شده در بالا، روش‌های زیر به‌عنوان

مراحل اساسی مطالعه باید مورد توجه قرار گیرند:

1. Rudaceous rocks
2. Crystal shape
3. Embayment

از متداول‌ترین پارامترهای مورد استفاده برای تعیین خاستگاه این ذرات رسوبی‌اند. این پارامترها برای تعیین خاستگاه کانی‌های دیگر مانند فرومنیزین‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Amini, 1997). در این بررسی به دلیل ماهیت کانی‌های سنگین موجود (کانی‌های آهن‌دار و فرومنیزین) و به منظور جلوگیری از تکرار، مشخصات این کانی‌ها در قالب اکسیدهای آهن و تیتانیم و فرومنیزین بحث شده است.

۲. در تعیین خاستگاه رخساره‌های دانه متوسط (ماسه‌سنگ‌ها)، علاوه بر استفاده از روش‌های بیان در بند ۱، یا در صورت نبود امکان مطالعات فوق به دلیل دانه‌ریز بودن ذرات و محدودیت‌های ابزاری، تکیه اصلی بر تعیین درصد فراوانی اجزاء خشکی‌زاد موسوم به تعیین ترکیب مدال^۵ است (Dickinson, 1985; Zuffa, 1985). در این روش فراوانی سه گروه اصلی ذرات (کوارتز، فلسپارها و قطعات خرده‌سنگی) در مثلث QFL رسم می‌شوند و با استفاده از نمودارهای مربوط به خاستگاه‌های به‌خوبی مطالعه شده و استاندارد (e.g. Dickinson and Suezek, 1979; Dickinson, 1985) خاستگاه آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). آنچه در استفاده از این روش باید مورد توجه ویژه قرار گیرد انتخاب روش مناسب برای نقطه شماری (روش سنتی^۶ یا روش گزی-دیکنسون^۷) و اختصاص ذرات مورد شمارش (Q_m , Q_p , L_s , L_{sh}) است (al., 1987). این موضوع بحث‌های بسیار اساسی در خصوص ضریب اطمینان این روش‌ها ایجاد کرده است (Zuffa 1985; Pettijohn et al., 1987). طبیعی است که شمارش کانی‌های فلدسپار موجود در یک

(1985)، درجه چند بلوری^۱ (Pettijohn et al., 1987)، نوع و میزان خاموشی، ترکیب ادخال‌های سیال، و ترکیب عناصر کمیاب (Morton et al., 1991) به‌عنوان مشخصه‌های اصلی در تعیین خاستگاه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۶). طبیعی است که در هر توالی رسوبی پرداختن به همه این پارامترها ممکن نباشد. در این مطالعه نیز بر روی پارامترهای قابل بررسی از کوارتزهای خشکی‌زاد تکیه شده است.

در مجموعه فلدسپارها، ترکیب شیمیایی آنها در مثلث Al-An-Or (Trevena and Nash, 1979, 1981) ماهیت پهنه‌بندی^۲، نوع و فراوانی ماکل (Pittman, 1970; Zuffa, 1985) و نوع و فراوانی عناصر کمیاب در آنها (Morton et al., 1991) از مهم‌ترین مشخصه‌های مورد استفاده در تعیین خاستگاه هستند (شکل ۷). در مطالعه حاضر به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی از بررسی عناصر کمیاب در این کانی‌ها صرف‌نظر شده، لیکن بررسی سایر پارامترها با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است (Amini, 2011). همچنین در مطالعه این کانی‌ها میزان و نوع تجزیه آنها نیز اطلاعات با ارزشی در خصوص ماهیت هوازدگی سنگ مادر و در حین حمل و نقل به دست آورده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای کمبود بررسی‌های ژئوشیمیایی باشد.

در مطالعه خاستگاه کانی‌های تیره، به‌ویژه اکسیدهای آهن و تیتانیم، تکیه اصلی بر بافت میکروسکوپی آنها در سری محلول جامد^۳ مربوطه (Hagerty, 1991)، ترکیب شیمیایی در مثلث TiO_2 -FeO-Fe₂O₃ (Basu and Molinaroli, 1989, 1991) و فراوانی و نوع عناصر کمیاب در آنها بوده است (شکل‌های ۸ و ۹) (Amini and Anketell, 2015).

کانی‌های سنگین از مهم‌ترین اجزاء خشکی‌زاد در تعیین خاستگاه هستند. نوع کانی سنگین، فراوانی و مجموعه‌های همراه^۴ (Pettijohn et al., 1987; Morton et al., 1991)، مشخصات ریخت‌شناسی میکروسکوپی و ترکیب شیمیایی (Morton et al., 2012)

1. Polycrystallinity
2. Zoning
3. Solid solution series
4. Heavy mineral assemblages
5. Modal composition
6. Traditional Method
7. Gazzi-Dickinson Method

به ماسه‌سنگ‌ها و سنگ‌های روداسه است، بر این اساس در مطالعه حاضر بعد از اطمینان از وابستگی زایشی رخساره‌های دانه‌ریز و دانه متوسط (بررسی‌های صحرایی) و خاستگاه یکسان آنها (ترکیب کانی‌شناسی یکسان) و البته بر هزینه بودن آنالیزهای ژئوشیمیایی تکیه اصلی بر روی رخساره‌های دانه متوسط و دانه درشت بوده است.

۴. به دلیل وجود ضریب خطا در هر یک از روش‌های نام‌برده و تغییرات دیاژنتیک و تغییر شکل‌های ساختاری پیچیده در برخی توالی‌های رسوبی و مهم‌تر از همه برای درک یکسان یا متفاوت بودن خاستگاه رخساره‌های مختلف یک توالی رسوبی، تکیه بر مطالعات تلفیقی متشکل از همه یا تعدادی از روش‌های یاد شده جهت اخذ نتیجه مطلوب‌تر در تعیین خاستگاه توصیه می‌شود (Morton et al., 2012). در مطالعه حاضر به لحاظ تغییرات دیاژنتیک محدود و تفاوت اندک جغرافیای شرایط فعلی سازندهای مورد مطالعه با زمان ته‌نشست (میوسن فوقانی و الیگو میوسن) و محدودیت‌های مالی و آزمایشگاهی، استفاده از برخی روش‌های ژئوشیمیایی میسر نشد.

۵. برای اطمینان از صحت یافته‌های مربوط به تعیین خاستگاه و جبران کمبودهای آزمایشگاهی، یک مطالعه جامع برای تعیین طرح جهت جریان‌های دیرینه بر روی سازندهای مورد مطالعه صورت گرفت. نتایج این مطالعه مسیر ورود رسوبات به محیط‌های رسوبی مربوطه و موقعیت سنگ‌های مولد نسبت به محل ته‌نشست را مشخص می‌کند (Amini, 1997; Amini and An-ketell, 2015).

۶. بعد از مشخص شدن موقعیت احتمالی سنگ‌های مولد و اطلاع از زمین‌شناسی منطقه پارامترهای مورد بررسی در رخساره‌های مورد مطالعه با انواع مشابه در سنگ‌های مولد احتمالی مقایسه و نسبت به صحت

خرده سنگ به‌عنوان کانی‌فلدسپار (قطب F) نتیجه‌ای متفاوت با شمارش آن با عنوان ذره دربرگیرنده آن (قطب L) دارد. از طرفی به دلیل نبود جایگاه خاص برای برخی کانی‌ها در مثلث QFL (مثل پیروکسین‌ها، آمفیبول‌ها، کانی‌های تیره و زیرکن) تعیین وضعیت آنها در حالتی که به‌صورت مجزا در سنگ حضور دارند یا در درون یک ذره خرده سنگی هستند بسیار مهم است. در این روش‌ها اختصاص قطعات خرده سنگی دگرگونی (L_m) و رسوبی (L_s) به قطب L منجر به انتساب خاستگاه آنها به کمان ماگمایی می‌شود که تفسیری کاملاً اشتباه است. این اشتباه در صورت نبود تفکیک قطعات آواری درون حوضه‌ای از انواع برون حوضه‌ای به‌طور فاحشی افزایش می‌یابد. بر این اساس در تعیین ترکیب مودال^۱، انتخاب روش مناسب بر اساس اهداف مطالعه، مشخصات کانی‌شناسی رخساره‌های مورد مطالعه و زمین‌شناسی منطقه بسیار حیاتی است (Ingersoll et al., 1984; Zuffa, 1985; Amini, 1997).

۳. تعیین خاستگاه رخساره‌های خشکی‌زاد دانه‌ریز (سنگ‌های رس‌دار^۲) بیشتر بر اساس تعیین ترکیب شیمیایی^۳ آنها صورت می‌گیرد (e.g. Bhatia 1985). در اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی سنگ‌های دانه‌ریز، فراوانی عناصر به‌صورت درصد وزنی اکسید آن عنصر بیان می‌شود (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , MgO , Na_2O , ...). به دلیل وجود یک عنصر معین در ترکیب شیمیایی کانی‌های مختلف (مثل Si در ترکیب کوارتز، فلدسپارها و کانی‌های رسی) و اضافه شدن بخشی از این عناصر به ترکیب سنگ بعد از رسوب‌گذاری (دیاژنتیک) این روش بدون اطلاع از مشخصات کانی‌شناسی رخساره‌های مورد مطالعه (مطالعات پتروگرافی)، میزان تغییرات دیاژنتیک در آنها (مطالعات SEM^4 , CL) و انطباق با نتایج حاصل از روش‌ها دیگر ممکن است به نتایجی غیرواقعی از خاستگاه منجر شود (Morton et al., 1991, 2012). نتایج حاصل از مطالعه رخساره‌های دانه‌ریز دارای اعتبار کمتر نسبت

1. Modal Composition
2. Argillaceous rocks
3. Chemical composition
4. Scanning Electron Microscope
5. Palaeocurrent pattern

بحث

پترولژی رسوبی سازند زیور (الیگو-میوسن) وجود رخساره‌های متنوع کنگلومرا، ماسه‌سنگ، گل‌سنگ و برخی رخساره‌های شیمیایی و زیست‌شیمیایی (گل‌کربناته و زغال‌سنگ) را در آن نشان می‌دهد (جدول ۱). بازسازی شرایط محیطی این سازند در دشت مغان نشان می‌دهد، این سازند در یک دلتای متأثر از رودخانه نهشته شده است و با زیرمحیط‌های پهنه‌دلتا، شیب دلتا و پاشنه‌دلتا در حاشیه جنوبی دریای پاراتتیس گسترش داشته و توسط رودخانه‌هایی از جنوب تا جنوب غربی تغذیه شده است (Amini, 2006).

کامل مطالعات خاستگاه رسوبی اطمینان حاصل شده است (Amini and Anketell, 2015). این مقایسه علاوه بر کنترل درستی بررسی‌ها، امکان بررسی میزان تغییرات (دگرسانی) کانی‌های مورد مطالعه در حین حمل و نقل را نیز میسر می‌سازد (Amini, 2011). طبیعی است که امکان استفاده از همه روش‌های بیان شده در بررسی خاستگاه یک سازند میسر نیست. این محدودیت به دلیل فراوانی اندک برخی کانی‌ها یا کیفیت نامطلوب آنها در اثر هوازدگی یا دیاژنز یا محدودیت‌های مالی و زمانی پروژه است. در این صورت استفاده از روش‌های مقایسه با سنگ مادر احتمالی (بند ۶) به‌شدت توصیه می‌شود.

جدول ۱. مشخصات کلی رخساره‌های اصلی سازند زیور و شرایط محیطی منتسب به آنها (با تغییرات از: Amini, 2006)

رخساره	مشخصات کلی	شرایط محیطی
G_1	ارتوکنگلومرا، در اندازه ریگ تا قلوه با جورشدگی ضعیف، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد و لایه‌بندی مورب ناوهای، فرم هندسی عدسی	رسوب‌گذاری در پشته‌های طولی و عرضی درون کانال‌ها توسط جریان کششی یک‌طرفه (پهنه دلتا)
G_m	ارتوکنگلومرا، توده‌ای تا با لایه‌بندی مبهم با جورشدگی بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد، فرم هندسی عدسی با سطوح فرسایشی و خرده‌های گیاهی فراوان، در قاعده توالی‌های ریز شونده	رسوب‌گذاری توسط جریان‌های با ظرفیت بالا و قدرت پایین با تغییرات شدید رژیم جریان (دشت سیلابی تا پهنه دلتا)
G_{mp}	ارتوکنگلومرا توده‌ای با فراوانی قطعات آواری گل، جورشدگی ضعیف تا متوسط، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد و فراوانی خرده‌های گیاهان خشکی‌زاد	رسوب‌گذاری سریع توسط جریان‌های با ظرفیت بالا و قدرت پایین و تغییرات شدید رژیم جریان (پهنه دلتا)
G_{ms}	پاراکنگلومرا در اندازه ریگ تا قلوه با برتری خمیره، سایر مشخصات آن شبیه رخساره G_{mp}	در مرحله نهایی جریان‌های آشفته در بالادست پهنه دلتا
St	ماسه‌سنگ با لایه‌بندی مورب ناوهای، جورشدگی، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد، عدسی شکل با علائم قاشقی شکل و ناودانکی در قاعده با ساخت‌های SSD و افق‌هایی از کانی سنگین	رسوب‌گذاری در پشته‌های درون کانال (رودخانه تا پهنه دلتا) توسط جریان‌های کششی یک‌طرفه با افت سریع رژیم جریان.
Sp	ماسه‌سنگ خرده‌دار با لایه‌بندی مورب، جورشدگی ضعیف و بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد، عدسی شکل با فراوانی خرده‌سنگ آتشفشانی	رسوب‌گذاری توسط جریان‌های کششی با ظرفیت بالا و افت سریع رژیم جریان (محل تلاقی رود و دریا).
S_{pm}	ماسه‌سنگ با فراوانی ذرات در اندازه ریگ و قطعات آواری گل، سایر مشخصات شبیه ماسه‌سنگ خرده‌دار (رخساره Sp)	رسوب‌گذاری توسط جریان‌های آشفته با ظرفیت بالا و قدرت پایین (محل تلاقی رود و دریا).
Sh	ماسه‌سنگ با لایه‌بندی موازی/افقی با جورشدگی ضعیف، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد و فراوانی خرده‌های گیاهان	رسوب‌گذاری از بار معلق یک جریان آشفته با ظرفیت بالا و قدرت پایین (پایین دست پهنه دلتا)
Sr	ماسه‌سنگ متوسط تا ریز با لایه‌بندی مورب و آثار موجی شکل، جورشدگی ضعیف، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد، عدسی شکل و عمدتاً همراه رخساره‌های Sh, Sl, Sm	توسط جریان یک‌طرفه با رژیم جریان پایین، در پایین دست پهنه دلتا تا بالادست شیب دلتای متأثر از رودخانه
Sl	ماسه‌سنگ با لایه‌بندی مورب کم زاویه، با همبری واضح در زیر و تدریجی در بالا، سرشار از خرده‌های گیاهان خشکی‌زاد	رسوب‌گذاری در شرایط پایین رژیم جریان در پایین دست پهنه دلتا و فرورفتگی‌های محلی پهنه دلتا
Sm	ماسه‌سنگ توده‌ای با بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد و فراوانی بقایای گیاهان، سطوح فرسایشی ضعیف و آثار زیست‌آشفته‌گی، فراوانی قطعات آواری گل و ساخت‌های SSD	رسوب‌گذاری سریع توسط جریان‌های آشفته با ظرفیت بالا و قدرت پایین در پایین دست پهنه دلتا تا بالادست شیب دلتا

ادامه جدول ۱.

رخساره	مشخصات کلی	شرایط محیطی
Se	ماسه‌سنگ پر شده در محل کندگی‌ها با جورشدگی ضعیف، بلوغ بافتی و در فروافتادگی‌های محلی و کندگی‌های بستر توسط جریان کانی‌شناسی بد، ماهیت توده‌ای، دانه‌بندی تدریجی خفیف، با قاعده فرسایشی با ظرفیت بالا و رسوب‌گذاری سریع (انتهای جریان آشفته) و فرم عدسی شکل	شرایط محیطی
So	ماسه‌سنگ توده‌ای غنی از مواد آلی با فراوانی خرده‌های گیاهان و رگه‌های رسوب‌گذاری توسط جریان آشفته تا چگال در دشت نازک زغال. بقیه مشخصه‌ها شبیه رخساره Se	سیلابی تا بخش‌های میان کانالی پهنه دلتا
Flo	گل‌سنگ با لامیناسیون موازی و ساخت‌های ناشی از تغییر شکل در حالت نرم، فراوانی بقایای گیاهان، حضور محلی خرده‌های اسکلتی و ریز فسیل‌ها	رسوب‌گذاری سریع از بار معلق جریان آشفته با ظرفیت بالا در بخش‌های آرام پهنه تا پاشنه دلتا
Fm	گل‌سنگ توده‌ای فاقد لایه‌بندی با کانی رسی کمتر از ۵۰٪، ساخت‌های ناشی از تغییر شکل در حالت نرم، فراوانی بقایای گیاهان، دارای قاعده فرسایشی	رسوب‌گذاری توسط جریان با ظرفیت بالا در حاشیه کانال و دشت سیلابی در زمان افت سریع سرعت
Fo	گل‌سنگ غنی از ماده آلی تا شیل با فراوانی کانی‌های رسی و لایه‌بندی ظریف، همراه بارگه‌های نازک زغال و بقایای گیاهی، سایر مشخصات شبیه رخساره Flo	رسوب‌گذاری سریع از بار معلق جریان با ظرفیت بالا، در بخش آرام پهنه دلتا با باتلاق‌های محلی یا پاشنه دلتا
Fc	گل‌سنگ کربناته رس‌دار تا شیل غنی از کربنات با آثاری از ریز فسیل‌ها و خرده‌های اسکلتی	پاشنه دلتا یا شرایط کم انرژی پهنه دلتا در زمان تراز بالا
Ca	گل‌سنگ رس‌دار با فراوانی کربنات، با ظاهر میکریک	در شرایط مشابه با رخساره Fc در زمان تراز بالا
C	زغال‌سنگ به‌صورت رگه‌های در حد چند میلی‌متر تا چند سانتیمتر.	گسترش در بخش میان کانالی پهنه دلتا و پاشنه دلتا

بحث روش‌های مختلف تعیین خاستگاه را میسر می‌سازند. طبیعی است که محل تشکیل رخساره‌های شیمیایی، زیست‌شیمیایی و آذراواری موجود در این سازندها با خاستگاه رخساره‌های خشکی‌زاد (کنگلومراها، ماسه‌سنگ‌ها و گل‌سنگ‌ها) متفاوت است و نباید در تعیین خاستگاه مورد بررسی قرار گیرند. با این وجود، جایگاه رخساره‌های شیمیایی، زیست‌شیمیایی و آذراواری در مطالعات خاستگاه بسیار اهمیت دارد. این اهمیت در شناسایی و تعیین سهم آنها در توالی‌های مورد مطالعه، موقعیت چینه‌شناسی آنها و ارتباط آنها با رخساره‌های خشکی‌زاد است. نبود تفکیک و مطالعه آنها در کنار رخساره‌های خشکی‌زاد منجر به ارائه تفسیر غلط از خاستگاه می‌شود، ضمن اینکه توجه به این رخساره‌ها در تفسیر دقیق شرایط محیطی، تاریخچه حمل و نقل و موقعیت تکتونیکی محیط رسوبی نقش بسیار حیاتی دارد.

بازسازی شرایط محیطی سازند زیور نشان می‌دهد، در دلتای محل رسوب‌گذاری این سازند علاوه بر ذرات اصلی از منشأ خشکی (کوارتز، فلدسپار و خرده‌سنگ‌های آتشفشانی) یک سری ذرات آواری درون حوضه‌ای شامل قطعات خرده‌سنگی کربناته، شیلی، گلی و خرده‌های اسکلتی (شکل ۲) نیز حضور داشته‌اند و محل تشکیل آنها بخش‌های

آنالیز رخساره‌ای سازند سرخ بالایی در ایران مرکزی نیز وجود گسترده وسیعی از رخساره‌های کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و گل‌سنگی را نشان می‌دهد (جدول ۲). حضور رخساره‌های شیمیایی (ژپیس و انیدریت)، آواری‌های درون حوضه‌ای (قطعات گل) و ذرات آذراواری به ترتیب در بخش‌های تحتانی، میانی و بالایی این سازند از مشخصات منحصربه‌فرد این سازند است (Amini, 1997). بازسازی شرایط محیطی این سازند در ایران مرکزی رسوب‌گذاری آن در یک سامانه رودخانه‌ای متشکل از کانال‌های گیسوبی را نشان می‌دهد و فرسایش و زهکشی ارتفاعات حاشیه‌های جنوبی (زاگرس، زون‌های ارومیه-دختر و سندر-سیرجان) و شمالی (ارتفاعات البرز) و هدایت رسوبات حاصل از فرسایش به بخش‌های داخلی ایران مرکزی را بر عهده داشته‌اند. سطح اساس این سامانه رودخانه‌ای به‌صورت یک یا چند دریاچه فصلی با گسترش محلی بوده است و در آنها شرایط به‌طور متناوب برای تشکیل رسوبات شیمیایی (ژپیس و هالیت) فراهم می‌شده است (Amini, 1997). ضخامت هالیت در برخی برش‌های زیرسطحی این سازند در میدان نفتی البرز تا ۱۰۰ متر نیز گزارش شده است (Habicht, 1962).

با توجه به شرایط بیان شده، این سازندها از مناسب‌ترین توالی‌های رسوبی برای بررسی‌های خاستگاه هستند که امکان

جدول ۲. مشخصات کلی رخساره‌های اصلی سازند سرخ بالایی و شرایط محیطی منتسب به آنها (Amini, 1997)

رخساره	مشخصات کلی	شرایط محیطی
G _{1a}	ارتوکنگلومر، در اندازه ریگ با ترکیب متفاوت ذرات، فاقد لایه‌بندی و ساخت	رسوب‌گذاری در بالادست مخروط‌افکنه توسط جریان سیلابی و درون کانال‌های فصلی در اقلیم گرم و خشک
G _{1b}	ارتوکنگلومر در اندازه قلوه با ترکیب یکنواخت ذرات، فرم هندسی عدسی، گسترش جانبی غیریکنواخت	رسوب‌گذاری توسط جریان تغلیظ شده در بالادست مخروط‌افکنه و مناطق پیرشیب و فعال ساختاری
G _{1c}	ارتوکنگلومر در اندازه ریگ با ترکیب متفاوت ذرات، فرم هندسی عدسی	رسوب‌گذاری در پشته‌های طولی درون کانال‌های با تغییرات شدید رژیم جریان
G ₂	ارتوکنگلومر در اندازه ریگ تا قلوه با ترکیب متفاوت ذرات و لایه‌بندی مورب	پیشدگی‌های درون کانال، نهشته‌های کف بستر (لگ) و پشته‌های موقت در کانال‌های با تغییرات شدید جریان کم زاویه
G ₃	پاراکنگلومر با ماهیت دوگانه اندازه (بایمدال) فراوانی خمیره با فرم هندسی	رسوب‌گذاری توسط جریان خرده‌دار در درون کانال یا دشت سیلابی در شرایط با تغییرات شدید رژیم جریان
Stp	ماسه‌سنگ خرده‌دار با لایه‌بندی مورب ناو‌ه‌ای	پشته‌های طولی درون کانال‌های فصلی (جریان متناوب)
St	ماسه‌سنگ درشت با لایه‌بندی مورب ناو‌ه‌ای	پشته‌های طولی و عرضی درون کانال‌های فصلی
Sp	ماسه‌سنگ درشت با لایه‌بندی مورب صفحه‌ای	مهاجرت پشته‌های عرضی و کناری درون کانال
Sm	ماسه-سنگ متوسط تا ریز، فاقد ساخت رسوبی با فراوانی قطعات فرسایش	رسوب‌گذاری توسط جریان سیلابی درون کانال‌های فصلی یا حاشیه کانال و دشت سیلابی
Sh	ماسه‌سنگ با لایه‌بندی موازی و بیشتر افقی	در درون کانال در رژیم جریان بالا (UFR) به صورت پشته‌های طولی گسترده
Sr	ماسه‌سنگ متوسط تا ریز با علائم موجی شکل	پشته‌های عرضی و کناری در اثر مهاجرت جانبی (LA)
S ₁	ماسه‌سنگ با لایه‌بندی مورب کم‌زاویه	رسوب‌گذاری در پنجه‌شکافت دشت سیلابی و سطح پشته‌ها در شرایط رژیم جریان پایین (LFR)
Ss	ماسه‌سنگ پر شده در محل کندگی	گودی‌های بستر کانال در شرایط تغییرات زیاد رژیم جریان
Smo	ماسه‌سنگ پشته‌ای	دشت سیلابی، پنجه شکافت و در کانال‌های فاقد خاکریز
M ₁	گل‌سنگ توده‌ای فاقد لایه‌بندی	حاشیه کانال و دشت سیلابی در زمان افت سریع سرعت
M ₂	گل‌سنگ با لایه‌بندی ظریف و علائم موجی شکل	حاشیه کانال و دشت سیلابی در رژیم جریان پایین
M ₃	گل‌سنگ سبز تا خاکستری فاقد لایه‌بندی	فروافتادگی‌های محلی دشت سیلابی با پوشش گیاهی مناسب
M ₄	گل‌سنگ حاوی تکه‌های پراکنده و عدسی‌های تبخیری	فروافتادگی‌های محلی در دشت سیلابی در اقلیم گرم و خشک
Ch	ژئیس تا انیدریت با ناخالصی گل آواری و ضخامت چند سانتیمتر تا چند متر. هالیت تا ضخامت ۱۰۰ متر نیز در برش‌های زیرسطحی گزارش شده است.	گسترش در فروافتادگی‌های محلی دشت سیلابی و دریاچه‌های فصلی پایین‌دست سامانه رودخانه (سطح اساس سامانه رودخانه گیسویی)
Hy ₁	رخساره مختلط شیمیایی-خشکی‌زاد متشکل از رخساره‌های تبخیری و گل‌سنگ‌های آواری	گسترش در فروافتادگی‌های محلی دشت سیلابی و پهنه گلی دریاچه‌های فصلی پایین‌دست
	رخساره آذرآواری به شکل‌های توف تا توفیت با حجم قابل توجه از ذرات خشکی‌زاد	گسترش در بخش‌های مختلف سامانه رودخانه به‌ویژه در قاعده سازند هم‌زمان با فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه
Hy ₂	رخساره مختلط آذرآواری-خشکی‌زاد که در مجاورت رخساره‌های Vlc قرار دارند.	گسترش در بخش‌های مختلف سامانه رودخانه به‌ویژه در قاعده سازند هم‌زمان با فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه

بالادستی دلتا (پهنه دلتا) یا دشت سیلابی رودخانه مرتبط با این دلتا می‌باشد (امینی، ۱۳۸۴؛ Amini, 2006). بخشی از قطعات خرده‌سنگی گلی و شیلی نیز حاصل فرسایش دریایی سازند قدیمی تراچاق قشلاق، موجود در بستر محیط

رسوب‌گذاری، در اثر تغییرات سطح آب دریا هستند (امینی، ۱۳۸۴). این موضوع ضرورت شناسایی ذرات درون حوضه‌ای، تفکیک آن‌ها از ذرات مشابه برون حوضه‌ای (مثل قطعات خرده‌سنگی کربناته از منشأ خشکی) و نبود لحاظ آن‌ها در

مراحل اساسی در تعیین خاستگاه توالی‌های رسوبی خشکی‌زاد ...

یافته در این دشت شده‌اند. حضور قطعات درون‌آوار گل مربوط به دشت سیلابی در قاعده توالی‌های درون کانال این سازند از فراوانی این فرایند در طول نهشته شدن آن حکایت دارد (شکل ۳). براین اساس، همانند سازند زیور، ضرورت توجه به این ذرات درون‌آوار و تمایز آن‌ها از ذرات مشابه برون حوضه‌ای (مثل قطعات خرده‌سنگی کربناته از منشأ سازند قم) و عدم لحاظ آن‌ها در مطالعات خاستگاه مشخص می‌شود.

مطالعات خاستگاه را مسلم می‌سازد. این موضوع با تکیه بر مطالعات دقیق صحرایی و پتروگرافی واحدهای مورد مطالعه میسر می‌شود.

در بازسازی شرایط محیطی سازند سرخ بالایی وجود جریان‌های فصلی با تغییرات شدید رژیم جریان در یک سامانه رودخانه گیسویی به اثبات رسیده است (Amini, 1997). این جریان‌ها باعث جابه‌جایی زیرمحیط کانال بر روی نهشته‌های دشت سیلابی و فرسایش گل‌سنگ‌های گسترش

A)



B)



شکل ۲. A) فراوانی قطعات گل و شیل درون‌آوار در سازند زیور دشت مغان که از بستر محیط رسوب‌گذاری (سازند اجاق قشلاق) یا بخش‌های بالادستی محیط و در طی تغییرات سطح آب دریا کنده شده‌اند، B) تصویر نزدیک از یک قطعه شیل درون‌آوار با مشخصات شیل‌های سازند اجاق قشلاق در درون ماسه‌سنگ‌های سازند زیور که ماهیت درون حوضه‌ای سایر ذرات گل را نیز تایید می‌کند



شکل ۳. حضور قطعات درون‌آوار گل مربوط به دشت سیلابی در افق ماسه‌سنگی (درون کانال) سازند سرخ بالایی که ماهیت درون حوضه‌ای (درون‌آوار) آنها را نشان می‌دهد. این ذرات در مطالعه خاستگاه ماسه‌سنگ مورد بررسی قرار نمی‌گیرند

(Amini, 2011). این در مورد سازند سرخ بالایی به دلیل شرایط آب و هوایی (گرم و خشک) محیط رسوب‌گذاری و بعد از رسوب‌گذاری و سن به نسبت کم (میوسن فوقانی) سازند می‌باشد. در مورد سازند زیور نیز علاوه بر سن کم

در مطالعات مربوط به دیاژنز رخساره‌های سازندهای مورد مطالعه مشخص شد فرایندهای دیاژنزی، علیرغم تنوع شدید و گستردگی زیاد، تغییر اساسی در ماهیت رخساره‌های سازنده، به‌گونه‌ای که تعیین خاستگاه کند را متاثر کند، ایجاد نکرده‌اند (امینی، ۱۳۸۴؛ Amini, 1997)

1. Intraclast

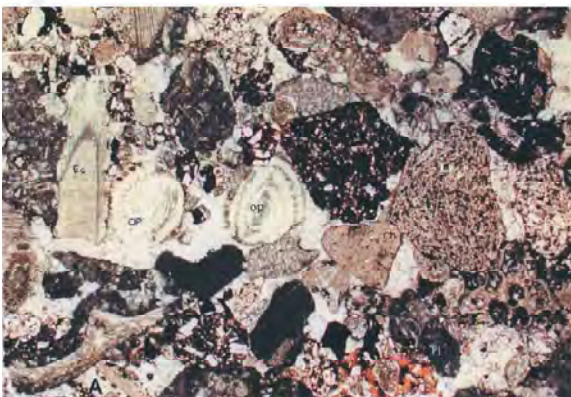
شده است، نتیجه قابل قبولی از مطالعه آنها در بررسی های مربوط به خاستگاه حاصل نشود بنابراین در این مطالعه بر روی نتایج حاصل از کانی های آهن و تیتانیم و فرومنیزین تکیه شده است. از طرفی، در سال های اخیر مطالعه هایی به نسبت جامعی از کاربرد کانی های سنگین در تعیین خاستگاه برخی سازندهای خشکی زاد ایران از جمله سازند زیور ارائه شده است (Jafarzadeh et al., 2014; Zoleikhaei et al., 2015).

رخساره های آواری دانه درشت

بررسی ماهیت ذرات اصلی سازنده چارچوب در کنگلومراهای سازند سرخ بالایی (جدول ۲) وجود قطعات خرده سنگی آتشفشانی با بافت جریان و بافت آفانتیک پرفیریک، قطعات چرت، خرده های اسکلتی مربوط به جلبک قرمز، خرده های اسکلتی اپرکولینوئیدس و میوزیپسینوئیدس، فرامینیفرای پلانکتونیک و برخی خرده های اکینودرم و بریوزوئر را نشان می دهد (شکل ۴). حضور همزمان خرده های اسکلتی سالم و قطعات آتشفشانی (شکل های ۴ و ۶) از مهم ترین مشخصه های رخساره های روداسه این سازند است.

(الیگو-میوسن)، جورشدگی ضعیف و بلوغ بافتی بد بیشتر رخساره ها (جدول ۱) عامل اصلی تغییرات غیراساسی دیاژنتیک در نظر می گیرد (امینی، ۱۳۸۴). با این وجود، تغییرات جزئی دیاژنتیک در بررسی مشخصه های انفرادی اجزاء آواری و تعیین درصد فراوانی آنها لحاظ شده اند. این موضوع در مقاله ای جداگانه مورد بررسی قرار گرفت (Amini, 2011). این وضعیت در مورد جغرافیای دیرینه این سازندها نیز صادق است. به عبارت دیگر، سازندهای مورد مطالعه در حال حاضر در موقعیت جغرافیایی کم و بیش مشابه با موقعیت جغرافیایی زمان رسوب گذاری خود قرار دارند و اصلاحات مربوط به جغرافیای دیرینه در مورد آنها ضرورت پیدا نمی کند (امینی، ۱۳۸۴، Amini, 1997). تغییرات مختصر جغرافیایی، مثل ارتباط دریای خزر (پاراتتیس آنزمان) با دریای آزاد در زمان رسوب گذاری سازند زیور در دلتای مرتبط با این دریا (Amini, 2006)، در تجزیه و تحلیل خاستگاه آن مورد توجه قرار گرفته است. کانی های سنگین موجود در هر دو سازند به کانی های آهن و تیتانیم و کانی های فرومنیزین محدود است و حضور اندک کانی های سنگین دیگر همراه با هوازدگی قبل از فرسایش یا تغییرات در حین حمل و نقل یا بعد از رسوب گذاری آنها (که تفکیک آنها به دلیل فراوانی اندک میسر نشد) باعث

A)



B)

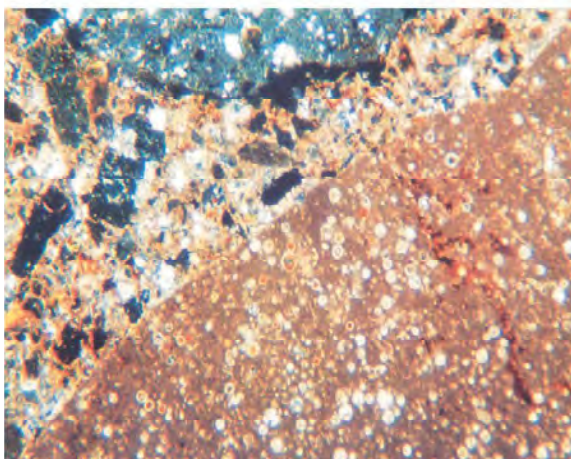


شکل ۴. نمونه هایی از قطعات خرده سنگی فسیل میوزیپسینوئیدس (Mg)، جلبک قرمز لیتوتامنیوم (Re)، خرده های اسکلتی دوکفه ای (Bi) و قطعات آندزیتی با بافت آفانتیک پرفیریک (Lv)، (B) و قطعات خرده سنگی فسیل اپرکولینوئیدس (Op)، اکینودرم (Ec)، چرت (Ch) و قطعات آتشفشانی با بافت جریان (Lv)، (A) در رخساره های کنگلومرای سازند سرخ بالایی که بیانگر سنگ های کربناته سازند قم و سنگ های آتشفشانی ائوسن در خاستگاه این سازند هستند (Amini, 1997)

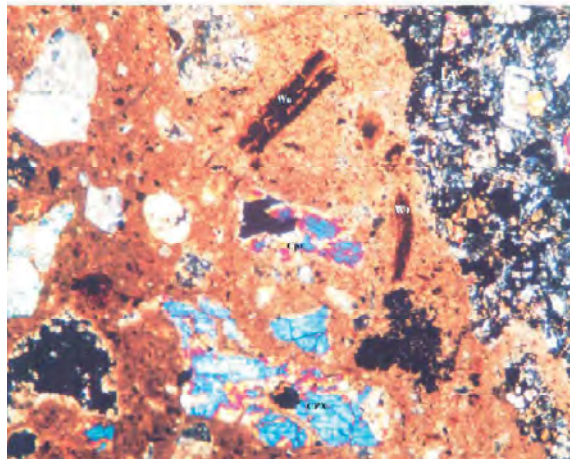
قطعات در مراحل اولیهٔ دیاژنز را نشان می‌دهد (شکل ۵ چپ). حضور خرده‌های چوب در این نوع رخساره‌ها (شکل ۵ چپ) علاوه بر کمک در تفسیر شرایط ته‌نشست نشان می‌دهد که خاستگاه بخشی از ذرات سازنده این رخساره‌ها از پهنهٔ دلتا یا دشت سیلابی حاشیه کانال حمل‌کننده ذرات هستند (برای جزئیات مراجعه شود به: Amini, 2006).

در رخساره‌های دانه درشت سازند زیور نیز به‌راحتی قطعات خرده‌سنگی کربناته با فسیل‌های گلوبیژرینا (مشخصه کرتاسه) در کنار قطعات خرده‌سنگی آتشفشانی با بلورهای درشت از کانی‌های پیروکسن قابل شناسایی است (شکل ۵ راست). حضور کانی‌های منفرد پیروکسن در خمیره‌ای از خاکستر آتشفشانی (آذراواری)، از هم‌پاشیدگی این نوع

A)



B)

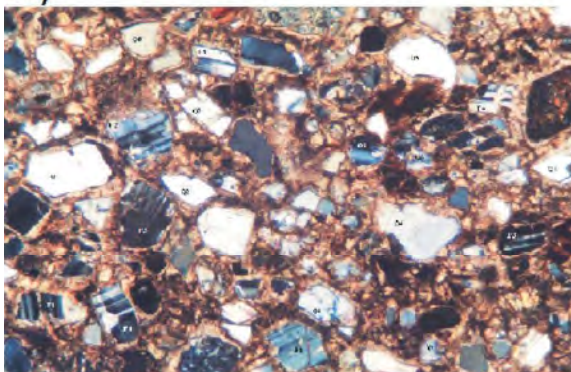


شکل ۵. A) حضور قطعه خرده‌سنگی کربناته با فسیل گلوبیژرینا در کنار قطعات خرده‌سنگی آتشفشانی، B) قطعات آتشفشانی حاوی بلورهای درشت پیروکسن (LV) و کانی‌های منفرد پیروکسن (CPX) و خرده‌های چوب (W0) در خمیره‌ای از خاکستر آتشفشانی (آذراواری) در رخساره‌های سازند زیور دشت مغان (امینی، ۱۳۸۴)

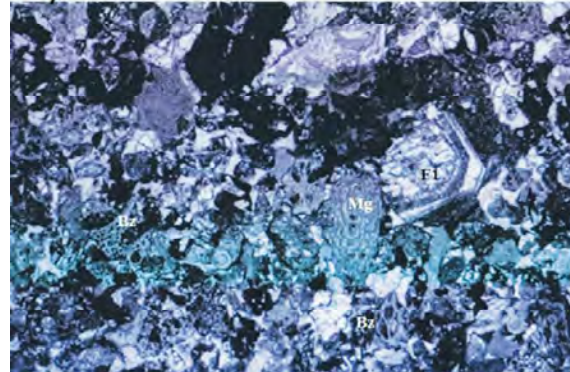
ادخال‌های سیال در آنها (شکل ۶)، در کنار ترکیب، ماکل و پهنه‌بندی در فلدسپارها (شکل‌های ۶ و ۷) از پارامترهای بودند که در رخساره‌های کنگلومرایی و ماسه‌سنگ‌های دانه درشت برای تعیین خاستگاه مورد استفاده قرار گرفتند.

علاوه بر قطعات خرده‌سنگی، به‌عنوان نماینده‌ای از سنگ مادر در سازندهای مورد مطالعه، حضور ذرات آواری و خودشکل کوارتز، وجود خوردگی‌های خلیجی شکل در آنها، درجه چند بلوری و نوع و میزان خاموشی ذرات کوارتز، حضور

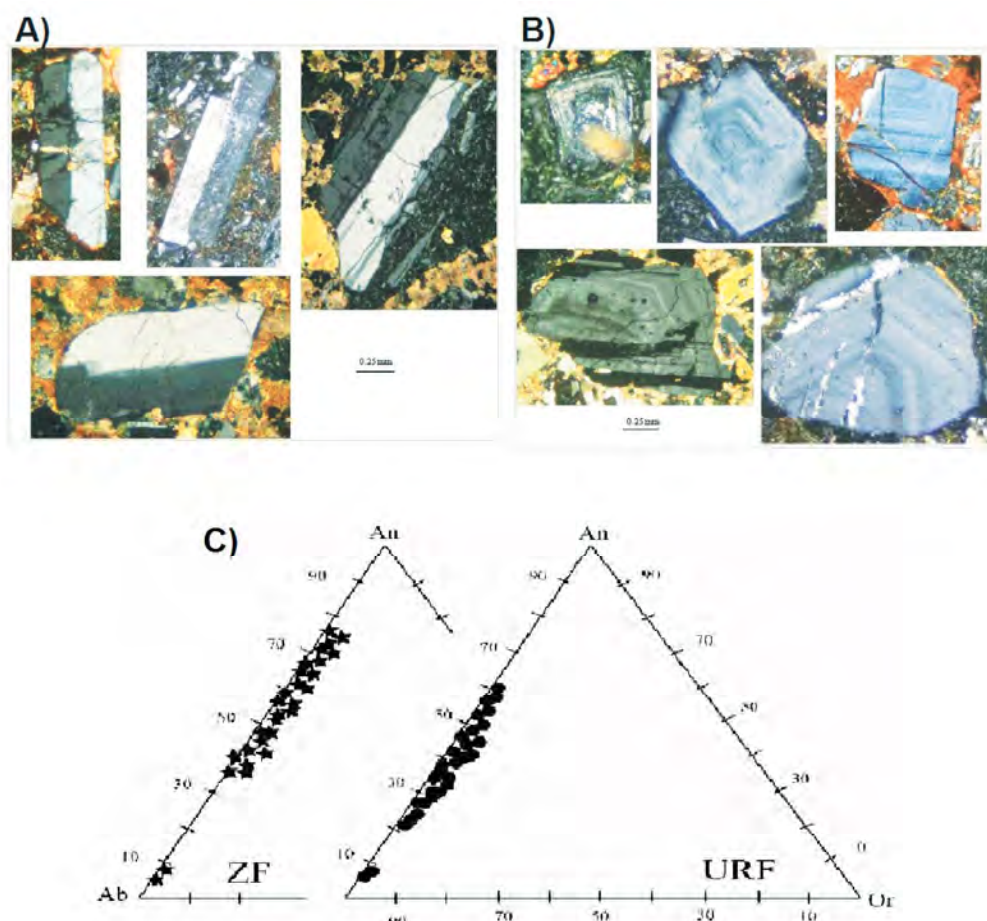
A)



B)



شکل ۶. A) نمونه‌ای از شکل بلوری (Q1، Q2)، خوردگی‌های خلیجی شکل (Q1)، ماهیت خاموشی (Q6)، فراوانی و نوع ادخال‌ها (Q4) و درجه چندبلوری (Q1-Q5) در کوارتزهای خشکی‌زاد سازند زیور که به‌عنوان پارامترهایی در تعیین خاستگاه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، B) مثالی از ظهور هم‌زمان فلدسپار زونه (F1) از خاستگاه آتشفشانی در کنار خرده‌های فسیلی میوزوپسیپونئیدس (Mg) و بریوزوئر (Bz) از خاستگاه کربناته در رخساره‌های سازند سرخ بالایی (Amini, 1997)



شکل ۷. فراوانی و نوع ماکل، (A) ماهیت پهنه‌بندی، (B) ترکیب شیمیایی، (C) از پارامترهای اصلی مورد استفاده در تعیین خاستگاه فلدسپارهای سازندهای سرخ بالایی (URF) و زیور (ZF) (Amini, 2011)

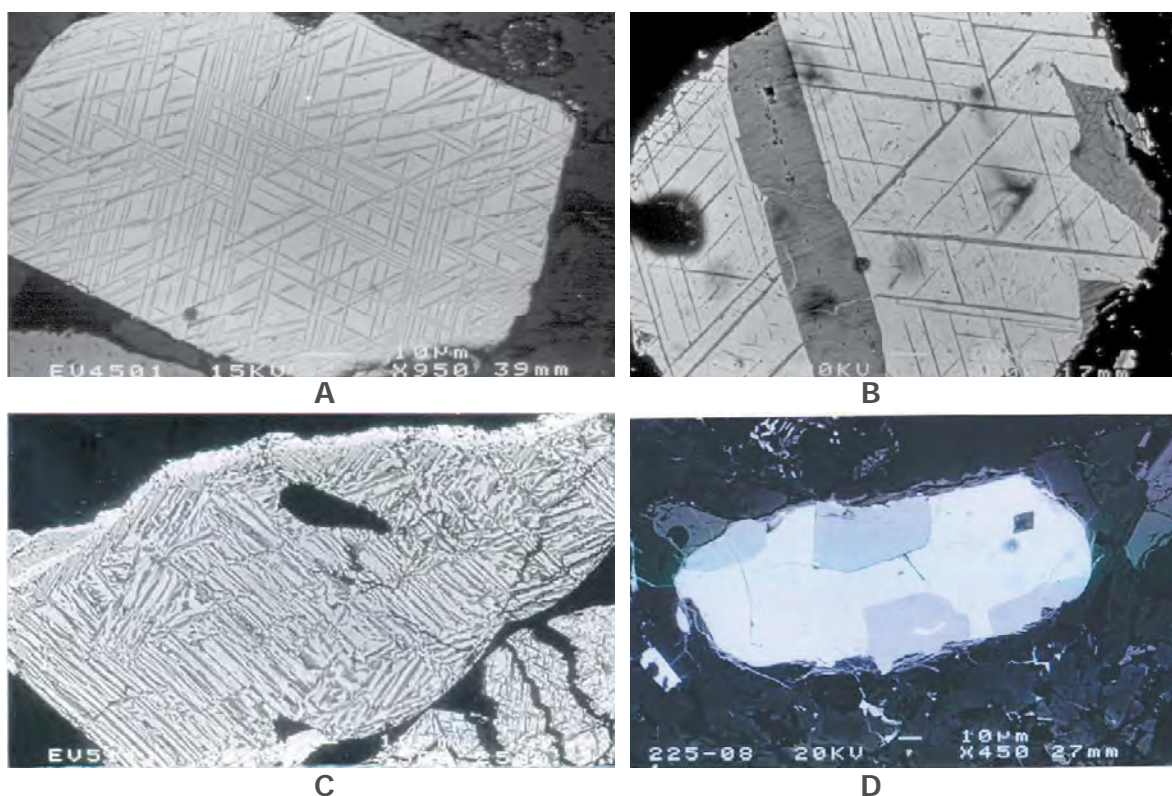
از نظر بافتی چهار نوع اصلی بافت شامل بافت شبکه‌ای، ساندویچی، مرکب و بافت درهم‌تنیده در آنها دیده می‌شود که فراوانی این بافت‌ها در رخساره‌های مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. مثال‌هایی از تصاویر میکروسکوپ الکترونی این نوع بافت‌ها در شکل ۸ ارائه شده است. به دلیل گستردگی و تنوع این نوع بافت‌ها در رخساره‌های مورد مطالعه و کاربرد اساسی آنها در تعیین خاستگاه موضوع در مقاله جداگانه‌ای بحث شده است (Amini and Anketell, 2015).

کانی‌های Fe-Ti؛ از مجموعه کانی‌های تیره و کانی‌های سنگین، با فراوانی قابل توجه در رخساره‌های مورد مطالعه (Amini and Anketell, 2015) از پارامترهای موثر در تعیین خاستگاه تشخیص داده شدند. مشخصات بافتی این کانی‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و ژئوشیمیایی (شامل عناصر اصلی و فرعی) آنها با استفاده از فلورسانس پرتو ایکس (XRF) اطلاعات با ارزشی در مورد خاستگاه آنها ارائه کرد. کانی‌های این مجموعه شامل هماتیت، مانیتیت، تیتانومانیتیت، ایلمنیت، سودوبروکیت و روتیل می‌باشد برخی مثل روتیل به صورت منفرد و همگن و برخی (مثل ایلمنیت و تیتانومنیتیت) به دلیل رشد هم‌زمان در زمان تبلور سنگ مادر تشکیل سری محلول جامد گسترده‌ای را داده‌اند.

1. Trellis type (TT)
2. Sandwich type (ST)
3. Composite type (CT)
4. Not Distinct Pattern (NDP)

جدول ۳. فراوانی بافت‌های اصلی کانی‌های Fe-Ti در نمونه‌های حاشیه شمالی و جنوبی حوضه سازند سرخ بالایی (Amini and Anketell, 2015)

نوع بافت	درصد فراوانی در حاشیه شمالی حوضه	درصد فراوانی در حاشیه جنوبی حوضه	متوسط درصد فراوانی
شبه‌کله‌ای (TT)	۴۶	۴۳	۴۴
ساندویچی (ST)	۱۱	۸	۱۰
مرکب (CT)	۳	۴	۳
درهم‌تنیده (NDP)	ناچیز	۲	۱
ST+TT	۱	۱	۱
TT+ST+CT	۱	۱	۱
CT/(CT+TT)	/۰۶۱	/۰۸۵	/۰۶۴

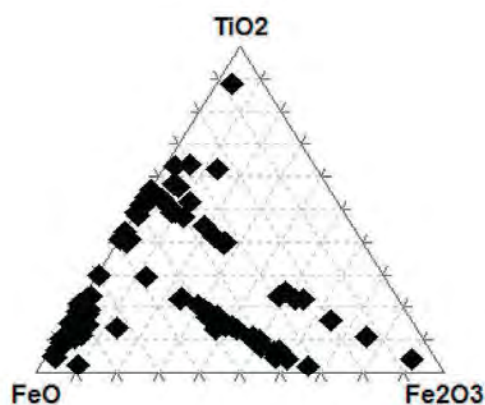


شکل ۸. تصویر میکروسکوپ الکترونی از تنوع بافت در سری محلول جامد کانی‌های Fe-Ti سازند سرخ بالایی که به‌عنوان پارامترهای موثر در تعیین خاستگاه مورد استفاده قرار گرفت

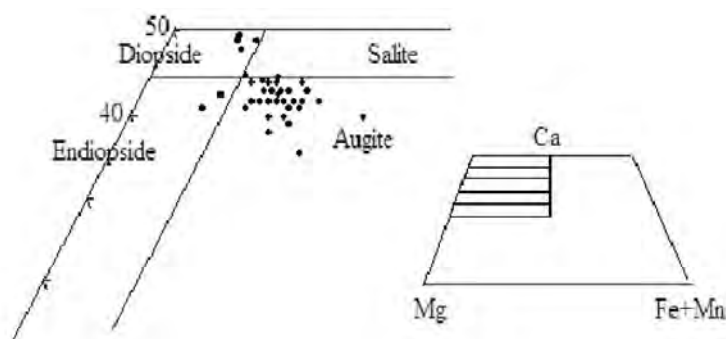
A= trellis type, b= sandwich type, c= composite type, d= NDP type. (Amini and Anketell, 2015)

نتایج حاصل از پتروگرافی رخساره‌های حاوی کانی‌های فرومنیزین، برتری کانی‌های گروه پیروکسن در هر دو سازند را نشان می‌دهد. رسم نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی عناصر اصلی این کانی‌ها در دیاگرام Ca, Mg, Fe+Mn ترکیب شیمیایی اوژیت، دیوپسید، اندیوپسید، ولاستونیت، آنستاتیت و فروسیلیت را برای این کانی‌ها مشخص می‌سازد (شکل ۱۰). رسیم نسبت Ti به Ca+Na، Al به Ti، Si و FeO/Mgo به SiO₂ تا کالک‌آلکان تا کالک‌آلکان

از نظر ترکیب، نتایج حاصل از بررسی‌های ژئوشیمیایی حضور کانی‌های مانیتیت، همتایت، ایلمنیت، روتیل، سودوپروکیت و تیتانومانیتیت را در نمونه‌های مورد مطالعه مشخص کرده است که به دلیل تشکیل سری محلول جامد و به پیروی از روش‌های متداول در منابع پایه‌ای پترولوژی (برای مثال: Haggerty, 1976 a,b) این نتایج در نمودارهای سه تایی (TiO₂-FeO-Fe₂O₃) نمایش داده شده‌اند (شکل ۹).



شکل ۹. نمونه‌هایی از ترکیب شیمیایی کانی‌های آهن و تیتانیوم دار از مجموعه کانی‌های تیره مورد مطالعه. به پیروی از منابع مرجع پترولوژی (برای مثال: Haggerty 1976 a,b) مقادیر MgO, MnO, ZnO موجود در نمونه‌ها به قطب FeO و مقادیر Al_2O_3 و Cr_2O_3 موجود در آنها به قطب Fe_2O_3 اضافه شده است. هر مربع در نمودار میانگین اندازه‌گیری ترکیب ۱۰ تا ۳۰ دانه آواری است (Amini and Anketell, 2015; Amini, 1997)



شکل ۱۰. نماینده‌هایی از ترکیب شیمیایی کانی‌های فرومنیزین موجود در نمونه‌های مورد مطالعه در مثلث استاندارد Ca, Mg, Fe+Mn (نمودارهای استاندارد از Morton, 1991 و داده‌ها از Amini, 1997)

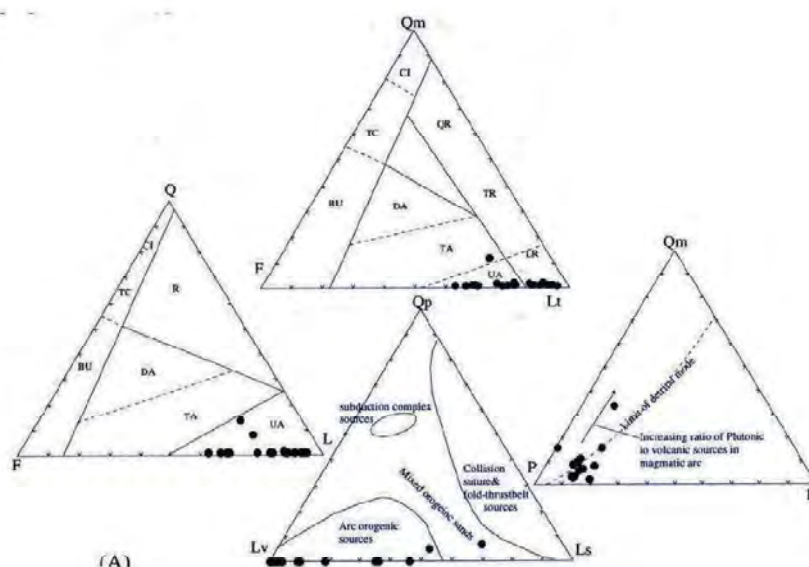
است. بر اساس آنچه در روش‌های مطالعه نیز ذکر شد تعیین درصد فراوانی این اجزاء با تکیه بر روش گزی-دیکنسون^۱ بوده و اختصاص ذرات مورد شمارش به قطب مناسب در مثلث مربوطه (QFL , $QmFL$, Q_mPK , $Q_pL_vL_s$) صورت گرفته است. (Ingersoll et al., 1984; Pettijohn et al., 1987). در تمام این مراحل تفکیک ذرات خرده سنگی درون حوضه‌ای از انواع خشکی‌زاد مورد توجه دقیق بوده است. در شمارش کانی‌های محصور در یک خرده سنگ (به‌عنوان مثال کانی فلدسپار موجود در یک خرده سنگ آتشفشانی با بافت آفانتیک پر فیبریک) به تبعیت از روش گزی-دیکنسون کانی مورد اصابت با نقطه شمار ملاک شمارش قرار گرفته است (Ingersoll et al., 1984; Zuffa, 1985). نتایج حاصل از بررسی ترکیب مودال رخساره‌های ماسه سنگی مورد مطالعه در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است.

برای کانی‌های فرومنیزین سازند سرخ بالایی و ماهیت کالک‌آلکالن برای کانی‌های فرومنیزین سازند زیور را به‌خوبی نشان می‌دهد (برای جزئیات مراجعه شود به: امینی، ۱۳۸۴ و Amini, 1997). تفاوت کانی‌های فرومنیزین این دو سازند حضور دیوپسید، اندیوپسید و اوژیت با برتری اوژیت در سازند سرخ بالایی و حضور ولاستونیت، آنستاتیت و فروسیلیت با برتری ولاستونیت در سازند زیور است (امینی، ۱۳۸۴، Jafarzadeh et al., 2014 a,b).

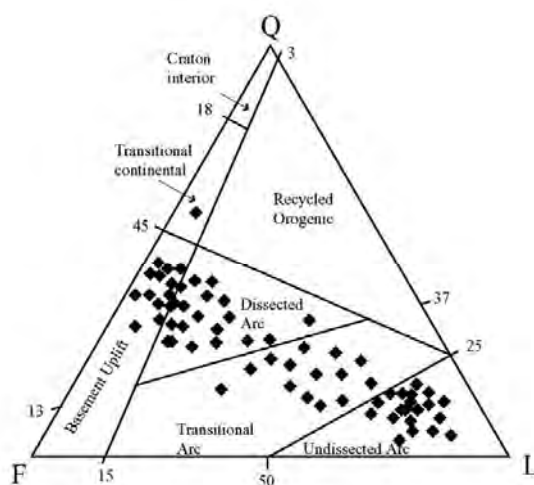
رخساره‌های آواری دانه متوسط

علاوه بر مشخصات اجزاء آواری رخساره‌های دانه متوسط، مشابه روش‌هایی که برای رخساره‌های دانه درشت استفاده شد، تکیه اصلی در تعیین خاستگاه این رخساره‌ها بر ترکیب مودال آنها یا درصد فراوانی سازندگان اصلی چارچوب (Q , F , L , Q_m , Q_p , K , P , L_s , L_m , L_v , L_{sh} , L_c) بوده

1. Gazzi-Dickinson Method



شکل ۱۱. ترکیب مودال ماسه سنگ‌های سازند سرخ بالایی در مثلث‌های استاندارد، Dickinson (1985)، Dickinson and Suczek (1979)، Pettijohn et al. (1987) و Zuffa (1985) (شکل‌ها با تغییرات از: Amini, 1997)



شکل ۱۲. ترکیب مودال ماسه سنگ‌های سازند زیور در مثلث استاندارد (Dickinson (1985) Amini, 2006)

رخساره‌های آواری دانه‌ریز

(Potter et al., 2005) تاکید می‌شود. گاهی از عناصر ردیاب موجود در این سنگ‌ها نیز در تعیین خاستگاه استفاده شده است (McLennan et al., 1993). محدودیت اصلی استفاده از ترکیب کل سنگ (شیمیایی یا کانی‌شناختی) یا عناصر ردیاب در تعیین خاستگاه نبود امکان تفکیک محصولات دیاژنتیک از انواع رسوبی در آنها است، با علم بر اینکه عناصر اضافه شده به ترکیب سنگ در محیط دیاژنز هیچ نقشی در تعیین خاستگاه ندارند. با

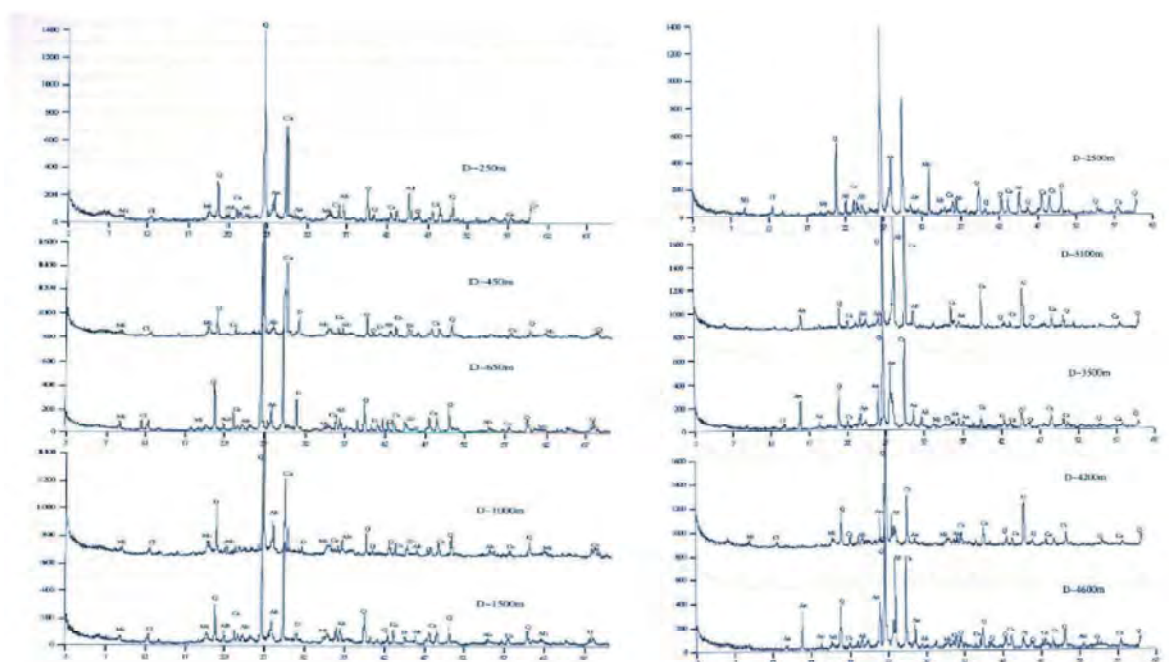
مهم‌ترین و قابل اطمینان‌ترین روش در تعیین خاستگاه رخساره‌های آواری دانه‌ریز تکیه بر ترکیب کانی‌شناسی/ شیمیایی کل سنگ می‌باشد (Bhatia, 1985; Potter et al., 2005). با این وجود، روش فوق در مقایسه با روش‌های مورد استفاده در رخساره‌های دانه متوسط و دانه درشت از ضریب اطمینان بسیار کمتری برخوردار است. در استفاده از ترکیب کلی سنگ گاهی بر روی ترکیب شیمیایی (Bhatia, 1985) و گاهی بر روی ترکیب کانی‌شناسی

1. Bulk composition

استفاده شده است. در مطالعه رخساره‌های دانه‌ریز سازند سرخ بالایی تکیه بر ترکیب کانی‌شناسی (شکل ۱۳) و در مطالعه رخساره‌های دانه‌ریز سازند زیور تکیه بر ترکیب شیمیایی و عناصر ردیاب بوده است (جدول ۴). علاوه بر این از روش تلفیقی پیشنهادی مورتون و همکاران نیز در تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شده است.

توجه به این محدودیت در مطالعه توالی‌های آواری حاوی رخساره‌های دانه‌ریز استفاده از روش‌های تلفیقی مناسب‌تر است (Morton et al., 2012).

در این مطالعه ضمن توجه به همبستگی/عدم همبستگی زایشی رخساره‌های آواری دانه‌ریز با رخساره‌های دانه متوسط و دانه درشت از هر سه روش پیشنهادی (Bhatia, 1985; McLennan et al., 1993; Potter et al., 2005).



شکل ۱۳. نمونه‌هایی از ترکیب کانی‌شناسی رخساره‌های دانه‌ریز سازند سرخ بالایی بر اساس آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD). رس=Cl، میکا=M، کوارتز=Q، کلسیت=Ca، آلبیت=Ab، دولومیت=D، آنالسیم=An، دی‌اکسید منگنز=Mn (Amini, 1997)

جدول ۴. نمونه‌هایی از ترکیب شیمیایی (بالا: عناصر اصلی، پایین: عناصر کمیاب) رخساره‌های دانه‌ریز سازند زیور بر اساس آنالیز فلئورسانس پرتو ایکس (Jafarzadeh et al., 2014a)

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
2711 SH	46.02	17.08	10.47	0.08	4.47	2.26	3.45	1.18	1.64 ^a	0.87
2031 SH	51.60	17.84	7.12	0.10	3.69	2.13	2.62	1.18	0.33	0.87
4275 SH	53.45	17.74	6.72	0.06	0.91	3.32	3.34	1.60	0.20	0.87
4133 SH	50.36	17.07	5.22	0.19 ^a	7.16	1.40	4.20	1.91	0.24	0.68
1993 SH	52.19	18.32	6.24	0.06	2.40	2.20	3.60	2.36	0.21	1.00
C6 B1 SH	47.09	15.58	9.99	0.05	0.86	2.50	2.30	1.57	0.19	0.71
C13 B4a SH	53.25	15.31	7.75	0.06	0.76	2.95	2.44	1.70	0.14	0.76
C7 B2b SH	57.13	15.77	7.52	0.09	0.67	2.98	2.25	2.10	0.22	0.83
C7 B3a SH	55.80	16.48	7.29	0.11	0.69	3.04	2.47	2.04	0.13	0.82
Number of shale samples	9	9	9	8	9	9	9	9	8	9
Mean	51.88	16.80	7.59	0.076	2.40	2.53	2.96	1.738	0.208	0.823
Standard deviation	3.66	1.08	1.68	0.022	2.29	0.60	0.70	0.405	0.062	0.097

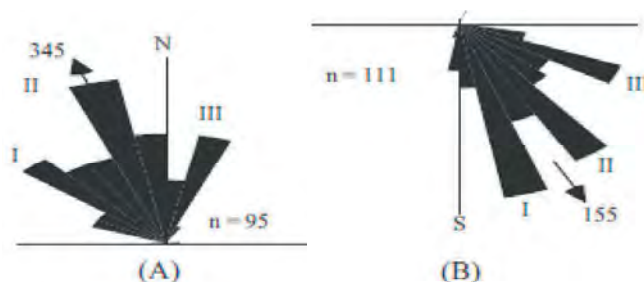
ادامه جدول ۴.

Sample	Nb	Zr	Y	Sr	Rb	Ba	Ni	Co	Cr	V	Cs	Hf	Sc	Th	U	Ta
2711 SH	18.8	227.8	37.9	1415.4	141.7	579	39.4	16.4	75.25	144	8.0	4.8	18	12.8	4.7	1.1
2031 SH	22.2	226.3	28.2	281.8	92.9	331	60.6	15.4	109.46	164	4.5	6.2 ^a	17	15.5	5.0	1.2
4275 SH	12.6	181.9	18.1	263.0	95.9	398	46.4	23.8	75.25	180	4.8	3.6	18	10.9	3.9	0.8
4133 SH	21.1	152.4	18.7	1905.7	116.9	741	27.6	10.6	75.25	102	3.3	4.0	9	10.9	3.2	0.7
1993 SH	19.5	191.4	28.2	541.9	103.7	581	37.6	11.9	136.82	168	6.7	4.3	20 ^a	11.3	6.7	1.2
C6 B1 SH	15.0	146.0	25.4	360.4	78.6	316	114.2	28.0	102.61	223 ^a	5.3	3.9	17	11.2	19.8	0.7
C13 B4a SH	12.5	139.1	24.3	276.4	77.4	222	92.3	27.0	150.50	170	4.8	3.9	18	10.2	11.8	0.7
C7 B2b SH	16.5	176.3	29.3	316.7	68.2	472	99.2	24.2	184.71	172	4.5	4.0	18	7.6	10.9	0.7
C7 B3a SH	16.6	169.3	23.3	357.9	73.2	307	94.4	22.8	164.19	174	4.4	4.6	17	12.2	11.4	0.9
Number of shale samples	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9	8	8	9	9	9
Mean	17.20	178.9	25.9	640	94.3	239	68.0	20.0	119.3	159.2	5.14	4.138	17.57	11.40	8.6	0.88
Standard deviation	3.48	32.2	6.0	600	23.7	168	32.2	6.5	41.5	25.5	1.40	0.400	0.53	2.12	5.4	0.22

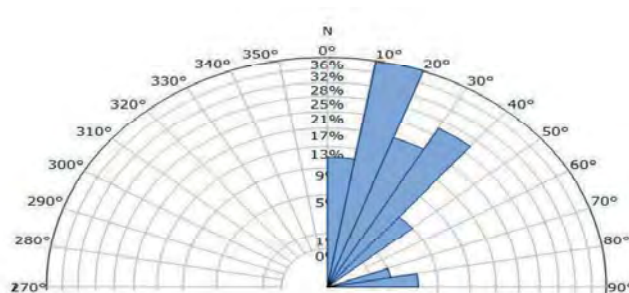
جهت جریان‌های دیرینه

شده است به طوری که جهت اصلی ورود رسوبات در حاشیه شمالی از شمال-غربی و در حاشیه جنوبی از جنوب تا جنوب شرقی به دست آمده است (شکل ۱۴). این اندازه‌گیری‌ها جهت اصلی ورود رسوبات به محل رسوب‌گذاری در سازند زیور را از جنوب تا جنوب غربی نشان می‌دهد. یک جریان فرعی از غرب به شرق نیز در این اندازه‌گیری‌ها ثبت شده است (شکل ۱۵).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری جهت جریان‌های دیرینه بر روی ساخت‌های مشخص‌کننده جهت و راستا در طول توالی‌های رسوبی سازندهای مورد مطالعه در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نشان داده شده است. این اندازه‌گیری‌ها در روی سازند سرخ بالایی به دلیل ماهیت متفاوت جهت ورود رسوبات در دو حاشیه شمالی و جنوبی محیط رسوبی آن اندازه‌گیری



شکل ۱۴. طرح جهت جریان‌های دیرینه سازند سرخ بالایی در حاشیه جنوبی، (A) شمالی (B) حوضه که مسیر ورود ذرات سازنده رخساره‌های مورد مطالعه به محل رسوب‌گذاری را نشان می‌دهند (Amini, 1997)



شکل ۱۵. طرح جهت جریان‌های دیرینه سازند زیور که نشان‌دهنده جهت جریان اصلی از جنوب تا جنوب غربی و یک جریان فرعی از غرب به شرق می‌باشد (داده‌ها از امینی، ۱۳۸۴)

1. Single ended
2. Double ended

نتیجه‌گیری

می‌کنند. قطعات کربناته با فسفیل پلانکتونیک گلوبیژرینا (شکل ۵ راست) بی‌شک به حضور سنگ‌آهک کرتاسه در خاستگاه دلالت دارند. قطعات خرده‌سنگی شیلی (شکل ۲) در این رخساره‌ها نقش سازنده‌های شیلی پهنه در تامین رسوب به محیط رسوبی سازند زیور را نشان می‌دهند. ماهیت رسوب‌شناسی این قطعات در مقایسه با سازنده‌های شیلی پهنه و اندازه آنها این نقش را به سازند اجاق قشلاق (اوسن) منحصر می‌کند.

حضور فسفیل‌های کامل نومولیتس^۱ و میوژیپسینوئیدس^۲ در کنار فلدسپارهای تجزیه نشده با منطقه‌بندی مشخص (از منشاء آذرآواری) (شکل ۶ چپ) نقش افق‌های آذرآواری موجود در راس سازند قم و پهنه تدریجی بین سازند قم و سازند سرخ بالایی (Amini, 1997) را به‌عنوان خاستگاه بخشی از رخساره‌های این سازند آشکار می‌سازد.

فراوانی قطعات گل در رخساره‌های سازند سرخ بالایی و قطعات شیل و کربناته در رخساره‌های سازند زیور (شکل‌های ۲ و ۳) به نقش دشت سیلابی (در سازند سرخ بالایی) و پهنه دلتا (در سازند زیور) در تامین رسوب به محل رسوب‌گذاری این رخساره‌ها اشاره می‌کند. این ذرات ضمن کمک به فهم دقیق‌تر خاستگاه، در بازسازی شرایط محیطی و شناسایی ناپیوستگی در توالی‌های مورد مطالعه این سازندها سهم بسزایی دارند (Amini, 1997, 2006). حضور این قطعات گل از فرسایش یک افق دانه‌ریز (گل‌سنگ یا شیل) قبل از رسوب‌گذاری ماسه‌سنگ/کنگومرای در برگیرنده، در نتیجه گسترش ناپیوستگی فرسایشی، حکایت دارد.

وجود قطعات خرده‌سنگی چرت (Lch) گرد شده همراه قطعات آتشفشانی و خرده‌های فسیلی (شکل ۴ چپ) به نقش موثر عضو F سازند قم (امینی، ۱۳۷۰) در تامین رسوب به محیط رسوبی توالی مورد مطالعه اشاره دارد.

وجود خرده‌های چوب همراه کانی‌های فرومنیزین و قطعات آتشفشانی در رخساره‌های کنگومرای سازند زیور (شکل ۵ چپ) به محیط رسوب‌گذاری این رخساره‌ها

قطعات خرده‌سنگی موجود در رخساره‌های دانه درشت (کنگومراها و ماسه‌سنگ‌های درشت) از مفیدترین اجزاء آواری در تعیین خاستگاه می‌باشند. این اجزاء به‌عنوان نماینده‌ای از سنگ مادر درون رخساره مورد مطالعه، اطلاعات بسیار با ارزش با ضریب اطمینان بالای ۹۵ درصد در مورد خاستگاه ارائه می‌دهند. بر این اساس در مطالعات خاستگاه اولویت اصلی بر روی این ذرات متمرکز است.

در سازند سرخ بالایی، حضور قطعات آتشفشانی با بافت جریانی و آفانتیک پرفیریک (شکل ۴) و ترکیب فلدسپارهای محصور در این قطعات (آندزین) وجود یک سنگ مادر آتشفشانی با ترکیب آندزیتی در منطقه خاستگاه را نشان می‌دهند. حضور قطعات آندزیت در برخی کنگومراها به‌راحتی قابل تشخیص است (شکل ۴). خرده‌های اسکلتی مربوط به جلبک قرمز (لیتوتامنیم)، اپرکولینوئیدس و میوژیپسینوئیدس (شکل ۴) هم از نقش افق‌های کربناته سازند قم با سن اکی‌تائین (بیشتر عضو F) در تامین رسوب به محل رسوب‌گذاری سازند سرخ بالایی حکایت دارند. به نظر می‌رسد که فرسایش واحدهای مارنی همراه این افق‌های کربناته در سازند قم، بیشتر به‌صورت خمیره رخساره‌های دانه درشت یا رخساره‌های گل‌سنگی در توالی سازند قرمز فوقانی تظاهر یافته است. این همبستگی زایشی بین رخساره‌های گل‌سنگی و کنگومرای سازند سرخ بالایی در مطالعات صحرایی به‌خوبی قابل درک است (Amini, 1997). این موضوع همچنین از حضور برخی خرده‌های اسکلتی مربوط به فرامینیفرای پلانکتونیک در خمیره برخی رخساره‌های دانه درشت قابل نتیجه‌گیری است.

قطعات خرده‌سنگی آتشفشانی در رخساره‌های دانه درشت سازند زیور حاوی زمینه میکرولیتی با فنوکریست‌های درشت و لاستونیت، انستاتیت تا فروسیلیت (شکل ۵) معرف حضور یک سنگ آتشفشانی بازیک در خاستگاه این سازند هستند. کانی‌های پیروکسن پراکنده در زمینه برخی رخساره‌های این سازند (شکل ۵ چپ) به ازهم‌پاشیدگی این قطعات آتشفشانی منتسب می‌شود، بنابراین این کانی‌ها نیز به یک سنگ مادر آتشفشانی بازیک در خاستگاه اشاره

1. Nummulites

2. Miogypsinoides

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی کانی‌های فرومنیزین (شکل ۱۰) ماهیت آلکان تا کالک-آلکان برای سنگ مادر رخساره‌های هر دو سازند قابل فهم است. بر اساس یافته‌های حاصل از مطالعه این کانی‌ها، سنگ‌های آتشفشانی تغذیه‌کننده محیط رسوبی سازند سرخ بالایی ترکیب حدواسط تا بازیک (بیشتر آلکان) و انواع مربوط با سازند زیور ترکیب بازیک (بیشتر کالکو-آلکان) داشته‌اند. مقایسه کانی‌های Fe-Ti و فرومنیزین دو سازند مورد مطالعه ماهیت اسیدی‌تر سنگ‌های آتشفشانی خاستگاه سازند سرخ بالایی را نسبت به انواع مشابه در خاستگاه زیور را مشخص می‌سازد. فراوانی کمتر این کانی‌ها در سازند زیور به شرایط مساعدتر محیط حمل و نقل برای تجزیه (دلتا) در مقایسه با سازند سرخ بالایی (رودخانه گیسوبی) نیز مربوط است. نتایج حاصل از بررسی ترکیب مودال رخساره‌های ماسه‌سنگی سازند سرخ بالایی (شکل ۱۱) نشان می‌دهد، یک کمر بند آتشفشانی قدیمی (فرسایش یافته) تامین‌کننده اصلی رسوب در خاستگاه این سازند بوده است. این یافته نقش اصلی کمر بند ولکانیکی ائوسن در حاشیه غرب تا جنوب غربی این حوضه را در تامین رسوب نشان می‌دهد. پراکندگی برخی ذرات در مثلث‌های استاندارد در کمر بند حد واسط به نقش فرعی سنگ‌های آذرآواری در راس سازند قم مربوط است (Amini, 1997).

نتایج حاصل از بررسی ترکیب مودال رخساره‌های ماسه‌سنگی سازند زیور (شکل ۱۲) حضور سنگ‌های آتشفشانی قدیمی (فرسایش یافته)، حدواسط و کمر بند جوان^۲ در خاستگاه این سازند را نشان می‌دهند. این یافته نقش موثر بازالت پشتاسر و سنگ‌های آتشفشانی تالش-قفقاز را تامین رسوب به محیط رسوب‌گذاری این سازند مشخص می‌سازد. پراکندگی نتایج مربوط به ترکیب مودال رخساره‌های دانه متوسط سازند زیور ناپایداری بیشتر سنگ‌های آتشفشانی منطقه خاستگاه (ترکیب بازیک‌تر) و شرایط مساعدتر محیط حمل و نقل (دلتایی) برای تجزیه را آشکار می‌سازد.

(پهنه دلتا-امینی ۱۳۸۴ و Amini, 2006) مربوط است. به عبارت دیگر این ذرات، گرچه آواری می‌باشند، اما در تعیین خاستگاه سهمی ندارند.

ماهیت دانه‌های کوارتز (شکل اتومورف، خوردگی خلیجی شکل، نوع خاموشی و حضور ادخال‌های سیال) (شکل ۶) وجود یک سنگ مادر آتشفشانی غنی از سیلیس (حد واسط تا اسیدی) در خاستگاه سازند سرخ بالایی را مسلم می‌سازد. فراوانی کم این کانی در رخساره‌های سازند زیور به ماهیت فقیر از سیلیس سنگ‌های آتشفشانی منطقه خاستگاه (حدواسط تا بازیک) مربوط است. فراوانی ماکل تکراری، حضور ماکل کارلسباد، فراوانی فلدسپارهای زونه در رخساره‌های سازند سرخ بالایی (شکل ۷ بالا) نیز معرف خاستگاه آتشفشانی آنهاست. ترکیب کانی‌شناسی فلدسپارهای این سازند (الیگوکلاز-آندزین) (شکل ۷ پایین) ترکیب حدواسط (آندزیتی) این سنگ مادر آتشفشانی را مشخص می‌سازد. در رخساره‌های سازند زیور، فلدسپارها فراوانی کمتری دارند (مقایسه جدول‌های ۱ و ۲) و به دلیل دگرسانی بیشتر (معلول ناپایداری بیشتر آنها) ماهیت زونه و ماکل در آنها مشاهده نمی‌شود. ترکیب کانی‌شناسی فلدسپارهای این سازند در گستره آندزین-لابرادور است (شکل ۷ پایین). بر این اساس وجود یک سنگ مادر آتشفشانی با ترکیب حد واسط تا بازیک (بازالت) در خاستگاه سازند زیور ثابت می‌شود. طبیعی است که علاوه بر ترکیب کانی‌شناختی، شرایط حمل و نقل و محیط رسوب‌گذاری متفاوت (Amini, 1997, 2006) نیز در تفاوت فراوانی این دو کانی در سازندهای مورد مطالعه موثر است. مقایسه مشخصات بافتی (شکل ۸) و ترکیب کانی‌شناختی (شکل ۹) کانی‌های Fe-Ti با کانی‌های تیره توصیف شده در پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی (Haggerety, 1976 a,b) حضور یک سنگ آتشفشانی آلکان در خاستگاه رخساره‌های سازند سرخ بالایی را نشان می‌دهد. بافت این کانی‌ها در رخساره‌های سازند زیور به خوبی سازند سرخ بالایی حفظ نشده که دلایل آن ماهیت سنگ مادر (بازالت) و دگرسانی بیشتر آنها در حین حمل و نقل در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب‌تر (امینی، ۱۳۸۴، Amini, 2006) بوده است.

1. Dissected arc
2. Undissected arc

اصلی، فرعی و کمیاب به طور کامل در مقالاتی جداگانه‌ای بحث شده است (Jafarzadeh et al., 2014 a,b).

تلفیق یافته‌های حاصل از بررسی رخساره‌های دانه‌درشت، دانه‌متوسط و دانه‌ریز سازند سرخ بالایی با طرح جهت جریان‌های دیرینه این سازند (شکل ۱۴) نشان می‌دهد سنگ‌های مادر تأمین‌کننده رسوب به محیط رسوب‌گذاری آن در حاشیه جنوبی حوضه در جنوب و جنوب‌غربی آن گسترش داشته‌اند. این موضوع، با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه، نقش اصلی کمربند ولکانیکی ائوسن و سازند قم و نقش محلی سنگ‌های آذرآواری راس سازند قم در خاستگاه را مشخص می‌سازند. نتیجه چنین تلفیقی در حاشیه شمالی حوضه این سازند نقش اصل سازند کرج و نقش فرعی سازند قم در منطقه خاستگاه را نشان می‌دهد. تلفیق یافته‌های حاصل از بررسی رخساره‌های دانه‌درشت،

دانه‌متوسط و دانه‌ریز سازند زیور با طرح جهت جریان‌های دیرینه آن که ورود رسوبات بیشتر از جنوب و جنوب‌غربی را نشان می‌دهد (شکل ۱۵) نقش اصلی بازالت پشتاسر و نقش فرعی‌تر کربنات‌های کرتاسه در خاستگاه این سازند را مشخص می‌سازد. حضور برخی عناصر فرعی و کمیاب در ترکیب شیمیایی رخساره‌های دانه‌ریز این سازند به احتمال به حضور محلی سازنده‌های قره‌سو و اجاق قشلاق در خاستگاه مربوط است. به دلیل ماهیت دانه‌ریز رخساره‌های این دو سازند و نبود اطلاع کافی از جزئیات کانی‌شناختی آنها، اظهار نظر قطعی در خصوص سهم آنها در تأمین رسوب به محیط رسوبی سازند زیور نیازمند بررسی‌های بیشتری است. به دلیل ماهیت سنگ‌شناختی و درجه پایداری کانی‌های سازنده، نقش سنگ‌های آتشفشانی (کمربند ارومیه دختر و بازالت پشتاسر) بیشتر در تأمین ذرات سازنده رخساره‌های دانه‌درشت و دانه‌متوسط بوده است. ذرات حاصل از فرسایش سازنده‌های کربنات (قم و کرتاسه) بیشتر به صورت خمیره در رخساره‌های دانه‌درشت و دانه‌متوسط حضور دارند ولی سازنده اصلی رخساره‌های دانه‌ریز هستند. سازنده‌های شیلی قدیمی‌تر، به‌ویژه در خاستگاه سازند زیور، نیز سهمی داشته‌اند و به دلیل اطلاعات اندک از مشخصات کانی‌شناختی آنها تعیین سهم آنها در این حد از مطالعه

به دلیل نبود قطعات کربنات در بررسی‌های ترکیب مودال از مطالعه این مثلث‌ها (شکل‌های ۱۱ و ۱۲) امکان اظهار نظر در مورد نقش سازنده‌های قم و کربنات‌های کرتاسه به ترتیب در خاستگاه سازند سرخ بالایی و زیور میسر نیست. نقش سازند قم در خاستگاه سازند سرخ بالایی و سنگ‌های کربنات کرتاسه در خاستگاه سازند زیور از مطالعه قطعات خرده‌سنگی رخساره‌های دانه‌درشت و دانه‌متوسط به طور جداگانه قابل فهم است که پیش‌تر اشاره شد. مقایسه این نتایج نقش فرعی این سازنده‌های کربنات در خاستگاه رخساره‌های دانه‌درشت و دانه‌متوسط را نشان می‌دهد. ذرات حاصل از فرسایش سنگ‌های کربنات بیشتر در اندازه سیلت و رس به‌عنوان خمیره رخساره‌های دانه‌متوسط و دانه‌درشت یا سازنده اصلی چارچوب رخساره‌های دانه‌ریز بوده است.

نتایج حاصل از مطالعات ترکیب کانی‌شناختی با استفاده از تفریق پرتو ایکس رخساره‌های دانه‌ریز سازند سرخ بالایی، حضور کلسیت، کوارتز، البیت، آنالسیم و کانی‌های رسی در این رخساره‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۱۳). فراوانی کلسیت در این رخساره‌ها به حضور سازند قم در خاستگاه این رخساره‌ها مربوط است، موضوعی که از بررسی‌های قطعات خرده‌سنگی کربنات نیز درک شد (بالا). کانی‌های رسی موجود در این رخساره‌ها، به دلیل همراهی با البیت و آنالسیم، بیشتر از خاستگاه آتشفشانی می‌باشند. بخشی از این کانی‌ها ممکن است از افق‌های مارنی سازند قم منشأ گرفته باشند و بخشی نیز در حین حمل و نقل یا کمی بعد از رسوب‌گذاری از تجزیه فلدسپارها حاصل شده باشند، تفکیک آنها از یکدیگر میسر نیست. حضور برخی کانی‌ها منگن در ترکیب کانی‌شناسی رخساره‌های دانه‌ریز به نقش محلی سنگ‌های آذرآواری راس سازند قم در تأمین رسوب به محیط رسوبی این سازند اشاره دارد (Amini, 1997).

نتایج حاصل از مطالعات ترکیب شیمیایی با استفاده از فلوتورسانس پرتو ایکس رخساره‌های دانه‌ریز سازند زیور (جدول ۴) به نقش اصلی سنگ‌های آتشفشانی بازیک در خاستگاه این سازند اشاره دارند (Jafarzadeh et al., 2014a). چگونگی استنباط این نتیجه از مطالعه عناصر

- Amini, A., 1997. Provenance and Depositional Environment of the Upper Red Formation, Central Zone, Iran: University of Manchester, Ph.D. Thesis (unpublished), 276.

- Amini A. 2006. Oligo-Miocene fluvial-dominated deltas on the shelf of the south Caspian Sea (paratethys). *Facies*, 52: 579-597.

- Amini, A., 2011. Use of feldspar grains in provenance determination and the study of transportation and depositional history, examples from central and NW Iran. *Geopersia*, 1(2), 11-24.

- Amini A. and Anketell J.M., 2015. Textural and geochemical studies of detrital Fe-Ti oxides and test of their validity in provenance determination, a case study from Central Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 103, 140-152.

- Basu, A. and Molinaroli, E., 1989. Provenance characteristics of opaque Fe-Ti oxide minerals. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59, 922-934.

- Basu, A., Molinaroli, E., 1991. Reliability and application of detrital opaque Fe-Ti oxide minerals in provenance determination. in: Morton, A.C., Todd, S.P. and Haughton, P.D.W. (Eds.) *Development in sedimentary provenance studies*. Geological Society of London, Special Publication 57, 55-65.

- Bhatia, M.R., 1985. Composition and classification of Palaeozoic flysch mudrocks of eastern Australia: Implications in provenance and tectonic interpretation. *Journal of Sedimentary Geology*, 41, 249-268.

- Carozzi, A.V., 1993. *Sedimentary petrography*. Prentice Hall, New York, 263.

- Critelli, S., 2018. Provenance of Mesozoic to Cenozoic Circum-Mediterranean sandstones in relation to tectonic setting. *Earth-Science Review*, 85, 624-48.

- Dickinson, W.R. and Suczek, C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. *American Association Petroleum Geology Bulletin*

مقدور نیست. تاریخچه حمل و نقل و محیط رسوب‌گذاری متفاوت (رودخانه‌ای و دلتایی) نیز به دلیل نقش موثر در فرسایش کانی‌ها در حین حمل و نقل سهم به‌سزایی در ظهور/نبود حضور برخی کانی‌ها در رخساره‌های مورد مطالعه داشته است. بر این اساس اطلاع از محیط رسوب‌گذاری و شرایط حمل و نقل کمک موثری در فهم دقیق‌تر خاستگاه خواهد بود.

مقایسه یافته‌های این مطالعه با ترکیب کانی‌شناختی سنگ‌های مولد آنها تایید کننده تفسیرهای صورت گرفته در مورد خاستگاه آنان بود (Amini, 1397, 2006, 2011, Amini and Anketell, 2015) و به دلیل گستردگی موضوع، در مقاله جداگانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سپاسگزاری

بخشی از نتایج این مطالعه از رساله دکتری مولف استخراج شده است که با حمایت مالی وزارت علوم و تحقیقات و دانشگاه تهران به انجام رسیده است. بخشی از نتایج مربوط به سازند زیور نیز مربوط به یک طرح پژوهشی مشترک بین دانشگاه تهران و معاونت اکتشاف وزارت نفت می‌باشد. در مطالعات صحرایی سازند زیور از همراهی آقایان فرزین فرزانه، علی مبشری و ارسلان بخشی بهره‌مند بوده‌ام که از ایشان کمال تشکر را دارم.

منابع

- امینی، ع.، ۱۳۸۴. بررسی مشخصه‌های سنگ‌شناسی و محیط رسوبی سازند زیور در ناحیه مغان. شرکت ملی نفت ایران، گزارش زمین‌شناسی شماره ۲۰۱۹-GR، (۲۰۱۹)، ۱۶۹.

- دهخدا، ع.، ۱۳۷۷. فرهنگ ۱۵ جلدی دهخدا، چاپ دوم از دوره جدید. انتشارات دانشگاه تهران.

- زمانزاده، م.، ۱۳۸۷. مشخصات سنگ‌شناسی، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازندهای زاکین و فراقون در برش تیپ. شمال بندرعباس. رساله دکتری، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران. ۲۴۱.

- امینی، ع.، ۱۳۷۰. بررسی میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی عضو F سازند قم در زون مرکزی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۶۵.

tin, 63, 2164-2182.

- Dickinson, W.R., 1985. Interpreting provenance relation from detailed modes of sandstones. In: Zuffa, G. G. (ed.) Provenance of arenites. NATO-ASI, Series 148, D. Reidel, Dordrecht, 333-361.
- Folk, R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publication, Austin, Texas.
- Hagerty, S.E., 1991. Oxide textures: a mini atlas. in: Lindsley, D.H. (ed.) Oxide minerals: Petrologic and magnetic significance. Reviews in Mineralogy, 25, 129-219.
- Haggerty, S.E., 1976a. Opaque mineral oxides in terrestrial igneous rocks. In: Rumble D. (ed.) Oxide minerals Mineral Society of American Short Course Notes, 3, 100-175.
- Haggerty, S.E., 1976b. Oxidation of opaque oxides in basalts, In: Rumble D. (ed.) Oxide minerals Mineral Society of American Short Course Notes, 3, 1-100.
- Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.L., Grimm, J.P., Pickle, J.D. and Sares, S.W., 1984. The effects of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. Journal of Sedimentary Petroleum, 54, 103-116.
- Jafarzadeh, M., Moussavi Harami, R., Friis, H., Amini, A., Mahboubi, A. and Lenaz, D., 2014b. Provenance of the Oligocene-Miocene Zivah Formation, NW Iran, assessed using heavy mineral assemblage and detrital clinopyroxene and detrital apatite analyses. Journal of African Earth Sciences, 89, 56-71.
- Jaffarzade, M., Moussavi Harami, R., Amini, A., Mahboubi, A. and Farzaneh, F., 2014a. Geochemical constraints on the provenance of Oligocene-Miocene siliciclastic deposits (Zivah Formation) of NW Iran: implications for the tectonic evolution of the Caucasus. Arabian Journal of Geosciences, 7, 4245-4263
- Katz, B., 1995. Petroleum Source Rocks. Springer-Verlag, 327.
- Konert, G., Afifi, A.M., Al-Hajri, S.A. and Droste, H.J., 2001. Paleozoic Stratigraphy and Hydrocarbon Habitat of the Arabian Plate. GeoArabia, 6(3), 407-442.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K. and Hanson, G.N., 1993. Geo-chemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. In: Johnsson, M.J., and Basu A. (eds.) Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments: Geological Society of American Special Publication, 284: 21-40.
- Morton, A. C., Ellis, D., Fanning, M., Jolley, D. and Withman, A., 2012. The importance of an integrated approach to provenance studies: A case study from the Paleocene of the Faroe Shetland Basin, NE Atlantic. in: Rasbury, E.T., Hemming, S.R., Riggs, N.R. (eds.), Mineralogical and Geochemical Approaches to Provenance. The Geological Society of America, Special Paper 487, 1-12.
- Morton, A.C., 1991. Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to provenance research. in: Morton, A.C., Todd, S.P. Haughton, P.D.W. (Eds.) Development in sedimentary provenance studies. Geological Society of London, Special Publication, 57, 31-45.
- Morton, A.C., Todd, S.P. and Haughton, P.D.W., 1991. Development in sedimentary provenance studies. Geological Society of London Special Publication, 57, 570.
- Pettijohn, E.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1987. Sand and Sandstone, 3rd ed. Springer, New York, <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>.
- Pittman, E.D., 1970. Plagioclase feldspars as an indicator of provenance in sedimentary rocks. Journal of Sedimentary Petrology, 40, 591-598.
- Potter, P.E., Maynard J.B. and Depetris, P.J., 2005. Mud and mudstones: introduction and overview. Springer, New York, 297.
- Scott, R. A., Smyth H.R., Morton A.C.

- and Richardson N., 2014. Sediment provenance studies in hydrocarbon exploration and production. Geological Society of London, Special Publication # 386.
- Selley, R.C., 1996. Ancient Sedimentary Environments and their Sub-surface Diagnosis. 4th ed., Nelson Thornes (Publisher) Ltd., England, 315.
 - Trevena, A.S. and Nash, W.P., 1979. Chemistry and provenance of detrital plagioclase. *Geology*, 7, 475-478.
 - Trevena A.S. and Nash, W.P., 1981. An Electron Microprobe study of detrital feldspars. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, 137-150.
 - Yan, Z., Wang, Z., Yan, Q., Wang, T. and Guo, X., 2012. Geochemical constraints on the provenance and depositional setting of the Devonian Liuling group, East Qinling Mountains, Central China: implications for the Tectonic Evolution of the Qinling Orogenic Belt. *Journal of Sedimentary Research*, 82, 9-24.
 - Zhang, M., Yu, Y., Choi, J., Cai, K. and Shi, M., 2020. Petrography and geochemistry of clastic sedimentary rocks as evidence for the provenance of the Jurassic stratum in the Daqingshan area.
 - Zoleikhaei, Y., Amini, A. and Zamanzadeh, M., 2015. Integrated provenance analysis of Zakeen (Devonian) and Faraghan (early Permian) sandstones in the Zagros belt, SW Iran. *Journal African Earth Sciences*, 101, 148-161.
 - Zuffa, G.G., 1985. Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. in: Zuffa, G.G. (Ed.) Provenance of arenites. NATO-ASI, Series 148, Reidel, Dordrecht. 168-189.