

ژئوشیمی نهشته‌های کواترنری رودخانه کال شور بینالود

عذرا خسروی چنار^۱، سیدرضا حسین‌زاده^{۲*}، مرتضی فتاحی^۳، محمد خانه‌باد^۴

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه زلزله‌شناسی، دانشکده ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

۴- استادیار رسوب‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۳/۱۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۹/۱۱

چکیده

نهشته‌های مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی، بخش مهمی از مجموعه رسوبات منتسب به دوره کواترنری هستند که معرف حوضه‌های بالادست خود می‌باشند. در این مطالعه با برداشت ۱۴ نمونه از این نهشته‌ها در حوضه آبریز رودخانه کال شور در شمال شرق ایران، به بررسی ویژگی‌های ژئوشیمی و هم‌چنین ویژگی‌های رسوبی، بافت و اندازه ذرات آنها پرداخته شده است. طی مطالعات آزمایشگاهی، نمونه‌ها آنالیز دانه‌بندی و سپس درصد اکسیدهای اصلی و فرعی هر یک از آنها بررسی گردید. آنالیز اندازه ذرات این رسوبات نشان‌دهنده گردشگری متوسط، جورشدگی ضعیف و دانه‌بندی عادی با بافت ماسه، گراول و گراول ماسه‌ای است. هم‌چنین داده‌های حاصل از آزمایشات ژئوشیمیایی اکسیدهای اصلی و فرعی و نمودارهای مربوط به آنها نشان داد جایگاه زمین‌ساختی این رسوبات بر پایه نمودارهای ژئوشیمیایی، محدوده قوسی اقیانوسی و محدوده قوسی قاره‌ای است. افزون بر این نتایج حاصل از نمودار تغییرات CO₂ و بررسی اکسیدهای اصلی، بیانگر میزان هوازدگی کم و شرایط آب و هوایی خشک در زمان رسوب‌گذاری است.

واژه‌های کلیدی: آنالیزهای رسوبی، برخاستگاه، شمال شرق ایران، ناحیه منشأ، نهشته‌های کواترنری.

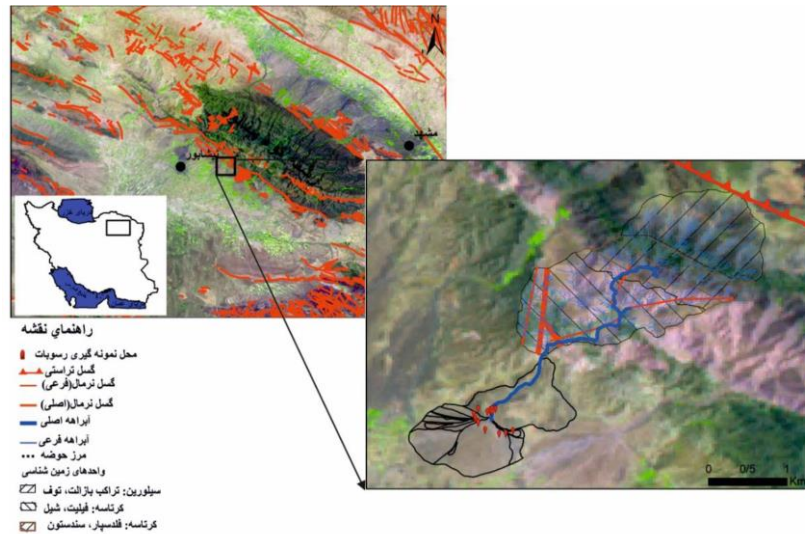
مقدمه

و همکاران، ۲۰۱۶) انجام شده است. در این مقاله سعی بر این است تا پراکندگی عناصر اصلی و فرعی را در رسوبات آبرفتی سطح کانال‌ها و تراس‌های آبرفتی حوضه آبریز کال شور با میانگین‌های استاندارد شده جهانی مقایسه نموده و اطلاعاتی راجع به سنگ منشأ (سنگ شناسی، هوازدهی شیمیایی، آب و هوای دیرینه در ناحیه منشأ) و جایگاه زمین‌ساختی این رسوبات ارائه گردد. با توجه به اینکه تاکنون مطالعات جامعی در زمینه ژئوشیمی رسوبات مخروط‌افکنه‌ها و تراس‌های آبرفتی در حوضه‌های آبریز رشته کوه بینالود صورت نگرفته است لذا این مقاله می‌تواند به عنوان گامی جهت تفسیر ویژگی‌های رسوبات آبرفتی در محدوده مورد مطالعه باشد.

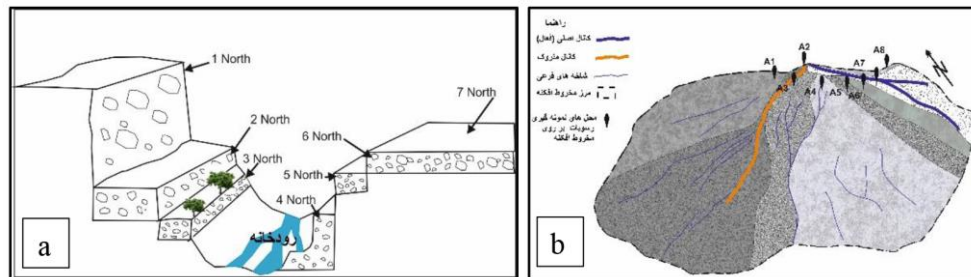
محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شامل حوضه آبریز رودخانه کال شور و مخروط‌افکنه پایین دست آن است که در شمال شرق ایران، دامنه جنوبی رشته کوه بینالود و در ۲۰ کیلومتری شهر نیشابور با مختصات عرض جغرافیایی $36^{\circ}10'35''N$ تا $36^{\circ}12'36''N$ و طول جغرافیایی $58^{\circ}59'6''E$ تا $59^{\circ}0'11''E$ قرار گرفته است (شکل ۱ و ۲). تمرکز این پژوهش بیشتر بر روی حوضه آبریز کال شور در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود و تراس‌های آبرفتی و مخروط افکنه پایین دست آن است. و سعی بر این است تا پراکندگی عناصر اصلی و فرعی با میانگین‌های استاندارد تعریف شده، مقایسه نموده و اطلاعاتی راجع به منشأ (سنگ-شناسی، هوازدهی شیمیایی دیرینه، آب و هوای دیرینه) و ناحیه رسوب‌گذاری (برخاستگاه) این رسوبات ارائه شود.

رسوبات حاصل از ته‌نشست‌های رودخانه‌ها ویژگی خاصی دارند. نوع رسوبات به ویژگی‌های سنگ-شناسی حوضه آبریز آن بستگی دارد و نوع سنگ-های حوضه، نوع رسوبات مخروط‌افکنه و تراس-های آبرفتی پایین دست آن را تعیین خواهد کرد. ترکیب ژئوشیمیایی ته‌نشست‌های رسوبات رودخانه‌ای اطلاعات مهمی درباره منشأ فراهم می‌کند و بنابراین اطلاعاتی برای ارزیابی میزان هوازدهی، برخاستگاه رسوبات، محیط ته‌نشست و منشأ آلودگی در منطقه فراهم می‌کند. ترکیب ژئوشیمی رسوبات رودخانه منعکس کننده ترکیب کل حوضه زهکشی است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲). به طوری که عناصر اصلی شاخص خوبی برای تعیین منشأ رسوبات رودخانه‌ای هستند. این عناصر قادر به آشکارسازی ماهیت هوازدهی در ناحیه منشأ هستند که به نوبه خود توسط عوامل آب و هوایی و تکتونیکی کنترل می‌گردند. از این رو ژئوشیمی رسوبات بر روی ویژگی‌های برخاستگاه و هم‌چنین آب و هوا و تکتونیک ناحیه منشأ مؤثر است (بهویان و همکاران، ۲۰۱۱) و می‌تواند به شناخت تکامل حوضه کمک نمایند. غلظت عناصر شیمیایی در رسوبات یک نتیجه از غلظت خرده‌های کانی میزبان آنها، که به شدت وابسته به اندازه دانه و فرایندهای هیدرودینامیک در طول حمل و نقل و ته‌نشست است (گارزانتی، ۲۰۱۶). رابطه میان موقعیت زمین ساختی، برخاستگاه و ترکیب رسوبات به وسیله پژوهشگران زیادی مورد بررسی قرار گرفته است (کلر، ۱۹۸۸؛ جیلاردت و همکاران، ۱۹۹۹؛ سینگ و راجامانی، ۲۰۰۱؛ یانگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ بورجس و هاش، ۲۰۰۷؛ سنسارما و همکاران، ۲۰۰۸؛ روی و همکاران، ۲۰۰۸؛ ساها و همکاران، ۲۰۱۱؛ اشنایدر



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه و پراکندگی واحدهای سنگی بر سطح حوضه.



شکل ۲: موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی مخروط افکنه مورد مطالعه (a) و پادگانه‌های آبرفتی بالادست آن (b).

است. مهم‌ترین واحدهای زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

واحد رسوبات کواترنری: این رسوبات تراس‌های آبرفتی را تشکیل داده‌اند که از کنگلومرا و رسوبات رودخانه‌ای سست تشکیل گردیده با ساختمان‌های رسوبی همچون چینه‌بندی مورب و طبقه‌بندی تدریجی. تراس‌های آبرفتی اکثراً به صورت افقی و دگرشیب روی تشکیلات قدیمی منطقه قرار گرفته‌اند و از سختی کم، سیمان سست و جورشدگی ضعیف برخوردارند. گردشگی قطعات به عنوان تابعی از منشأ و شرایط تشکیل در مناطق مختلف متفاوت است. رسوبات (pl-Q) آبرفت‌های جوانی در جنوب منطقه را تشکیل داده‌اند که کنگلومرای سست فاقد سیمان به رنگ

موقعیت زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

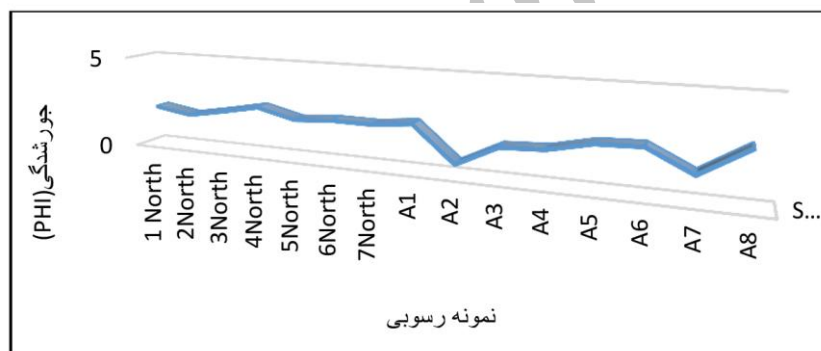
زون ساختاری بینالود واقع در شمال شرق ایران و در جنوب خط درز تتیس کهن (آقا نباتی، ۱۳۸۳)، با روندی شمال‌غربی- جنوب شرقی، در بین واحدهای ساختمانی کپه داغ در شمال، ایران مرکزی در جنوب و البرز در غرب محصور شده است (نبویان، ۱۳۵۵) (شکل ۳). ارتفاعات بینالود به عنوان قسمت فعال ناشی از برخورد پلیت عربی با اوراسیا می‌باشد و هم‌چنین توسط سیستم گسلی مشهد و شمال نیشابور احاطه شده است. ساختارهای تکتونیکی این منطقه، قسمت مهمی از تحولات تکتونیکی کوهزایی سیمیرین و کوهزایی آپی در ارتفاعات بینالود است (علوی، ۱۹۹۲). بلندترین نقطه آن قله بینالود با ارتفاع ۳۲۵۰ متر

بیشتر در قسمت‌های بالادست تراس‌های آبرفتی مورد مطالعه قرار دارند و بیشتر از شیل و ماسه-سنگ‌های دگرگون شده فیلیتی تشکیل شده‌اند. مطالعه این آثار توسط وند^۱ و جوست^۲ سن کربونیفر پایانی را برای این رسوبات برآورد نمود (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، علی پورلطیفی).

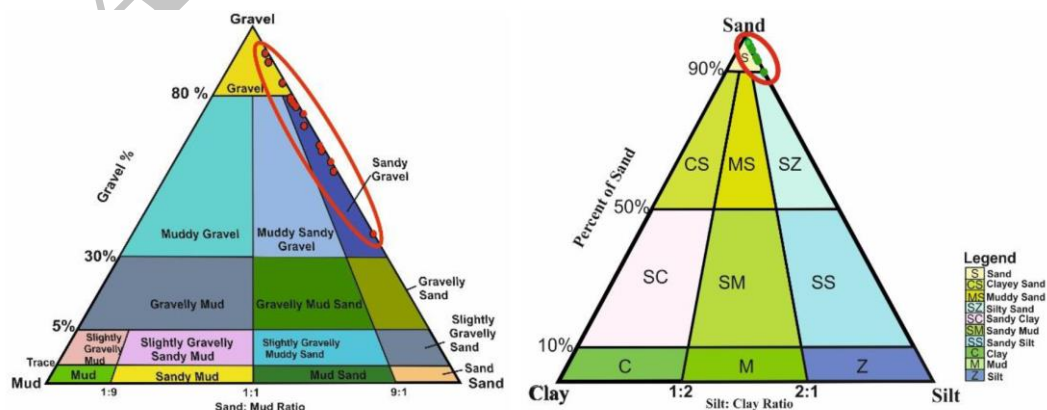
برونزدهای سلورین-دونین (S-D)

در شمال حوضه مورد مطالعه برونزدهایی از سنگ‌های سیلورین-دونین وجود دارد که رخساره کربناته-ماسه سنگی داشته و شامل کوارتزیت، سنگ آهک و مقدار کمی شیل می‌باشد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، علی پورلطیفی).

خاکستری روشن با عناصری درهم و گردشگی متوسط و جورشدگی ضعیف (شکل ۳) و دانه‌بندی عادی با بافت ماسه، گراول و گراول ماسه‌ای (شکل ۴) می‌باشند. رسوبات Qt1 آبرفت‌های پادگانه‌ای و کوهپایه‌ای بلند و تراس‌های رودخانه‌ای قدیمی می‌باشند که بیشتر در تراس‌های فرسایش یافته در بالادست مخروط افکنه مشاهده می‌شود. رسوبات Qt2 آبرفت‌های کم ارتفاع و پادگانه‌های آبرفتی جوان و دشت آبرفتی می‌باشند که شامل بستر قدیمی رودخانه با ارتفاع کم نیز بوده و تا سطح مخروط افکنه ادامه دارد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، علی پورلطیفی). رسوبات تریاس فوقانی-ژوراسیک زیرین (TR3-J1) این سنگ‌ها با همبری دگرشیب و در پاره‌ای از موارد تکتونیزه سنگ‌های قدیمی‌تر را پوشانده‌اند و



شکل ۳: نمودار تغییرات جورشدگی اندازه ذرات در نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۴: دیاگرام نام‌گذاری و بافت رسوبات (اقتباس از فولک، ۱۹۸۰).

مواد و روش‌ها

جهت مطالعه ژئوشیمی نمونه‌ها، تعداد ۱۴ نمونه برداشت شده ابتدا در آزمایشگاه الک گردیده و بافت و اندازه ذرات آنها مشخص گردید. مقدار رسوبات زیر الک ۵ فی بار دیگر در دستگاه پودر گردید سپس مقدار کربنات آنها به روش کلسیمتری اندازه‌گیری گردید که با توجه به درصد بالای کربنات آنها، در مرحله بعد نمونه‌ها با استفاده از اسید کلریدریک ۱۰ درصد در طی چند مرحله بیکربناته شدند سپس پس از چندین بار شستشو با آب مقطر، در آون خشک گردید و در ظروف ویژه‌ای بسته‌بندی و برچسب‌گذاری شدند. این نمونه‌ها جهت محاسبه میزان عناصر اصلی به روش XRF^3 و عناصر فرعی به روش $ICP-Mass^4$ به آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل گردید. ۰/۲ گرم از پودر هر نمونه در محلول اسیدکلریدریک یک مولار قرار داده شد و پس از دو ساعت با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفته است. گستره عناصر اصلی و فرعی بر حسب درصد و PPM اندازه‌گیری شده است. سپس مقادیر عناصر اصلی و فرعی از دستگاه‌ها قرائت شد و پس از به دست آوردن میزان عناصر موجود در نمونه‌ها روند تغییرات آنها مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

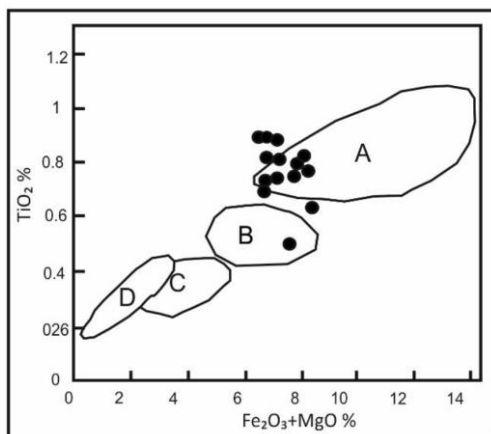
جایگاه زمین‌ساختی

جایگاه زمین‌ساختی تحت‌تأثیر عواملی مانند فرایندهای رسوب‌گذاری، دیاژنز و ترکیب رسوب است (بایتا، ۱۹۸۳؛ پتی جان و همکاران، ۱۹۸۷). بنابراین به کمک عناصر اصلی که به صورت نمودارهای تفکیک تکتونیکی نمایش داده می‌شوند می‌توان جایگاه زمین‌ساختی آنها را تعیین نمود (بایتا، ۱۹۸۳؛ وون اینتن، ۲۰۰۳؛ آرمسترانگ

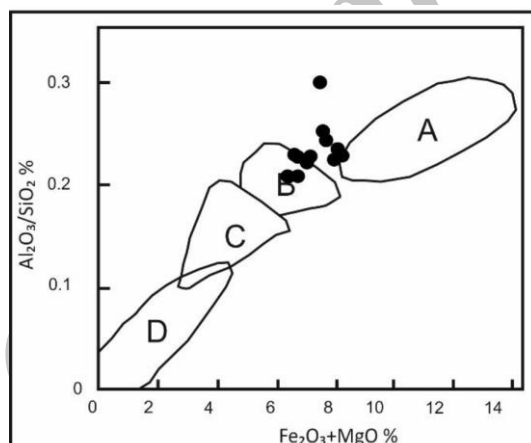
آلترین و وارما، ۲۰۰۵؛ الجبوری و همکاران، ۲۰۰۹؛ صحراییان و بهرامی، ۲۰۱۲). رسوبات عهد حاضر در محیط‌هایی چون جزایر قوسی اقیانوسی، قاره‌ای و حاشیه‌های قاره‌ای غیرفعال و فعال نهشته شده‌اند و دارای ترکیبات متفاوتی به‌ویژه از نظر Fe_2O_3+MgO ، Al_2O_3/SiO_3 و TiO_2 است (بایتا، ۱۹۸۳). وی براساس همین عناصر چهار محیط اصلی جزایر قوسی اقیانوسی (A)، جزایر قوسی قاره‌ای (B)، حاشیه‌های فعال قاره‌ای (C) و حاشیه‌های غیرفعال قاره‌ای (D) را بر روی نمودار تفکیک کرد که بر اساس این نمودارها (اشکال ۵ و ۶) به نظر می‌رسد رسوبات مورد مطالعه بیشتر متمایل به محدوده جزایر قوسی اقیانوسی و جزایر قوسی قاره‌ای هستند. در این اشکال علت جابجایی نمونه‌ها نسبت به محدوده‌های تعیین شده (بایتا، ۱۹۸۳) می‌تواند وجود اکسیدهای MgO و Fe_2O_3 در شبکه خرده سنگ‌ها و سیمان کربناته باشد و مقدار بیشتر Al_2O_3 می‌تواند ناشی از فیلوسیلیکات‌های آهن و منیزیم‌دار موجود در خرده‌سنگ‌های آتشفشانی باشد. پیچیدگی زمین-ساختی گستره مورد مطالعه سبب منشأ چندگانه و درهم‌ریختگی داده‌های ژئوشیمیایی شده است. هم‌چنین فرسایش مجموعه سنگ‌های مختلف با ترکیب‌های مختلف سبب قرارگیری نمونه‌ها در محدوده‌های مختلف شده است. هم‌چنین مقدار عناصر فرعی مانند Cr ، Y ، Ti ، Zn ، Th ، Sc ، La و Cr به دلیل غیر متحرک بودن در شرایط هوازدگی، دیاژنز و دگرگونی درجه متوسط، کمتر تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (اشکال 7a-7b-7c)؛ بنابراین در سنگ‌های رسوبی حفظ می‌شوند و شاخص‌های خوبی برای پی بردن به جایگاه زمین‌ساختی دیرینه سنگ‌های رسوبی هستند (بایتا و کروک، ۱۹۸۶). لذا با توجه به نمودارهای مثلی شکل حاصل از آن عناصر نیز اکثر نمونه‌های مورد

آید که سنگ‌های رسوبی حوضه کال شور بیشتر در محدوده قوسی اقیانوسی و محدوده قوسی قاره‌ای قرار می‌گیرند.

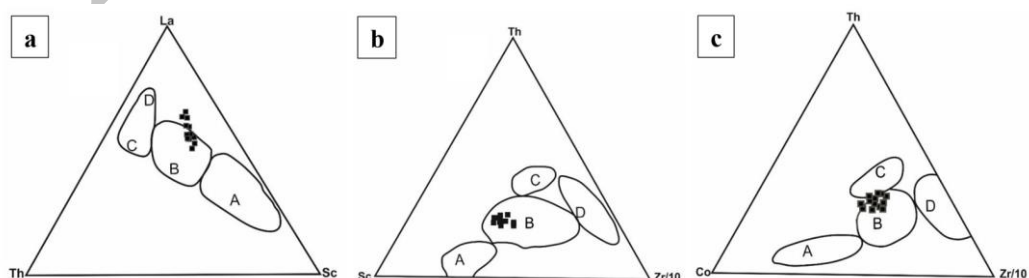
مطالعه در محدوده جزایر قوسی اقیانوسی قرار می‌گیرند. به طور کلی از بررسی مجموع نمودارهایی که برای مطالعه جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های رسوبی استفاده می‌شود چنین بر می‌آید



شکل ۵: نمودار تفکیک کننده درصد TiO_2 در مقابل $Fe_2O_3 + MgO$ (برگرفته از باتیا، ۱۹۸۳).



شکل ۶: نمودار تفکیک کننده درصد Al_2O_3/SiO_2 در مقابل $Fe_2O_3 + MgO$ (برگرفته از باتیا، ۱۹۸۳).



شکل ۷: ترکیب عناصر فرعی در رسوبات مورد مطالعه در دیاگرام‌های محیط تکتونیکی، A: جزایر قوسی اقیانوسی، B: جزایر قوسی قاره‌ای، C: حاشیه قاره‌ای فعال، D: حاشیه قاره‌ای غیرفعال.

پایین تا متمایل به متوسط در ناحیه منشأ است. گاه استفاده از اندیس CIA در نمونه‌های دارای تغییرات زیاد در میزان CaO (شکل ۹) نتایج جالبی ارائه نمی‌دهد (کلسر، ۲۰۰۰). به طوری که به منظور تعیین دقیق CIA و حذف تأثیر سیمان-های دیاژنتیکی بر روی مقدار CaO، نمونه‌های با دقت CaO بیشتر از ۵٪ در نظر گرفته نمی‌شوند (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۴). در نمونه‌های مورد مطالعه، میزان بالای CaO باعث پایین آمدن CIA در نمونه 1North گردید که به ناچار از بین داده‌ها حذف گردید و در تفسیر هوازگی از آن استفاده نگردید. بدین منظور کلسر (۲۰۰۰) اندیس دیگری را برای نمونه‌های دارای CaO بالا ارائه داد که جهت اطمینان از نتایج، این اندیس نیز استفاده گردید که به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

رابطه ۲)

$$CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + Na_2O)]100$$

میزان CIW در نمونه‌های مورد مطالعه از 90/69 تا 93/87 با میانگین 92/61 است. که این اعداد میزان هوازگی و دگرسانی را برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر این اساس منشأ نمونه‌های مورد مطالعه در شرایط آب و هوایی خشک قرار داشته است. افزون بر این با توجه به نمودار ژئوشیمیایی سوتنر^۷ و دوتا^۸ (۱۹۸۶) در تعیین آب و هوا با استفاده از اکسیدهای اصلی SiO₂ در برابر Al₂O₃+K₂O+Na₂O، نمونه‌های مورد مطالعه، شرایط آب و هوایی دیرینه نسبتاً خشک را برای ناحیه منشأ نشان می‌دهد (شکل ۱۰) که با نتایج آنالیز مودال نمونه‌های این سازند همخوانی دارد.

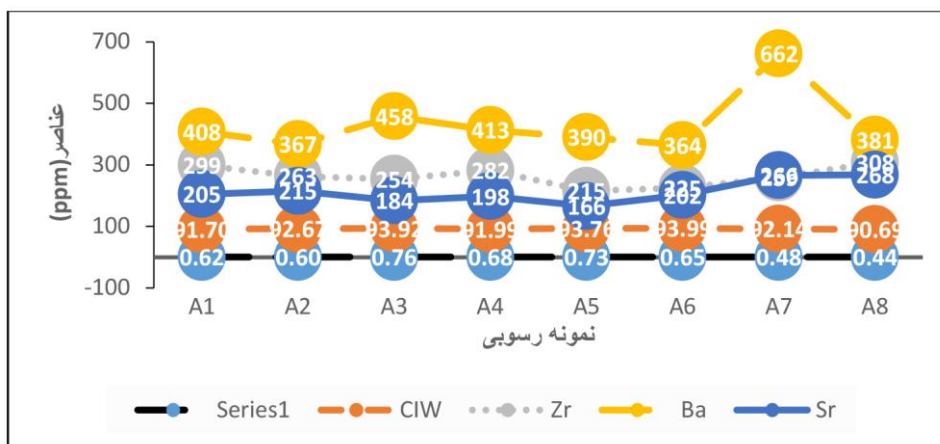
هوازگی و آب و هوای دیرینه ناحیه منشأ

آب و هوا روی میزان هوازگی ناحیه منشأ مؤثر است؛ بنابراین با استفاده از ترکیب سنگ‌های آواری می‌توان میزان هوازگی را تعیین نمود (نسبیت و یانگ، ۱۹۸۲؛ مک لنان و همکاران، ۱۹۹۳). شاخص‌های متنوعی برای تعیین درجه هوازگی (گذشته) از رسوبات و سنگ‌های رسوبی وجود دارد برای مثال می‌توان به شاخص‌های WIP توسط پارکر (۱۹۷۰)، CIA توسط نسبیت و یانگ (۱۹۸۲)، CIW توسط هرنویس (شکل ۸) و PIA توسط فیدو و همکاران (۱۹۹۶) اشاره نمود. اندیس دگرسانی^۹ که به اختصار CIA نامیده می‌شود مقیاس مناسبی جهت تشخیص میزان هوازگی در سنگ‌های رسوبی می‌باشد این اندیس با استفاده از رابطه ۱ به دست می‌آید و مولکول‌ها در آن به صورت مولی در می‌آیند.

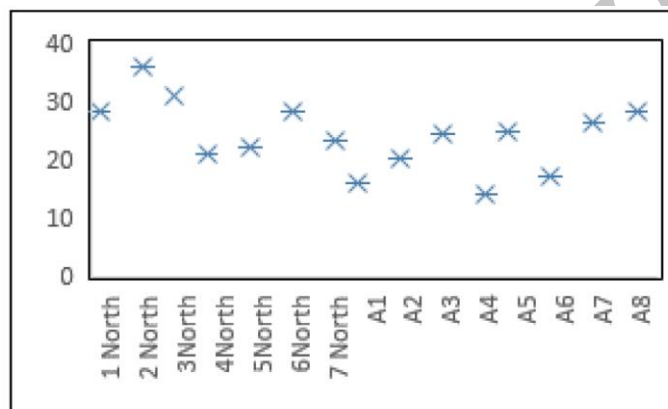
رابطه ۱)

$$CIA = (Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O))$$

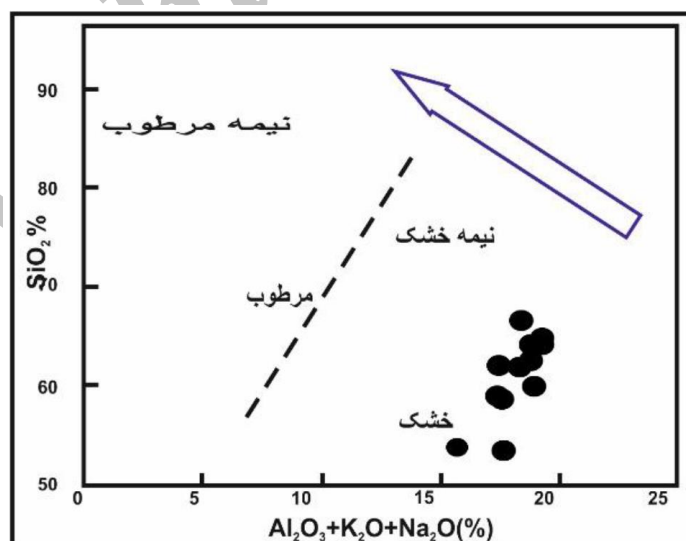
CaO موجود در این رابطه مربوط به اجزای سیلیکاته سنگ است و در نمونه‌هایی که دارای سیمان‌های دیاژنتیکی می‌باشند باید تصحیح صورت گیرد بدین منظور نمونه‌های با CaO بیشتر از ۵٪ در نظر گرفته نمی‌شود (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۴). محدوده اندیس CIA از ۵۰ تا ۱۰۰ متغیر است. CIA با عددهای پایین‌تر بیانگر کاهش و یا نبود هوازگی شیمیایی و شرایط اقلیمی سرد و خشک بوده در حالی که CIA متوسط و بالا بیانگر هوازگی شیمیایی شدیدتر و انتقال کاتیون‌های متحرک (Ca²⁺، Na⁺ و K⁺) و باقی ماندن اجزای با تحرک کمتر (Al⁺ و Ti⁺) است (نسبیت و یانگ، ۱۹۸۲). میزان CIA در نمونه‌های ما بین 61/04 تا 71/35 است که بیانگر هوازگی شیمیایی نسبتاً



شکل ۸: میانگین سه عنصر کمیاب و شاخص آلتراسیون شیمیایی (CIW) در نمونه‌های برداشت شده در سطح مخروط افکنه.



شکل ۹: نمودار روند تغییرات CaO در نمونه‌های مورد مطالعه.



شکل ۱۰: نمودار دوتایی SiO₂ در برابر Al₂O₃+K₂O+Na₂O بیانگر آب و هوای خشک برای منطقه منشأ نمونه‌های مورد مطالعه است (سوتنر و دوتا، ۱۹۸۶).

نتیجه گیری

سنگ منشأ، سنگ آذرین حد واسط است. نتایج به دست آمده از مطالعات مربوط به شرایط هوازگی گذشته نشان می‌دهد که اندیس CIA ما بین 61/04 تا 71/35 است که بیانگر هوازگی شیمیایی نسبتاً پایین تا متمایل به متوسط در ناحیه منشأ است. هم‌چنین رسم نمودار اصلی SiO_2 در برابر $Al_2O_3+K_2O+Na_2O$ در نمونه‌های مورد مطالعه، بیانگر میزان هوازگی کم و شرایط آب و هوایی دیرینه خشک در زمان رسوب‌گذاری است.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از آقایان پرفسور زیلهوفر و دکتر هانس عضو هیأت علمی دانشکده جغرافیا و علوم محیطی دانشگاه آلمان به خاطر راهنمایی جهت انجام این پژوهش تشکر نمایند.

ژئوشیمی نهشته‌های آبرفتی تابع عواملی نظیر ترکیبات سنگ منشأ، فرایند هوازگی در ناحیه تولید رسوب، حمل و نقل و رسوب‌گذاری است که با بهره‌گیری از عناصر ژئوشیمی و تفسیر نتایج حاصل از آن می‌توان حوضه تولید این رسوبات را تفسیر نمود. لذا با توجه به نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی در نمونه‌های مورد بررسی، نتایج زیر حاصل شد: داده‌های حاصل از آنالیزهای ژئوشیمیایی، مانند داده‌های حاصل از آنالیز مودال حاکی از برخاستگاه رسوبی کوارتزی و جایگاه زمین ساختی در ارتباط با محدوده قوسی اقیانوسی و محدوده قوسی قاره‌ای است. نمودارها ترکیب سنگ منشأ در ناحیه گرانیته بازالتی را نشان می‌دهند که با توجه به نتایج به احتمال زیاد

پانویس

1-Wendt

2-Jobst

3-X-ray fluorescence

4-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

5-Chemical index of Alteration

6-Suttner

7-Dutta

منابع

-نبوی، م.، ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۳۹۲ ص.

-آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

-Alavi, M., 1992. Thrust tectonic of the Binalood region, NE Iran, Tectonophysics, v. 11, p. 360-370.

-Amajor, L.C., 1987. Major and trace element geochemistry of Albian and Turonian shales from the Southern Benue trough, Nigeria, Journal of African Earth Sciences, v. 6, p. 633-641.

-Armstrong-Altrin, J., Lee, Y.I., Verma, S.P. and Ramasamy, S., 2004.

Geochemistry of sandstones from the upper Miocene Kudankulam Formation, southern India: Implications for provenance, weathering and tectonic setting, Journal of sedimentary Research, v. 74(2), p. 285-297.

-Armstrong-Altrin, J.S. and Verma, S.P., 2005. Critical evaluation of six tectonic setting discrimination diagrams using geochemical data of Neogene sediments from known tectonic

- Settings, *Sedimentary Geology*, v. 177, p. 115-129.
- Al-Juboury, A.I., McCann, T. and Ghazal, M.M., 2009. Provenance of Miocene sandstones in northern Iraq, constraints from framework petrography, bulk-rock geochemistry and mineral chemistry, *Russian Geology and Geophysics*, v. 50, p. 517-534.
- Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones, *Journal of Geology*, v. 91, p. 611-627.
- Bhatia, M.R. and Crook, K.A., 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins, *Contributions to mineralogy and petrology*, v. 92(2), p. 181-193.
- Borges, J. and Huh, Y., 2007. Petrography and chemistry of the bed sediments of the Red River in China and Vietnam: Provenance and chemical weathering, *Sedimentary Geology*, v. 194 (3-4), p. 155-168.
- Bhuiyan, M.A.H., Rahman, M.J.J., Dampare, S.B. and Suzuki, S., 2011. Provenance, tectonics and source weathering of modern fluvial sediments of the Brahmaputra–Jamuna River, Bangladesh: inference from geochemistry, *Journal of Geochemical Exploration*, v. 111(3), p. 113-137.
- Crook, K.A., 1974. Lithogenesis and geotectonic: the significance of compositional variation in flysch arenites (graywackes), In: Dott, R.H. Jr., Shaver, R.H. (Eds), *Modern and ancient geosynclinal sedimentation*, Society for Sedimentary Geology Special Publication, v. 19, p. 304-310.
- Cullers, R., 1988. Mineralogical and chemical changes of soil and stream sediment formed by intense chemical weathering of Danburg granite, Georgia, USA. *Lithos*, v. 21, p. 301-314.
- Cullers, R.L., 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian Permian age, Colorado, U.S.A. implications for provenance and metamorphic studies, *Lithos*, v. 51, p. 181-203.
- Fedo, C.M., Eriksson, K.A. and Krogstad, E.J., 1996. Geochemistry of shales from the Archean (~ 3.0 Ga) Buhwa Greenstone Belt, Zimbabwe: implications for provenance and source-area weathering, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(10), p. 1751-1763.
- Gaillardet, J., Dupré, B., Louvat, P. and Allègre, C.J., 1999. Global silicate weathering and CO₂ consumption rates deduced from the chemistry of large rivers, *Chemical Geology*, v. 159, p. 3-30.
- Garcia, D., Ravenne, C., Maréchal, B. and Moutte, J., 2004. Geochemical variability induced by entrainment sorting, quantified signals for provenance analysis, *Sedimentary Geology*, v. 171, p. 113-128.
- Garzanti, E. and Resentini, A., 2016. Provenance control on chemical indices of weathering (Taiwan river sands), *Sedimentary geology*, v. 336, p. 81-95.
- Hayashi, K.I., Fujisawa, H., Holland, H.D. and Ohmoto, H., 1997. Geochemistry of ~ 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 61(19), p. 4115-4137.
- McLennan, S.M. and Taylor, S.R., 1980. Rare earth elements in sedimentary rocks, granites and uranium deposits of the Pine Creek geosyncline, In *Uranium in the Pine Creek geosyncline*.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, v. 299(5885), 715 p.

- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1987. Introduction and Source Materials, In Sand and Sandstone (pp. 1-21), Springer, New York, NY.
- Rao, W., Chen, J., Tan, H., Jiang, S. and Su, J., 2011. Sr-Nd isotopic and REE geochemical constraints on the provenance of fine-grained sands in the Ordos deserts, north-central China, *Geomorphology*, v. 132(3), p. 123-138.
- Roser, B.P. and Korsch, R.J., 1988. Provenance signature of sandstone-mudstone suite determined using discriminate function analysis of major element data, *Chemical Geology*, v. 67, p. 119-139.
- Roy, P.D., Caballero, M., Lozano, R. and Smykatz-Kloss, W., 2008. Geochemistry of late Quaternary sediments from Tecocomulco lake, central Mexico: Implication to chemical weathering and provenance, *Chem Erde*.
- Saha, S., Banerjee, S., Burley, S.D., Ghosh, A. and Saraswati, P.K., 2010. The influence of flood basaltic source terrains on the efficiency of tectonic setting discrimination diagrams: an example from the Gulf of Khambhat, western India, *Sedimentary Geology*, v. 228, p. 1-13.
- Sahraeyan, M. and Bahrami, M., 2012. Geochemistry of sandstones from the Aghajari Formation, Folded Zagros Zone, southwestern Iran: Implication for paleoweathering condition, provenance and tectonic setting, *International Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 4, p. 390-407.
- Sensarma, S., Rajamani, V. and Jayant, K., 2008. Petrography and geochemical characteristics of the sediments of the small River Hemavati, Southern India: Implications for provenance and weathering processes, *Sedimentary Geology*, v. 205, p. 111-125.
- Schneider, S., Hornung, J., Hinderer, M. and Garzanti, E., 2016. Petrography and geochemistry of modern river sediments in an equatorial environment (Rwenzori Mountains and Albertine rift, Uganda) — Implications for weathering and provenance, *Sedimentary Geology*, v. 336, p. 106-119.
- Singh, P. and Rajamani, V., 2001. REE geochemistry of recent clastic sediments from the Kaveri floodplain, southern India: implications to source area weathering and sedimentary processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 65 (18), p. 3093-3108.
- Suttner, L.J. and Dutta, P.K., 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, Part I: framework mineralogy, *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 56, p. 329-345.
- Von Eynatten, H., 2003. Petrography and chemistry of sandstone from the Swiss Molasse Basin: An archive of the Oligocene to Miocene evolution of the Central Alps, *Sedimentology*, v. 50, p. 703-724.
- Yang, S.Y., Jung, H.S., Choi, M.S. and Li, C.X., 2002. The rare earth element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments, *Earth and Planetary Science Letters*, v. 201(2), p. 407-419.