

# سنگ‌نگاری و ژئوشیمی سنگ‌های رسوبی سیلیسی - آواری میوسن گستره نیریز (برش‌های روشن کوه و کوه آسکی) با تأکید بر خاستگاه و جایگاه زمین‌ساختی

پریسا غلامی‌زاده<sup>۱\*</sup>، محمدحسین آدابی<sup>۲</sup>، محبوبه حسینی برزی<sup>۳</sup>، عباس صادقی<sup>۳</sup> و محمدرضا قاسمی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷

## چکیده

سنگ‌نگاری و ژئوشیمی رسوبات میوسن در برش روشن کوه و کوه آسکی در گستره نیریز در بخش نزدیک به منشأ حوضه زاگرس برای بررسی خاستگاه این نهشته‌ها شامل سنگ منشأ، جایگاه زمین‌ساختی و شرایط آب‌وهوای دیرینه انجام گرفته است. رخنمون رسوبات یاد شده در گستره نیریز از سوی شمال خاور به گسل اصلی زاگرس و از جنوب باختر به پهنه افولیت نیریز محدود می‌شود و از حدود ۷۰۰ متر ماسه‌سنگ، کنگلومرا و مارن سرخ و سبزرنگ تشکیل شده است که با ناپیوستگی فرسایشی روی سازند جهرم و با ناپیوستگی زاویه‌دار در زیر کنگلومرای بختیاری قرار می‌گیرد. نتایج سنگ‌نگاری سیلیسی آواری‌های میوسن نشان می‌دهد که خرده‌سنگ‌ها بیشترین اجزای سازنده هستند و در رتبه بعدی کوارتز و فلدسپارها قرار دارند که این بلوغ کانی‌شناسی ضعیف در کنار بلوغ بافتی ضعیف (زاویه‌دار بودن دانه‌ها، جورش‌گی بد) نشان از نهشت نزدیک به منشأ آنها دارد. مطالعه سنگ‌نگاری خرده‌سنگ‌ها و ترکیب شیمیایی کلی نمونه‌ها نشان می‌دهد که منشأ رسوبات چندگانه و از پهنه سنندج - سیرجان (سنگ‌آهک‌های کرتاسه - سنگ‌های دگرگونی - سنگ‌های آتشفشانی ائوسن) و پهنه زاگرس (توالی افولیتی، رادیولاریت‌ها و سنگ‌آهک‌های ائوسن) تأمین شده است. همچنین رسم نتایج دانه‌شماری روی نمودارهای QFL و QmFLt نشان می‌دهد که رسوبات میوسن گستره نیریز حاصل چرخه دوباره رسوبات پس از کوهزایی و کمان ماگمایی هستند. جایگاه زمین‌ساختی این رسوبات بر پایه نمودارهای ژئوشیمیایی، جزایر کمانی قاره‌ای و حاشیه فعال قاره است. میانگین اندیس کولرز، CIW<sup>۱</sup> (برای محاسبه هوازدگی شیمیایی) و میانگین اندیس ICV (برای تعیین نوع سنگ منشأهای بالغ و غیربالغ) و رسم برای  $SiO_2$  در برابر  $Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$  برای این رسوبات بیانگر هوازدگی ناچیز و شرایط آب‌وهوایی خشک در زمان رسوب‌گذاری است که فراوانی سیمان کربناتی و خرده‌سنگ‌ها نیز آن را تأیید می‌کند. نتایج این مطالعه گامی است در تعیین چارچوب رسوب‌شناسی نهشته‌های نزدیک به منشأ حوضه زاگرس و فرایندهای هم‌زمان با رسوب‌گذاری در میوسن.

**کلیدواژه‌ها:** ژئوشیمی، سنگ منشأ، جایگاه زمین‌ساختی، رسوبات میوسن، نیریز، زاگرس.

\***نویسنده مسئول:** پریسا غلامی‌زاده

E-mail: Prsgholami@gmail.com

## ۱- پیش‌نوشتار

ارتباط میان ترکیب رسوبات آواری، جایگاه زمین‌ساختی و خاستگاه به وسیله پژوهشگران زیادی مطالعه شده است (برای نمونه: بایت گل و حسینی برزی، ۱۳۹۰؛ آفرین و همکاران، ۱۳۹۲؛ Armstrong-Altrin & Verma, 2005؛ Etemad-Saeed et al., 2011؛ Jafarzadeh & Hosseini-Barzi, 2008؛ Sahraeyan & Bahrami, 2012). نوع ذرات تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها همواره تحت تأثیر کنش و واکنش میان نوع سنگ منشأ، هوازدگی ناحیه منشأ، حمل و نقل و فرایندهای دیاژنزی است (McLennan et al., 1993). با وجود تأثیر این عوامل، تحلیل مدال ماسه‌سنگ‌ها و ژئوشیمی کل سنگ می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد موقعیت زمین‌ساختی، خاستگاه و حتی جایگاه ژئودینامیکی گذشته ارائه دهد (Pettijohn et al., 1987).

حوضه زاگرس به دلیل اینکه بزرگ‌ترین حوضه نفت و گاز در ایران است از نظر داشتن پتانسیل بالای تولید و ذخیره هیدروکربن، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران است. گستره مورد مطالعه در شمال خاوری‌ترین بخش حوضه زاگرس - پهنه خرد شده زاگرس جای گرفته است. مطالعات زیادی روی جنبه‌های مختلف زمین‌شناسی این حوضه انجام شده است؛ ولی اطلاعات ناقصی در مورد وقایعی وجود دارد که در ناحیه نزدیک به منشأ حوضه پیش‌بوم زاگرس رخ داده است (Alavi, 2004 & 2007). از جمله می‌توان به زمان و چگونگی برخورد دو صفحه گندوانایی و اوراسیایی اشاره کرد (e.g. Stocklin, 1968; Ricou et al., 1977; Hessami, 2002; Alavi, 2004).

Talebian & Jackson, 2004; Agard et al., 2005 & 2011, Babaei et al., 2005; Lacombe et al., 2006).

در این مطالعه سعی بر این است که با استفاده از تحلیل مدال ماسه‌سنگ‌ها و ژئوشیمی ماسه‌سنگ‌های توالی رسوبی میوسن در دو برش روشن کوه و کوه آسکی در گستره نیریز، سنگ منشأ و جایگاه زمین‌ساختی این نهشته‌ها بررسی شود. این چنین مطالعاتی روی نهشته‌های بخش نزدیک به منشأ حوضه زاگرس می‌تواند گام مؤثری در تفسیر جغرافیای دیرینه این حوضه طی میوسن باشد.

## ۲- زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه

حوضه زاگرس از دید ساختاری به چند زیرپهنه تقسیم می‌شود که در امتداد شمال باختری - جنوب خاوری کشیده شده‌اند (Agard et al., 2005). پهنه خردشده (Crush zone)؛ زاگرس بلند (High Zagros)؛ زاگرس ساده چین‌خورده (Zagros Simply Folded belt)؛ حوضه فورلند زاگرس (خلیج فارس و بین‌النهرین: Zagros Foreland Basin).

گستره نیریز از دید ساختاری در پهنه زاگرس خردشده جای دارد (شکل ۱). بر پایه نظریه (Agard et al. 2005 & 2011) پهنه برخورد در گستره کرمانشاه شامل رادیولاریت، افولیت، آهک‌های سازند بیستون به سن ژوراسیک و ماگماهای اوایل تشریری است. در گستره نیریز، پهنه برخورد شامل رادیولاریت، افولیت و

لیتارنایت هستند و خرده‌سنگ‌ها به ترتیب فراوانی شامل خرده‌سنگ‌های کربناتی (خرده‌سنگ‌های اسپارایتی و میکرایتی با فسیل‌های مربوط به مناطق کم‌ژرفا و ژرف، خرده‌سنگ‌های کربناتی با تبلور دوباره)، خرده‌سنگ‌های آتشفشانی (با ترکیب آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت‌بازالت)، خرده‌سنگ‌های رسوبی دیگر (بیشتر رادیولاریت، چرت‌های رادیولردار، چرت متبلور شده، چرت‌های آبیسال، سیلستون، مادستون)، خرده‌سنگ‌های دگرگونی (اسلیت، فلیت، متاولکانیک، متاسیلستون) و خرده‌سنگ‌های سرپانتینیت است (شکل‌های ۴-الف تا ج). کوارتزها در ماسه‌سنگ‌ها هم به صورت تک‌بلورین (مونوکریستالین) و هم چندبلورین (پلی کریستالین) با خاموشی موحی دیده می‌شوند (شکل‌های ۴-ت تا ج). فلدسپارها از دو گروه دیگر کمتر در نمونه‌ها دیده می‌شوند (شکل‌های ۴-ج و چ). پلاژیوکلازها با ترکیب حدواسط تا بازیگ فراوان‌ترند. به مقدار کمتری فلدسپار پتاسیم‌دار و کمتر میکروکلین دیده می‌شود (شکل ۴-ج). از مهم‌ترین کانی‌های سنگین در این نمونه‌ها می‌توان به کروم اسپینل، اپیدوت، تورمالین، زیرکن و گارنت اشاره کرد (شکل‌های ۴-خ و د). فرایندهای دیاژنزی اصلی شامل تراکم شیمیایی، تراکم فیزیکی و سیمان‌کلسیتی است (شکل‌های ۴-چ تا ر).

به‌طور کلی زاویه‌دار بودن دانه‌ها، جورشدگی ضعیف و ترکیب کانی‌شناسی بسیار نابالغ (به دلیل فراوانی خرده‌سنگ‌های سنگی) سنگ‌های رسوبی میوسن، رسوب‌گذاری در ناحیه نزدیک به منشأ را نشان می‌دهد. کم بودن میزان ماتریکس، فراوانی سیمان کربناتی و فراوانی خرده‌سنگ‌ها می‌تواند نشان‌دهنده شرایط آب‌وهوایی خشک در هنگام رسوب‌گذاری باشد. مطالعه صحرایی قطعات کنگلومرا و مطالعات میکروسکوپی خرده‌سنگ‌های ماسه‌سنگ‌ها نشان می‌دهد که سنگ منشأهای بسیاری در زمان رسوب‌گذاری رخنمون داشته‌اند. مقایسه این نتایج با رخنمون مجموعه سنگ‌های مختلف روی نقشه‌های زمین‌شناسی دوپست و پنج هزار و صدهزار گستره چاهک، نیریز و قطرویه (روشن‌روان و اشراقی، ۱۳۷۳؛ اشراقی و همکاران، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۸) نشان می‌دهد که بخشی از مواد از حاشیه فعال (پهنه سندنج-سیرجان) و بخشی از حاشیه غیرفعال (پهنه زاگرس) منشأ گرفته‌اند. خرده‌سنگ‌های حمل شده از پهنه سندنج-سیرجان عبارتند از: سنگ‌آهک‌های اوریتولین‌دار و سنگ‌آهک‌های پلاژیک کرتاسه، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، سنگ‌های دگرگونی درجه ضعیف تا متوسط. خرده‌سنگ‌های منشأ گرفته از پهنه زاگرس شامل توالی افولیتی (سرپانتینیت-سنگ‌های آتشفشانی)، رادیولاریت و چرت‌های آبیسال، سنگ‌آهک‌های الوئولین‌دار و نومولیت‌دار سازند جهرم و سنگ‌آهک‌های کرتاسه بالایی (سازند تارپور) هستند. رسم نتایج دانه‌شماری ماسه‌سنگ‌های میوسن گستره نیریز روی نمودارهای QFL و QmFLt (شکل‌های ۳ و ۵) نشان می‌دهد که ترکیب ماسه‌سنگ‌های میوسن از مقدار زیادی خرده‌سنگ‌ها، مقدار کم تا متوسط کوارتز و کمی فلدسپار تشکیل شده است که در محدوده چرخه دوباره رسوبات حاصل از کوهزایی و کمان بریده نشده قرار می‌گیرند. در کمرندهای برخوردی، هم سنگ‌های پوسته قاره‌ای و هم اقیانوسی می‌توانند منشأ رسوبات در حوضه‌های پیش‌بوم باشند (Dickinson, 1985). همان‌گونه که در مثلث خرده‌سنگ‌ها در شکل ۳ دیده می‌شود خرده‌سنگ‌های رسوبی چیره هستند و پس از آن خرده‌سنگ‌های آتشفشانی و خرده‌سنگ‌های دگرگونی. مقدار کم فلدسپارها و مقدار بیشتر خرده‌سنگ‌های رسوبی نسبت به آتشفشانی، برخورد از نوع قاره‌ای-قاره‌ای را پیشنهاد می‌کند. همچنین وجود خرده‌سنگ‌های دگرگونی نشان می‌دهد که بخش‌های ژرف‌تر کمرند کوهزایی نیز رخنمون یافته است. رسم نتایج روی دو نمودار QmFLt و QtFL (Dickinson, 1985) روندی را از قطب خرده‌سنگ به قطب کوارتز با مقداری جابه‌جایی به سوی فلدسپارها نشان می‌دهد (شکل ۵). در نمودار QtFL (شکل ۵) برخی از نمونه‌ها در محدوده کمان ماگمایی بریده نشده (Undissected arc) قرار گرفته‌اند که نشان می‌دهد بخشی از رسوبات حاصل حمل

آهک‌های کم‌ژرفا دارای دو کفه‌ای به سن ژوراسیک-کرتاسه است و سنگ‌های ماگمایی اوایل سنوزوییک رخنمون ندارند (Agard et al., 2005). شواهد نشان می‌دهد که پس از برخورد پایانی، رسوبات فلیش گونه با سن الیگو-میوسن روی این مجموعه نهشته است (Babaei et al., 2005). این رسوبات که تناوبی از ماسه‌سنگ و مارن سرخ و سبزرنگ است؛ در امتداد لبه شمال خاوری حوضه (در مجاورت گسل اصلی زاگرس) جای گرفته است و به علت سرعت زیاد فرایندهای زمین‌ساختی در این محدوده زمانی به حوضه‌ای بسیار پویا تعلق دارد (Ricou, 1971). این مجموعه رسوبات معادل با گروه فارس در حوضه زاگرس هستند.

### ۳- روش مطالعه

در این پژوهش ۱۹۰ مقطع نازک میکروسکوپی از برش‌های چینه‌شناسی روشن کوه و کوه آسکی (شکل ۱) توسط میکروسکوپ پلاریزان مطالعه شده است. ویژگی‌های بافتی، ساختی و دیاژنزی بر پایه Pettijohn et al. (1987) و نام‌گذاری ماسه‌سنگ‌ها بر پایه Folk (1980) انجام شده است. مقاطع نازک برای تشخیص کلسیت از دولومیت به روش Dickson (1965) با آلزارین سرخ رنگ آمیزی شده است. مطالعات نقطه‌شماری به روش Gazzi-Dickinson (Dickinson, 1985; Ingersoll et al., 1984) به روش ۴۳ نمونه ماسه‌سنگی متوسط‌دانه انجام شده و حدود ۳۰۰ نقطه در هر نمونه از دید ترکیبی مورد بررسی قرار گرفته است.

۱۱ نمونه ماسه‌سنگی، ۴ نمونه سیلستونی و ۱۲ نمونه مادستون (۱۱ نمونه از برش کوه آسکی و ۱۶ نمونه از برش روشن کوه) برای تحلیل ترکیب کل سنگ با کمترین میزان کربنات کلسیم (بر پایه کلسی‌متری ۶۹ نمونه) انتخاب شد. عناصر اصلی  $P_2O_5$  و  $CaO$  و  $MgO$  و  $Na_2O$  و  $MnO$  و  $Fe_2O_3$  و  $TiO_2$  و  $K_2O$  و  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  توسط دستگاه XRF (X-ray Fluorescence Spectrometer) و عناصر فرعی توسط ICP-OES در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تجزیه شده است.

### ۴- مطالعات صحرایی

برش روشن کوه در ۳۰ کیلومتری خاور آباده طشک در شمال روستای ده مورد جای گرفته است و برش کوه آسکی در ۳۰ کیلومتری خاور نیریز پس از گذشتن از روستای هورگان در شمال ده اسلام آباد رخنمون دارد (شکل ۱). توالی میوسن در هر دو برش با ناپیوستگی فرسایشی روی سنگ‌آهک‌های سازند جهرم به سن ائوسن زیرین تا میانی نهشته شده‌اند و با ناپیوستگی زاویه‌دار در زیر سازند کنگلومرای بختیاری قرار دارند. این نهشته‌ها از دید سنگ‌شناسی در برش روشن کوه شامل چند بخش اصلی هستند که از پایین به بالا عبارتند از (Ricou et al., 1977): ۶۰ متر کنگلومرا (که خرده‌سنگ‌های آن شامل سرپانتینیت، رادیولاریت و آهک‌های الوئولین‌دار هستند)، مادستون سرخ‌رنگ بدون فسیل با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، ۵۰ متر آهک فسیل‌دار زردرنگ دارای دو کفه‌ای‌ها (گرینستون تا پکستون)، ۵۵۰ متر ماسه‌سنگ-سیلستون-مارن سبزرنگ، ماسه‌سنگ-سیلستون-مارن سرخ رنگ که یک توالی به سوی بالا درشت‌شونده را نشان می‌دهند. ۵۰ تا ۱۰۰ متر پایانی کنگلومرای و خشن است (شکل ۲). برش کوه آسکی شامل ۴۴۰ متر تناوب مارن سرخ، ماسه‌سنگ و کنگلومراست که به سوی بالای توالی درشت‌دانه‌تر می‌شوند (شکل ۲).

### ۵- مطالعات میکروسکوپی

بیشتر ماسه‌سنگ‌های میوسن در گستره نیریز از دید بافتی، نیمه‌بالغ (ماتریکس کمتر از ۵ درصد، جورشدگی متوسط تا ضعیف و نیمه‌زاویه‌دار) با سیمان کلسیتی هستند و به طول میانگین، متوسط‌دانه هستند. بر پایه جدول ۱ و نمودار Folk (1980) (شکل ۳)، نمونه‌های مورد مطالعه از دید ترکیب کانی‌شناسی بیشتر

دوباره رسوبات پیش کمانی هستند (Dickinson, 1985). رسوبات حاصل از فرسایش کمان‌های ماگمایی مقدار زیادی خرده‌سنگ‌های آتشفشانی تولید می‌کنند؛ با بالا آمدگی و فرسایش بیشتر کمان ماگمایی، ریشه کمان تشکیل شده از سنگ‌های نفوذی رخنمون می‌یابد و بر مقدار فلدسپار و کوارتز افزوده می‌شود و روندی را از کمان بریده نشده به سوی کمان بریده شده نشان می‌دهند. با در نظر گرفتن منشأ چرخه دوباره رسوبات کوهزایی (و بخشی از رسوبات کمان ماگمایی) برای توالی میوسن گستره نیریز، روندی که روی شکل ۵ دیده می‌شود بیانگر بالا آمدگی مجموعه کمان و کمپلکس فرورانشی و رخنمون و فرسایش ریشه نفوذی کمان و سنگ‌های دگرگونی بخش محوری کمپلکس فرورانشی در زمان میوسن است. باور بر این است که بقایای اقیانوس نوتیس در زمان الیگو-میوسن به‌طور کامل بسته می‌شود، زیرا تغییر سریع در رسوب‌گذاری کربنات‌های دریایی کم‌ژرفا (سازند آسماری) به رخساره‌های آواری (سازندهای رازک و آقاجاری) نشان‌دهنده تبدیل حاشیه غیرفعال به حوضه پیش‌بوم در حاشیه صفحه عربی و آغاز برخورد صفحات عربی و اوراسیاست (Hessami et al., 2001; Sherkat & Letouzey, 2004) و نتایج سنگ‌نگاری توالی میوسن گستره نیریز این امر را تأیید می‌کند.

## ۶-۱. سنگ منشأ

از نمودار Hayashi et al. (1997) که از رسم درصد  $\text{TiO}_2$  در برابر Zr برحسب ppm به دست می‌آید، برای تفکیک سنگ منشأهای بازیک از حدواسط و فلسیک استفاده می‌شود (شکل ۸-الف). عناصر فرعی مانند Th, Hf, Zr, Nb و La در سنگ‌های اسیدی و عناصری مانند Cr, Co, Ni و Sc در سنگ‌های مافیک فراوان تر هستند (Cai et al., 2011). (Cullers (2000). همچنین از این عناصر برای تفکیک سنگ منشأ استفاده کرده است (شکل ۸-ب). همچنین از نمودارهای Cr/V در برابر Y/Ni (Floyd & Leveridge, 1987) و La/Th در برابر Hf (Floyd & Leveridge, 1987) نیز برای تشخیص سنگ منشأ استفاده می‌شود (شکل ۹).

همان‌گونه که در شکل ۸-الف دیده می‌شود مقدار  $\text{TiO}_2$  در بازه ۰/۲ تا ۰/۷ درصد تغییر می‌کند؛ در حالی که مقدار Zr بیشتر از ۵۰ پی‌پی‌ام است. بر این اساس ترکیب سنگ‌های آواری میوسن گستره نیریز سنگ منشأ اسیدی تا حدواسط را نشان می‌دهد. روی شکل ۸-ب نیز نمونه‌ها در محدوده سنگ‌های سیلیسی قرار می‌گیرند. رسم نمونه‌ها روی نمودار Cr/V در برابر Y/Ni (Floyd & Leveridge, 1987) نشان می‌دهد که نمونه‌ها بیشتر متمایل به سنگ منشأ بازیک هستند (شکل ۹)؛ ولی نمودار La/Th در برابر Hf (Floyd & Leveridge, 1987) سنگ منشأ فلسیک را برای رسوبات میوسن پیشنهاد می‌کند (شکل ۹) که مقدار Hf از ۳ تا ۱۴ پی‌پی‌ام در تغییر است و نشان می‌دهد با فرسایش کمان و یا پی‌سنگ، Hf از زیرکن آزاد شده است. بررسی ۴ نمودار بالا برای تعیین ماهیت سنگ منشأ نشان می‌دهد که نمونه‌های میوسن گستره نیریز در محدوده‌های مختلفی از سنگ منشأهای بازیک و فلسیک قرار می‌گیرند. همچنین بررسی دوباره شکل ۵ نشان می‌دهد برخی از عناصر اصلی و فرعی که ممکن است از سنگ‌های بازیک ( $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Cr, Co, Ni) و یا از سنگ‌های فلسیک (Th, U, Nb, Ta و Hf) منشأ گرفته باشند. افزون بر این میزان کربنات بیشتر از میانگین ترکیب پوسته قاره‌ای بالایی است که می‌تواند درصد دیگر عناصر را تحت‌تأثیر قرار دهد. علت این امر این است که عناصر اصلی و فرعی نمونه‌های مورد مطالعه از سنگ منشأهای مختلفی تأمین شده‌اند و همپوشانی میزان عناصر نسبت به یکدیگر روی نمودارهای مختلف سبب قرارگیری نمونه‌ها در محدوده‌های مختلف شده است. افزون بر این، مطالعات سنگ‌نگاری نیز منشأ چندگانه رسوبات میوسن گستره نیریز را تأیید می‌کند.

## ۶-۲. جایگاه زمین‌ساختی

جایگاه زمین‌ساختی تحت‌تأثیر عواملی مانند فرایندهای رسوب‌گذاری، دیاژنز و ترکیب رسوب است (Pettijohn et al., 1987; Bhatia, 1983; Chamley, 1990)؛ بنابراین از عناصر اصلی ماسه‌سنگ‌ها می‌توان برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی آنها استفاده کرد (Bhatia, 1983; Von Eynatten, 2003; Armstrong-Altrin & Verma, 2005). همان‌گونه که در شکل ۱۰ دیده می‌شود بر پایه تغییر مقادیر عناصر اصلی می‌توان سنگ‌های آواری

دوباره رسوبات پیش کمانی هستند (Dickinson, 1985). رسوبات حاصل از فرسایش کمان‌های ماگمایی مقدار زیادی خرده‌سنگ‌های آتشفشانی تولید می‌کنند؛ با بالا آمدگی و فرسایش بیشتر کمان ماگمایی، ریشه کمان تشکیل شده از سنگ‌های نفوذی رخنمون می‌یابد و بر مقدار فلدسپار و کوارتز افزوده می‌شود و روندی را از کمان بریده نشده به سوی کمان بریده شده نشان می‌دهند. با در نظر گرفتن منشأ چرخه دوباره رسوبات کوهزایی (و بخشی از رسوبات کمان ماگمایی) برای توالی میوسن گستره نیریز، روندی که روی شکل ۵ دیده می‌شود بیانگر بالا آمدگی مجموعه کمان و کمپلکس فرورانشی و رخنمون و فرسایش ریشه نفوذی کمان و سنگ‌های دگرگونی بخش محوری کمپلکس فرورانشی در زمان میوسن است.

باور بر این است که بقایای اقیانوس نوتیس در زمان الیگو-میوسن به‌طور کامل بسته می‌شود، زیرا تغییر سریع در رسوب‌گذاری کربنات‌های دریایی کم‌ژرفا (سازند آسماری) به رخساره‌های آواری (سازندهای رازک و آقاجاری) نشان‌دهنده تبدیل حاشیه غیرفعال به حوضه پیش‌بوم در حاشیه صفحه عربی و آغاز برخورد صفحات عربی و اوراسیاست (Hessami et al., 2001; Sherkat & Letouzey, 2004) و نتایج سنگ‌نگاری توالی میوسن گستره نیریز این امر را تأیید می‌کند.

## ۶-۳. مطالعات ژئوشیمیایی

عناصر اصلی و فرعی رسوبات آواری به عواملی مانند ترکیب سنگ منشأ، پستی و بلندی‌های ناحیه، آب و هوای دیرینه و دیاژنز بستگی دارد (Dey et al., 2009; e.g. Taylor & McLennan, 1985; Cullers, 1995 & 2000). بنابراین می‌توان با استفاده از نمودارهایی که به‌صورت تجربی توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده است به شرایط دیرینه حوضه رسوبی پی برد (Bhatia & Crook, 1986; Bhatia, 1983; e.g. Roser & Korsch, 1988; McLennan et al., 1993).

پیش از بررسی نتایج ژئوشیمی روی نمودارهای متداول و تفسیر آنها، لازم است که پردازش‌های آماری تجزیه عناصر اصلی و فرعی دو برش روشن کوه و کوه آسکی، در جدول‌های ۲ و ۳ و شکل‌های ۶ و ۷ شرح داده شوند. تجزیه اکسید عناصر نمونه‌های دو برش در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه و در شکل ۶ عناصر اصلی و فرعی رسوبات میوسن گستره نیریز با ترکیب شیمیایی پوسته بالایی قاره‌ای (Upper Continental Crust: UCC) مقایسه شده است (Talor & McLennan, 1985). همان‌گونه که در جدول‌های ۲ و ۳ و شکل ۶ مشخص است، مقدار میانگین  $\text{SiO}_2$  (۳۷/۲۵ درصد) رسوبات نیریز به‌طور قابل توجهی از مقدار  $\text{SiO}_2$  پوسته بالایی  $\text{SiO}_2=۶۴/۸$  (Talor & McLennan, 1985) کمتر است که بلوغ پایین سنگ‌های رسوبی میوسن گستره نیریز را نشان می‌دهد. همچنین مقدار میانگین  $\text{CaO}$  رسوبات میوسن (۲۰/۷۷ درصد) حدود ۵ برابر مقدار  $\text{CaO}$  پوسته قاره‌ای بالایی (۴/۱۹ درصد) است که نشان از مقدار بالای خرده‌سنگ‌ها و سیمان کربناته دارد؛ به‌طوری که سبب کاهش نسبی درصد  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  شده است (شکل ۶). مقدار  $\text{K}_2\text{O}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  (به‌طور میانگین ۰/۶ درصد) در شکل ۶ کمتر از میانگین این عناصر در پوسته قاره‌ای بالایی است که نشان می‌دهد مقدار فلدسپار در ترکیب نمونه‌ها کم است. مقدار بالاتر درصد اکسیدهای  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{MgO}$  نسبت به پوسته قاره‌ای بالایی نشان‌دهنده وجود کانی‌های مافیک در رسوبات میوسن گستره نیریز است (شکل ۶). مقایسه عناصر فرعی سنگ‌های رسوبی گستره مورد مطالعه نسبت به ترکیب پوسته قاره‌ای بالایی نشان می‌دهد که میانگین عناصر Cs, Th, U, Nb, Ta, Hf, Cr, Co, Ni بیشتر و میانگین عناصر Y, Zr, Rb کمتر است (شکل ۶).

از آنجا که  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در طی هوازدگی، دیاژنز و دگرگونی تقریباً بدون تغییر می‌ماند، می‌تواند به عنوان عاملی برای مقایسه با دیگر عناصر اصلی به کار رود (شکل ۷). در شکل ۷ ارتباط  $\text{Al}_2\text{O}_3$  با  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{K}_2\text{O}$ ،  $\text{TiO}_2$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  مثبت و با میزان  $\text{CaO}$  منفی است و با  $\text{MnO}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{MgO}$  رابطه خاصی نشان نمی‌دهد. رابطه مثبت  $\text{Al}_2\text{O}_3$  با

سنگ‌منشأهای بالغ است. طی فرایند هوازدگی مقدار ICV به علت تبدیل فلدسپارها به کانی‌های رسی آلومینیم‌دار کاهش می‌یابد؛ بنابراین تغییرات ICV می‌تواند به علت تغییر ترکیب سنگ منشأ یا تغییرات هوازدگی باشد (Cox et al., 1995). مقدار ICV برای بازالت حدود ۲/۲، آندزیت ۱/۵ و گرانیت ۰/۹۵ است (Valiani & Rezaee, 2014). مقدار ICV برای نمونه‌های مارنی گستره نیریز به‌طور میانگین ۲/۸۰ و برای ماسه‌سنگ‌ها به‌طور میانگین ۶/۰۹ است. بنابراین مقدار ICV نمونه‌های نیریز بالاست که ترکیب نابالغ سنگ منشأ را نشان می‌دهد. نمودار  $SiO_2$  در برابر  $Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$  این نتیجه‌گیری را تأیید می‌کند (شکل ۱۲). افزون بر این از رسم مقدار  $SiO_2$  در برابر  $Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$  (Suttner & Dutta, 1986) می‌توان به شرایط آب‌وهوای دیرینه در منطقه منشأ پی برد (شکل ۱۲). این نمودار نشان می‌دهد که آب‌وهوای دیرینه منطقه منشأ در زمان رسوب‌گذاری خشک بوده است.

#### ۷- جغرافیای دیرینه

پهنه خردشده زاگرس از دید توپوگرافی و نوع تغییر شکل‌های زمین‌ساختی همانند زاگرس مرتفع است؛ ولی واحدهای زمین‌شناسی مشخصی دارد که به سکوی عربی متعلق نیستند و از شمال به گسل اصلی زاگرس محدود می‌شوند (Agard et al., 2011). شواهد چینه‌شناسی نشان می‌دهد که از دید جغرافیایی، ۳ منطقه به نام‌های فروافتادگی ده‌بید (Sillon de Deh Bid)، برجستگی فارس (Ride du Fars) و فروافتادگی بیرونی (Sillon plus interne) در منطقه نیریز تشخیص داده شده است که رسوبات فروافتادگی ده‌بید (رسوبات میوسن مورد بحث) در همه مرزهای آلپ از مدیترانه تا دریای عمان به‌صورت منقطع دیده می‌شود (Ricou, 1971). شواهد منطقه حدواسط میان فروافتادگی ده‌بید و ارتفاعات شمالی آن که در طول سنوزویک از آب بیرون بوده است، به دلیل برخورد شدید زمین‌ساختی از بین رفته است (Ricou, 1971). ولی مرز جنوبی این فروافتادگی که در شمال برجستگی فارس قرار دارد در روشن کوه به‌صورت رخساره‌های آبرفتی دیده می‌شود. بنابراین رسوبات از لبه‌های شمال خاوری و جنوب باختری این فروافتادگی باریک تأمین می‌شده است. مقایسه میان ترکیب ماسه‌سنگ‌های میوسن که بر پایه مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمی انجام شده است و نوع مجموعه‌های سنگی که در حال حاضر در پیرامون این رسوبات روی نقشه‌های زمین‌شناسی رخمون دارند، نشان می‌دهد که رسوبات از سنگ‌های آتشفشانی بیشتر با ترکیب آندزیتی، سنگ‌های آهکی، چرت و رادیولاریت، افیولیت‌ها، سنگ‌های رسوبی تخریبی و سنگ‌های دگرگونی منشأ گرفته‌اند. در حال حاضر رخمون سنگ‌های آتشفشانی و دگرگونی در شمال و سنگ‌های چرتی و رادیولاریتی و توالی افیولیتی در جنوب رخمون سنگ‌های رسوبی میوسن روی نقشه دیده می‌شود. رخمون سنگ‌های آهکی و رسوبی تخریبی در دو سوی این رسوبات دیده می‌شود. همچنین بلوغ بافتی و کانی‌شناسی پایین ماسه‌سنگ‌های میوسن نشان می‌دهد که حوضه رسوبی به فاصله کمی نسبت به منطقه منشأ قرار داشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های این مطالعه منطبق بر داده‌های چینه‌شناسی (Ricou (1971) و Agard et al. (2005 & 2011) است و فروافتادگی باریکی میان برجستگی فارس و نقطه نامعلومی در پهنه سندج-سیرجان وجود داشته است که رسوبات به فاصله کمی از دو سو به این حوضه می‌ریخته‌اند.

#### ۸- نتیجه‌گیری

در مطالعات سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی رسوبات تخریبی میوسن گستره نیریز برای تشخیص سنگ منشأ، جایگاه زمین‌ساختی و شرایط آب‌وهوایی دیرینه نتایج زیر حاصل شده است:

- اجزای تشکیل‌دهنده ماسه‌سنگ‌های میوسن در گستره نیریز به ترتیب فراوانی

جزایر کمائی اقیانوسی، جزایر کمائی قاره‌ای، حاشیه فعال قاره و حاشیه غیرفعال را از یکدیگر جدا کرد. در نمودار Roser & Korsch (1986) از اکسیدهای اصلی  $K_2O$  و  $Na_2O$ ،  $Al_2O_3$ ،  $SiO_2$  می‌شود (شکل ۱۰). مقدار عناصر فرعی مانند La، Th، Sc، Ti، Zn، Y و Cr به دلیل غیر متحرک بودن در شرایط هوازدگی، دیاژنز و دگرگونی درجه متوسط کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (شکل ۱۱)؛ بنابراین در سنگ‌های رسوبی حفظ می‌شوند و شاخص‌های خوبی برای پی‌بردن به جایگاه زمین‌ساختی دیرینه سنگ‌های رسوبی هستند (Bhatia & Crook, 1986).

با توجه به شکل‌های ۱۰ و ۱۱ به نظر می‌رسد ماسه‌سنگ‌های میوسن در گستره نیریز بیشتر متمایل به محدوده جزایر کمائی قاره‌ای و حاشیه فعال قاره هستند. در شکل ۱۰ علت جابه‌جایی نمونه‌ها نسبت به محدوده‌های تعیین شده (Bhatia (1983) می‌تواند وجود اکسیدهای  $MgO$  و  $Fe_2O_3$  در شبکه خرده‌سنگ‌ها و سیمان کربناته باشد و مقدار بیشتر  $Al_2O_3$  می‌تواند ناشی از فیلسیلیکات‌های آهن و منیزیم‌دار موجود در خرده‌سنگ‌های آتشفشانی باشد. پیچیدگی زمین‌ساختی گستره مورد مطالعه سبب منشأ چندگانه و درهم‌ریختگی داده‌های ژئوشیمیایی شده است. بنابراین با توجه به شواهد سنگ‌نگاری و زمین‌ساخت-چینه‌نگاری توالی میوسن در گستره نیریز می‌تواند در یک حوضه پس از برخورد و نزدیک به منشأ نهشته شده باشد و فرسایش مجموعه سنگ‌های مختلف با ترکیب‌های مختلف سبب قرارگیری نمونه‌ها در محدوده‌های مختلف شده است.

به‌طور کلی از بررسی مجموع نمودارهایی که برای مطالعه جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های رسوبی استفاده می‌شود، چنین برمی‌آید که سنگ‌های رسوبی میوسن گستره نیریز بیشتر در محدوده جزایر کمائی قاره‌ای و به مقدار کمتری حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند. نمودارهای QFL و QmFLt دیکینسون در شکل ۴ نیز نشان می‌دهد که این احتمال وجود دارد که به دلیل نزدیک به منشأ بودن رسوبات میوسن گستره نیریز، افزون بر این که رسوبات از چرخه دوباره رسوبات پس از کوهزایی تشکیل شده باشند، بخشی از رسوبات از موقعیت جزایر کمائی قاره‌ای و پیش کمائی وارد حوضه میوسن شده باشند.

#### ۶-۳. هوازدگی و آب و هوای منطقه منشأ

آب‌وهوا روی میزان هوازدگی منطقه منشأ مؤثر است؛ بنابراین با استفاده از ترکیب سنگ‌های آواری می‌توان میزان هوازدگی را برآورد کرد (Nesbitt & Young, 1982). برای محاسبه هوازدگی شیمیایی از اندیس کولرز (McLennan et al., 1993). استفاده شده است (Cullers, 2000) که عبارتند از:

$$CIW' = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$$

مقدار  $CaO^*$  شامل تنها  $CaO$  موجود در ترکیب سیلیکات‌هاست. از آنجا که مقدار سیمان و خرده‌سنگ‌های کربناته در نمونه‌های میوسن گستره نیریز بالاست، برای محاسبه  $CaO^*$  مقدار  $CaO$  برای نمونه‌هایی که بیشتر از مقدار  $Na_2O$  است برابر با مقدار  $Na_2O$  در نظر گرفته شده است (Bock et al., 1998). هر چه این اندیس از ۵۰ بیشتر و به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده هوازدگی بیشتر در ناحیه منشأ است. میانگین اندیس کولرز برای رسوبات میوسن گستره نیریز ۹۰ است که نشان از هوازدگی بالا در منطقه منشأ دارد.

اندیس ICV (Index of chemical variability) برای تعیین نوع سنگ منشأ بر پایه ژئوشیمی عناصر اصلی استفاده می‌شود.

$$ICV = [(Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + MnO + TiO_2) / Al_2O_3]$$

در این معادله، اکسید  $CaO$  شامل همه انواع  $Ca$  از جمله سیمان کربناته و خرده‌سنگ‌های آهکی است. مقادیر بالای ICV شامل سنگ منشأهای نابالغ غنی از کانی‌های سیلیکاته بدون رس است؛ در حالی که مقادیر پایین نشان‌دهنده



کولرز (CIW') برای رسوبات میوسن به طور میانگین ۹۰ (هوازدگی شدید) و اندیس ICV برای نمونه های مارنی گستره نیریز به طور میانگین ۲/۸۰ و برای ماسه سنگ ها به طور میانگین ۶/۰۹ است (بیانگر سنگ منشأ های نابالغ)؛ بنابراین هوازدگی شیمیایی در زمان میوسن ضعیف و شرایط آب و هوای دیرینه در هنگام رسوب گذاری خشک بوده است.

### سپاسگزاری

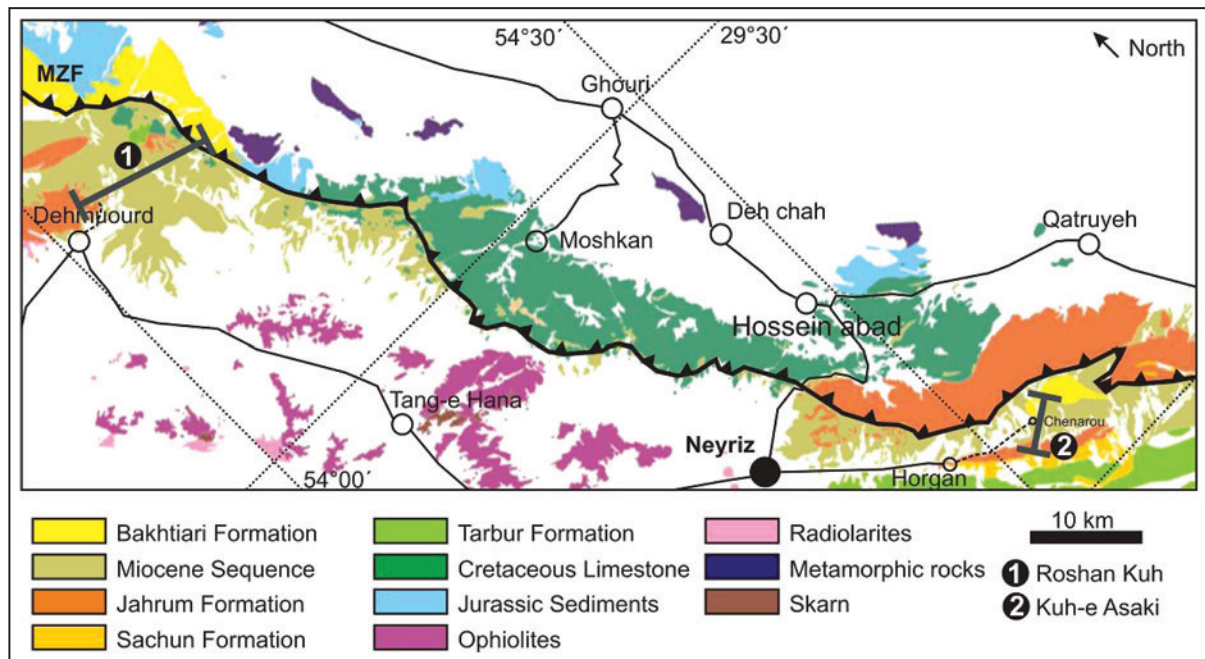
از جناب آقایان مهندس صفرعلی اشراقی و مهندس رامین الیاس زاده به دلیل کمک ها و همکاری شان در انجام مراحل عملیات صحرایی و راهنمایی های ارزنده شان، از مسئولان و همکاران آزمایشگاه های سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، جناب آقای دکتر جعفر عمرانی و سرکار خانم ها جان شکن، دالوند، ابوالحسنی و فیضی راد برای فراهم آوردن امکانات مناسب در انجام این مطالعه سپاسگزاری می شود.

شامل خرده سنگ (رادبولاریت، خرده سنگ های آتشفشانی، کربناته، دگرگونی و سربانتینیت)، کوارتز و به میزان کمتری فلدسپار هستند و ترکیب لیترانیتی دارند.

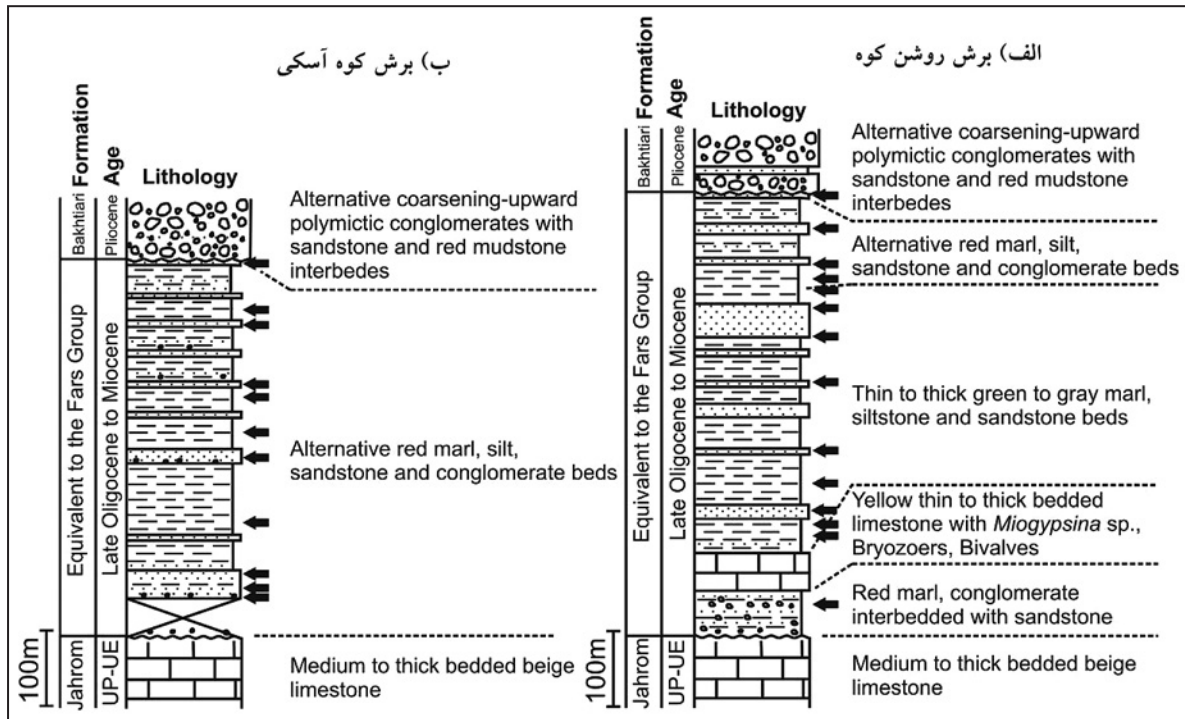
مطالعات سنگ نگاری در مورد سنگ منشأ نشان می دهد که سنگ منشأ رسوبات میوسن در گستره نیریز چندگانه است و از سنگ های آهکی کرتاسه، سنگ های دگرگونی و سنگ های آتشفشانی اتوسن مربوط به پهنه ارومیه - دختر (از سوی شمال خاور) و سنگ های کربناته اتوسن، رادبولاریت ها و توالی افیولیتی پهنه زاگرس منشأ گرفته اند (از سوی جنوب باختر).

مطالعات ژئوشیمیایی نیز نشان می دهد که ترکیب سنگ منشأ از اسیدی تا حدواسط در تغییر است. همچنین نتایج ژئوشیمیایی نشان می دهد جایگاه زمین ساختی این نهشته ها در ارتباط با جزایر کمانی قاره ای و حاشیه فعال قاره ای است. این چندگانگی می تواند از ویژگی حوضه های پس از برخورد و نزدیک به منشأ باشد.

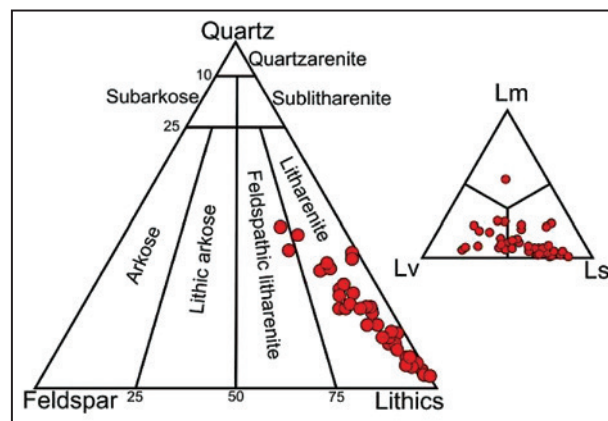
نتایج به دست آمده از مطالعه شرایط هوازدگی گذشته نشان می دهد که اندیس



شکل ۱- نقشه زمین شناسی و موقعیت گستره نیریز. ۱) برش روشن کوه؛ ۲) برش کوه آسکی؛ MZF= گسل اصلی زاگرس. برگرفته از نقشه های یک صد هزارم چاهک، نیریز و قطرویه (روشن روان و اشراقی، ۱۳۷۳؛ اشراقی و همکاران، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۸) با تغییرات.

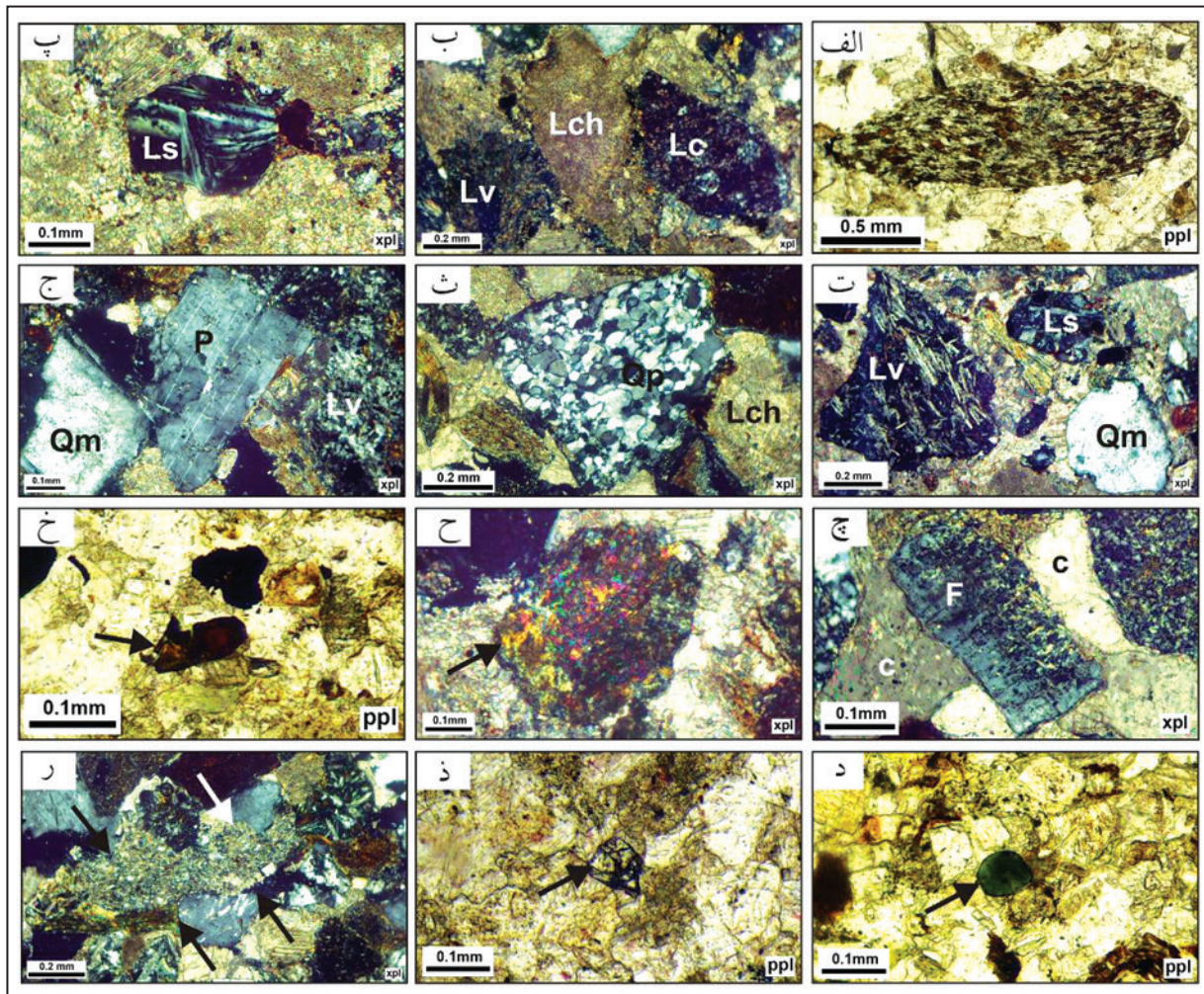


شکل ۲- ستون چینه‌شناسی برش‌های: الف) روشن کوه؛ ب) کوه آسکی در گستره نیریز. موقعیت نمونه‌هایی که مورد تجزیه ژئوشیمیایی قرار گرفته‌اند با فلش مشخص شده است.

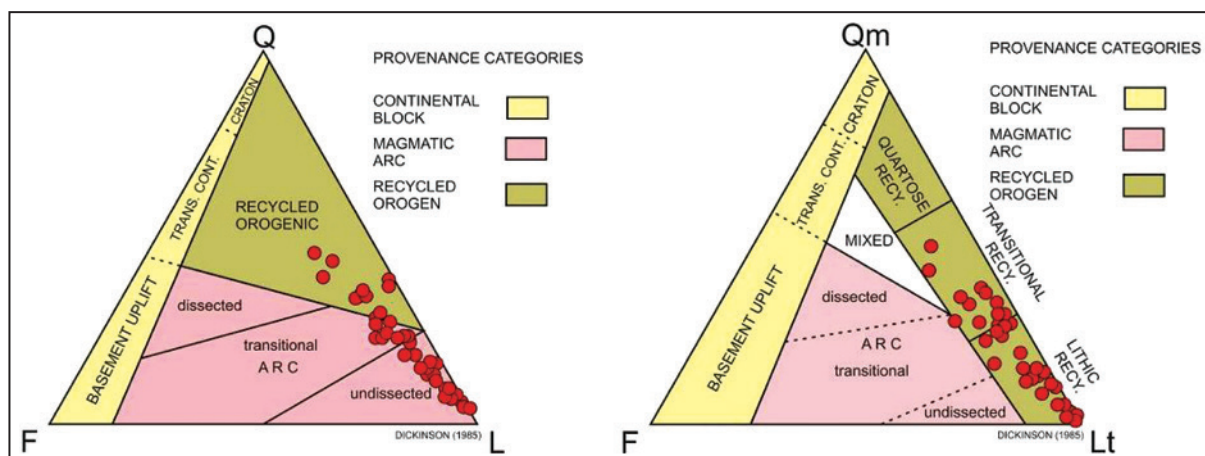


شکل ۳- رسم نتایج دانه‌شماری ماسه‌سنگ‌های میوسن گستره نیریز روی نمودار Folk (1980) QFL.

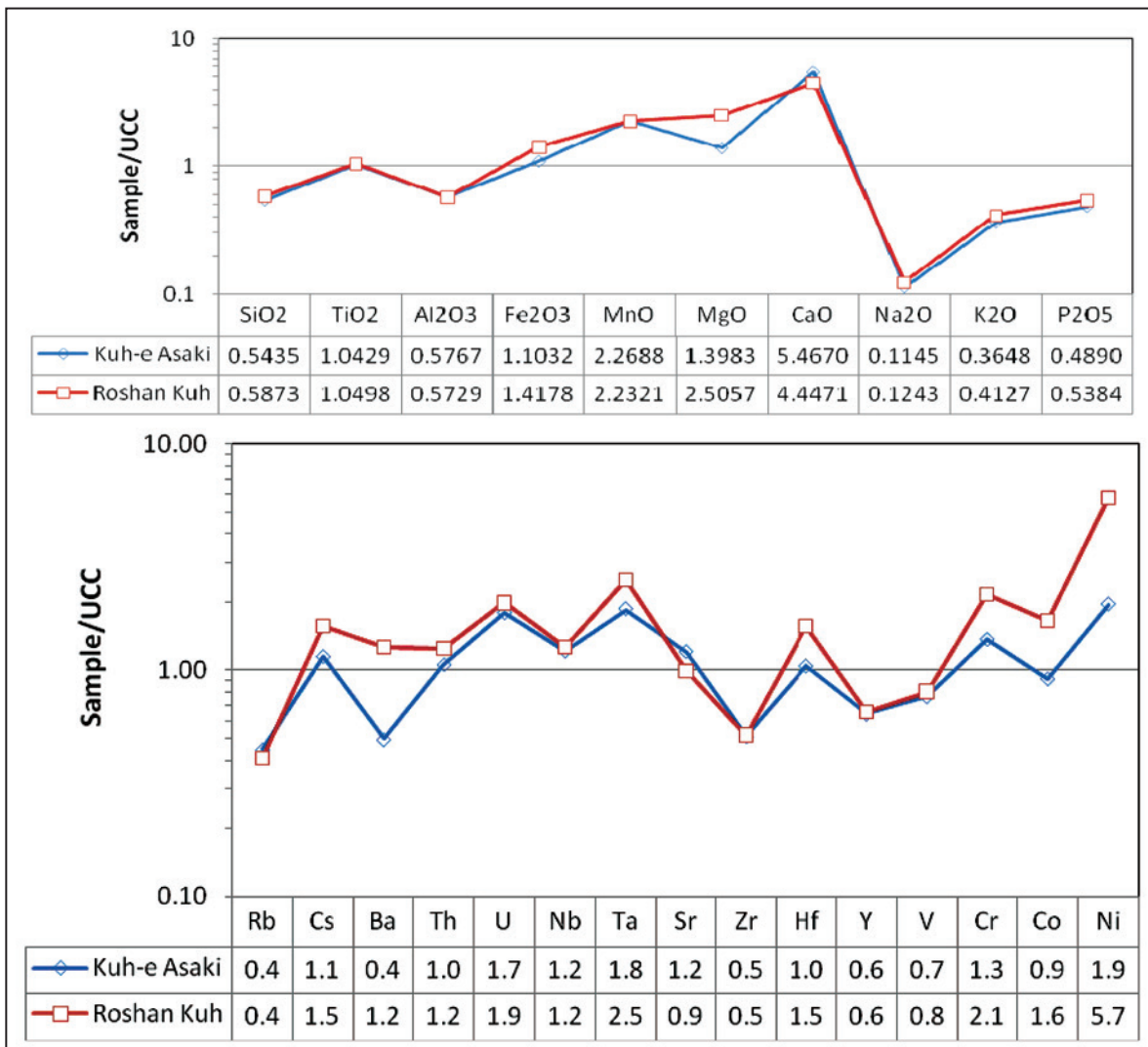




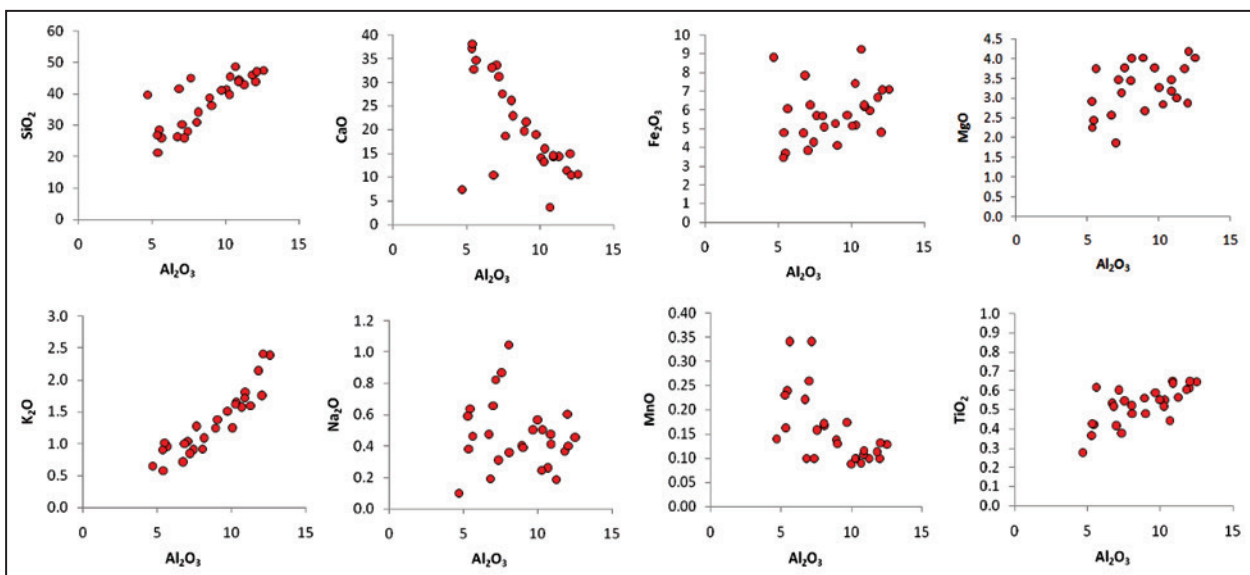
شکل ۴- اجزای تشکیل دهنده ماسه سنگ‌های میوسن گستره نیریز؛ (الف) خرده سنگ دگرگونی (فیلیت)؛ (ب) خرده سنگ آهکی (Lch)، چرت (Lc) و آتشفشانی (Lv)؛ (پ) خرده سنگ سربانتینیت (Ls)؛ (ت) خرده سنگ آتشفشانی (Lv)، خرده سنگ سربانتینیت (Ls) و کوارتز تک‌بلورین (Qm)؛ (ث) کوارتز چندبلورین و خرده سنگ آهکی (Lch)؛ (ج) کوارتز تک‌بلورین (Qm) و پلاژیوکلاز با ترکیب اسیدی (P)؛ (چ) فلدسپار پتاسیم (F) و سیمان کلسیتی (c)؛ (ح) اپیدوت؛ (خ) اسپینل کروم‌دار؛ (د) تورمالین؛ (ذ) گارنت؛ (ر) تراکم فیزیکی سبب له شدن خرده سنگ‌های ریزدانه نرم در میان دانه‌های مقاوم تر کوارتز و فلدسپار شده است.



شکل ۵- رسم نتایج دانه شماری ماسه سنگ‌های میوسن گستره نیریز روی نمودارهای QmFLt و QtFL. Dickinson et al. (1983).

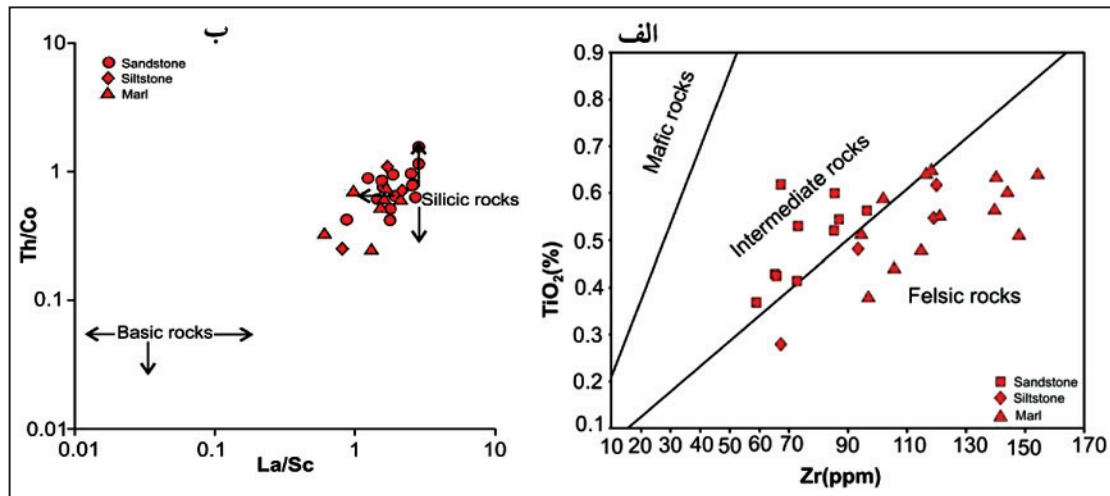


شکل ۶- بهنجارسازی اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی نسبت به ترکیب پوسته بالایی قاره‌ای (UCC) (Talor & McLennan, 1985) بر پایه داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات میوسن گستره نیریز.

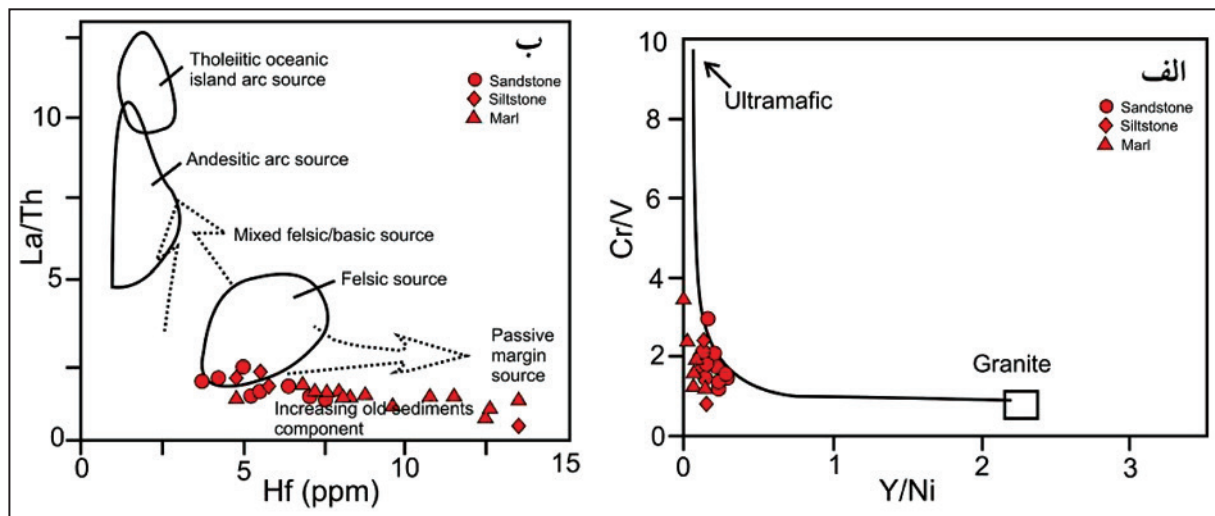


شکل ۷- ارتباط میان درصد اکسید آلومینیم با درصد دیگر عناصر اصلی در سنگ‌های میوسن گستره نیریز.

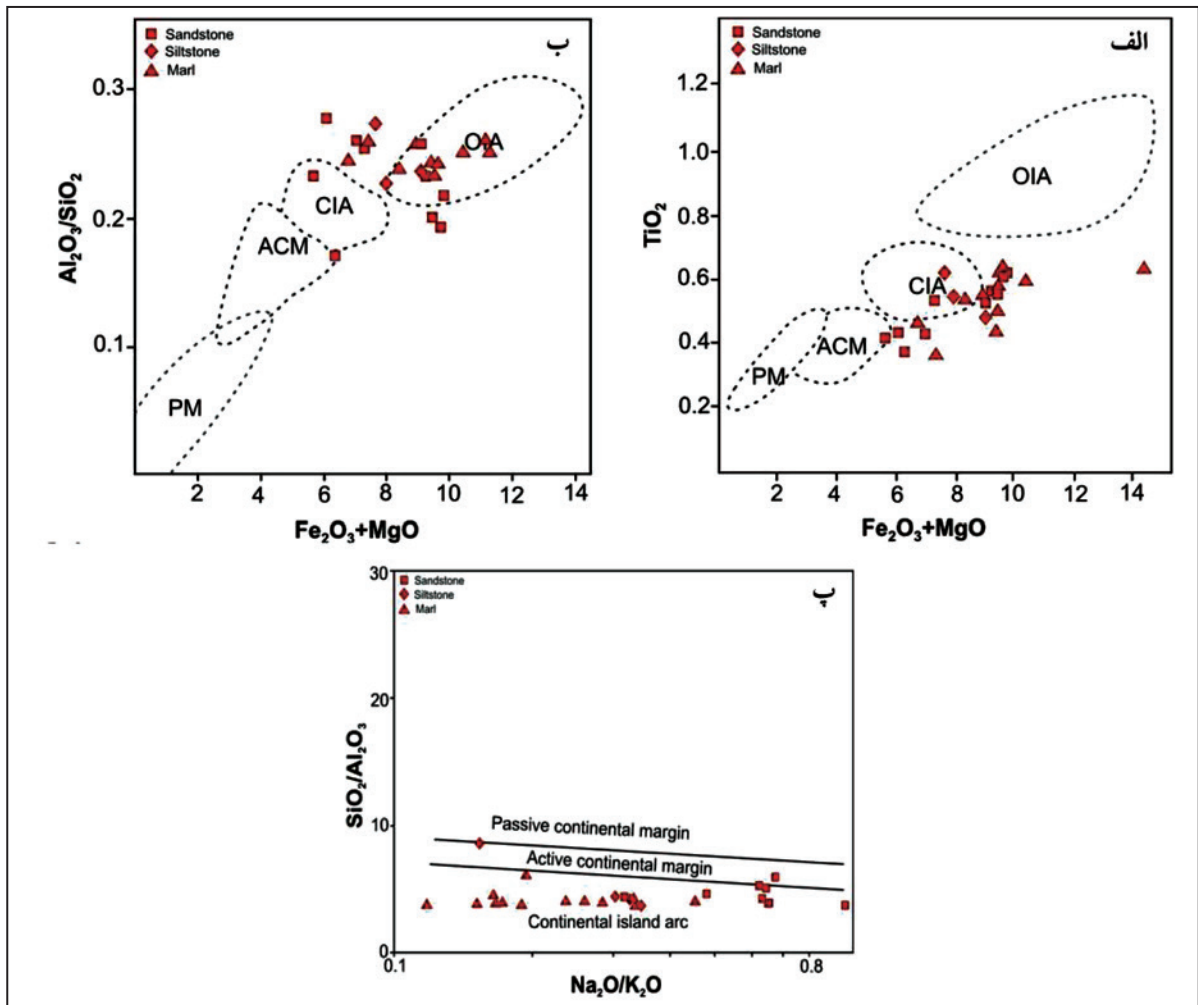




شکل ۸- الف) رسم مقادیر نمونه‌های میوسن در گستره نیریز روی نمودار  $\text{TiO}_2$  و Zr (Hayashi et al., 1997)؛ ب) ترکیب سنگ منشأ نمونه‌های میوسن در گستره نیریز روی نمودار  $\text{Th/Co}$  در برابر  $\text{La/Sc}$  (Cullers, 2002).

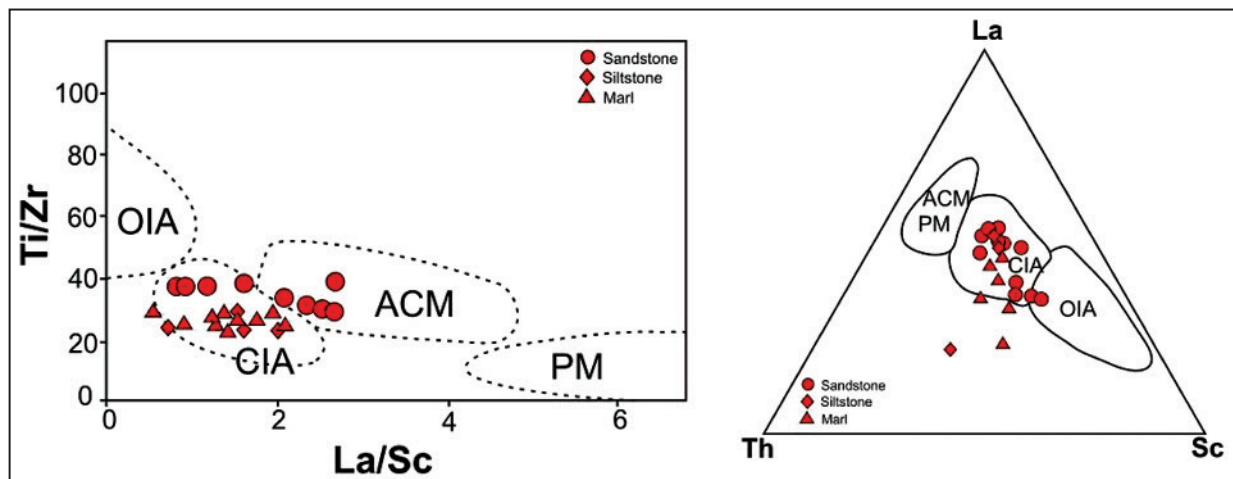


شکل ۹- رسم مقادیر عناصر فرعی سنگ‌های رسوبی میوسن گستره نیریز روی نمودارهای: الف)  $\text{Cr/V}$  در برابر  $\text{Y/Ni}$ ؛ ب)  $\text{La/Th}$  در برابر  $\text{Hf}$  (Floyd & Leveridge, 1987).

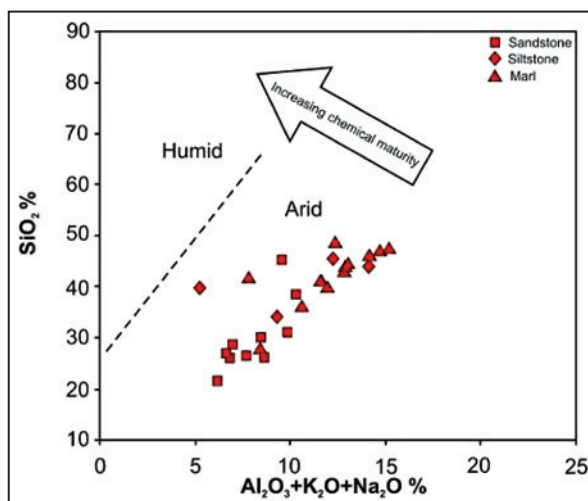


شکل ۱۰- نمودار ترکیب عناصر اصلی رسوبات میوسن در گستره نیریز برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی این نهشته‌ها (الف، ب: Bhatia, 1983; پ: Roser & Korsch, 1986).

OIA: Oceanic island arc, CIA: Continental island Arc, ACM: Active continental margin, PM: Passive continental margin



شکل ۱۱- رسم ترکیب عناصر فرعی رسوبات میوسن گستره نیریز روی نمودار تعیین جایگاه زمین‌ساختی (Bhatia & Crook (1986). OIA: Oceanic island Arc, CIA: continental island Arc, ACM: active continental margin, PM: passive continental margin



شکل ۱۲- نمودار تعیین شرایط آب‌وهوایی دیرینه در گستره منشأ (Suttner & Dutta, 1986).

جدول ۱- نتایج دانه‌شماری برخی از نمونه‌های ماسه‌سنگی توالی میوسن گستره نیریز (Qm non: non-undulose monocrystalline quartz, Qm undulose monocrystalline quartz, Qp>3: polycrystalline quartz >3 subcrystals, Qp 2-3: polycrystalline quartz with 2-3 subcrystals, C: chert fragment, p: plagioclase feldspar, K: potassium feldspar, Lvh: volcanic fragment, Ls: sedimentary fragments, Lm: metamorphic fragments: Lch: carbonate fragments, Lsm: metamorphose sedimentary fragments, M: mica

Samples	Qm non	Qm un	Qp >3	Qp 2-3	C	P	K	Lvh	Ls	Lm	Lch	Lsm	M	Sum
N-3		64	2	3	24	32	16	91	7	6	147		4	392
N-4	8	24	3		90	3	1	93	6	1	88		4	317
N-7		33	7	1	11	5	1	133	12	4	98	2	2	307
N-8		29	9	2	12	7	2	140	10	4	95	1	1	311
N-10	4	36			5	13	5	143	6	13	102	5	5	332
N-13		15	1		10	11	4	50	32		180	3		306
N-14		12	1		15	4		70	11	2	189	1		305
N-15		120	5	5	9	20	21	40	3	54	20	5	10	302
N-17	3	39			102	14	20				130		1	308
N-18	1	67	4		11	9	8	81	12	5	151	8	10	357
N-20	1	9	1		9		4	49	30		210			313
N-21		39	2		1	6	6	64	8	1	178		9	305
N-30		3			12	3	1	46	54	3	177	4		303
N-31		11	2		12	4		70	11	2	189	1		302
N-32		7			7			44	9		233		1	300
N-34		123	5	5	7	24	21	38	2	56	15	5	10	301
N-35		83	2	2	3	20	10	79	5	42	58		7	304
N-37		97	6	6	2	17	14	106	2	26	28		16	304
N-42		104	3			27	7	127		6	35		1	309
N-45		50	6	2	6	16	5	35	14	40	123	7	1	304
N-46		99	1	1	8	9	2	66		36	82		16	304



ادامه جدول ۱

Samples	Qm non	Qm un	Qp >3	Qp 2-3	C	P	K	Lvh	Ls	Lm	Lch	Lsm	M	Sum
N-47		18		1	12	14	4	104	4	21	119	5	1	302
N-58		47	7		11	7	2	117	9	6	88	12	3	306
N-102	3	100	1	2	12	17	3	70		30	80		16	318
N-104		17			8	16	4	114	2	18	124			303
N-107		50	6		10	6		130	3	7	80	10	2	302
N-110		125	2		6	27	18	42		60	21	4	12	305
N-112		93	1		4	25	14	89	2	32	47		6	307
N-116		102	6	5	3	23	15	115	2	16	25		3	312
N-120	2	41	1	2	4	7		72	9	3	168		10	309
N-129		4			15	4	2	49	65	1	169	1		310
N-130	1	11	3		13	3		51	20	2	104	1		209
N-131		7			10			54	10		225		1	306
N-132		112	2	3	14	13	1	59		29	78		8	311
N-133	1	21			9	15	3	124		17	121			311
N-135		49	7		15	6		129	1	12	91	9	2	319
N-140	1	131	1		9	26	13	53		59	23	3	13	319
N-142		103	1		4	24	17	79	2	34	45		10	309
N-147		98	5	2	7	23	19	121		13	23			311
N-148		52			9	8		68	8	2	153		9	300
N-150		5		1	12	10	1	38	70	1	181	1		320
N-151		12	3		15	4		53	23	1	98	1		210
N-154		7			23			32	9		231		1	302

جدول ۲- مقادیر عناصر اصلی نمونه‌های رسوبات میوسن در گستره نیریز.

Sections, samples			Major elements (%)										
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	
Kuh-e Asaki	Ma	N-9	43.0	11.2	6.0	14.3	3.0	1.6	0.2	0.6	0.1	0.1	
	Sa	N-25	38.7	8.9	5.3	19.7	4.0	1.2	0.4	0.6	0.1	0.1	
	Ma	N-29	36.4	9.0	4.1	21.6	2.7	1.4	0.4	0.5	0.1	0.1	
	Si	N-33	34.3	8.1	5.1	22.9	4.0	1.1	0.4	0.5	0.1	0.2	
	Si	N-43	45.6	10.3	5.2	15.9	2.8	1.6	0.5	0.5	0.1	0.1	
	Si	N-47	44.0	12.0	4.8	14.9	2.9	1.8	0.6	0.6	0.1	0.1	
	Ma	N-67	28.0	7.4	4.3	27.5	3.1	0.9	0.3	0.4	0.1	0.1	
	Ma	N-72	41.4	10.0	5.1	14.1	3.3	1.3	0.6	0.6	0.1	0.1	
	Sa	N-304	30.2	7.0	3.8	33.5	1.9	1.0	0.7	0.4	0.1	0.3	
	Sa	N-305	26.4	6.7	4.8	33.1	2.6	0.7	0.5	0.5	0.1	0.2	
	Sa	N-306	26.0	5.6	6.1	34.6	3.7	1.0	0.5	0.6	0.1	0.3	
		Max		45.6	12.0	6.1	34.6	3.7	1.8	0.7	0.6	0.1	0.3
		Min		26.0	5.6	3.8	14.1	1.9	0.7	0.2	0.4	0.1	0.1
	Aver		35.8	8.7	5.0	22.9	3.1	1.2	0.4	0.5	0.1	0.2	

ادامه جدول ۲

Sections, samples			Major elements (%)										
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	
Roshan Kuh	Ma	N-100	46.1	11.8	6.7	11.4	3.7	2.1	0.4	0.6	0.1	0.1	
	Sa	N-102	28.6	5.5	3.7	32.6	2.4	1.0	0.6	0.4	0.1	0.2	
	Sa	N-106	45.1	7.6	5.7	18.7	3.8	1.3	0.9	0.5	0.1	0.2	
	Ma	N-114	44.5	10.9	6.2	14.3	3.5	1.8	0.5	0.6	0.1	0.1	
	Sa	N-117	31.0	8.0	5.7	26.1	3.4	0.9	1.0	0.5	0.1	0.2	
	Ma	N-122	41.2	9.7	5.7	18.9	3.8	1.5	0.5	0.6	0.1	0.2	
	Ma	N-125	44.0	10.8	6.3	14.5	3.2	1.7	0.4	0.6	0.1	0.1	
	Si	N-230	39.7	4.7	8.8	7.3	17.7	0.7	0.1	0.3	0.1	0.1	
	Ma	N-236	41.7	6.8	7.8	10.4	12.7	1.0	0.2	0.5	0.1	0.1	
	Ma	N-237	48.7	10.6	9.2	3.6	10.4	1.6	0.3	0.4	0.1	0.1	
	Ma	N-243	39.8	10.2	7.4	13.2	6.9	1.6	0.2	0.5	0.1	0.1	
	Ma	N-260	47.5	12.5	7.1	10.6	4.0	2.4	0.5	0.6	0.1	0.1	
	Ma	N-264	47.2	12.1	7.1	10.4	4.2	2.4	0.4	0.6	0.1	0.1	
	Sa	N-313	26.0	7.2	6.3	31.1	3.4	0.9	0.8	0.6	0.1	0.3	
	Sa	N-314	26.8	5.3	3.5	37.1	2.9	0.9	0.6	0.4	0.1	0.2	
	Sa	N-315	21.3	5.4	4.8	38.0	2.2	0.6	0.4	0.4	0.1	0.2	
	Max			48.7	12.5	9.2	38.0	17.7	2.4	1.0	0.6	0.1	0.3
	Min			21.3	4.7	3.5	3.6	2.2	0.7	0.1	0.3	0.1	0.1
Aver			38.7	8.7	6.4	18.6	5.5	1.4	0.5	0.5	0.1	0.2	

جدول ۳- مقادیر عناصر فرعی نمونه های رسوبات میوسن در گستره نیریز.

Sections, samples			Trace elements (ppm)																	
			Cr	Co	La	Sc	Th	Zr	Rb	Cs	Ba	U	Nb	Ta	Sr	Hf	Y	V	NI	
Kuh-e Asaki	Ma	N-9	94.9	22.4	17.8	12.6	14	138	87.1	6.21	237	5.59	18.2	2.6	430	7.6	15	114	89.72	
	Sa	N-25	108	23	18.2	11	10.8	92	45.3	5.74	535	6.95	13.8	1.9	3191	6.6	15	83.9	138.4	
	Ma	N-29	172	16.4	20.4	9.84	10.8	112	49.9	4.46	232	4.13	14.2	1.9	515	4.9	15	82.1	71.35	
	Si	N-33	123	23.1	16.1	11.3	11.9	89	40.8	6.41	440	9.52	14.5	1.8	533	7.2	14	80	131	
	Si	N-43	192	17	21.2	10	12.2	117	64.2	6.01	481	5.12	15.9	1.6	358	7	15	79.7	85.56	
	Si	N-47	82.7	10.8	18.5	11.2	12	117	58.1	4.89	267	4.33	14.3	1.9	439	5.6	13	95.5	76.27	
	Ma	N-67	102	12.8	13.7	9.42	10.7	93	41.4	4.79	121	3.73	12.4	2.1	562	4.9	11	84.1	77.47	
	Ma	N-72	118	21.6	18.9	12.4	13.9	118	51.4	6.48	114	5.47	17.8	2.7	451	8.1	16	90.8	92.25	
	Sa	N-304	79.1	5.43	15.9	5.88	8.52	67	41.7	3.6	155	3.03	11.2	0.7	260	3.8	12	51.3	37.18	
	Sa	N-305	108	8.26	16.6	10	7.42	67	29.3	4.24	244	3.65	14.5	1.7	399	5.1	14	75.3	61.01	
	Sa	N-306	97.6	10.4	20.7	7.69	12.2	61	41	5.19	167	3.61	13.1	1.6	382	5.8	15	63.3	84.79	
	Max			192	192	23.1	21.2	12.6	14	138	87.1	6.48	535	9.52	18.2	2.7	3191	8.1	16	114
	Min			79.1	79.1	5.43	13.7	5.88	7.42	61	29.3	3.6	114	3.03	11.2	0.7	260	3.8	11	51.3
	Aver			116	116	15.6	18	10.1	11.3	97	50	5.27	272	5.01	14.5	1.9	684	6.1	14	81.8

Sections, samples			Trace elements (ppm)																	
			Cr	Co	La	Sc	Th	Zr	Rb	Cs	Ba	U	Nb	Ta	Sr	Hf	Y	V	NI	
Roshan Kuh	Ma	N-100	144	25.4	22.1	13.9	16.2	142	85.4	7.01	590	6	18.7	3.1	393	8.7	17	109	138.3	
	Sa	N-102	144	8.7	16.2	6.78	8.25	59	37.2	4.32	390	3.39	9.89	0.8	470	4.2	13	49.2	64.87	
	Sa	N-106	134	18.3	18.5	8.72	12.4	82	42.3	5.87	208	5.03	15.5	2.3	243	7.3	15	70.4	117.6	
	Ma	N-114	179	25.9	19.1	11.5	13.5	115	69.8	6.27	221	5.03	15.9	2.6	347	8.2	15	100	112.3	
	Sa	N-117	166	21.4	13.7	15.9	9.38	80	18.3	6.91	562	5.06	16.7	1.8	389	7.7	16	92.7	68.19	
	Ma	N-122	139	19.2	20	10.3	13.1	98	37.3	6.23	173	4.65	15.7	1.8	375	7.4	16	68.4	116.8	
	Ma	N-125	141	21.2	17.8	13.3	13.9	138	48	11	348	8.04	18.5	2.3	398	14	17	102	109	
	Si	N-230	457	69.2	8	10.8	17.4	61	17.2	9.91	81.9	7.5	8.03	4.2	247	13	7	53.8	119	
	Ma	N-236	281	64.8	15	11.9	15.6	89	43.3	9.12	131	6.94	13.5	3.8	269	13	12	81.6	777.9	
	Ma	N-237	346	56	11.8	20.3	18.6	102	49.4	8.4	109	6.66	16.3	4.1	243	12	11	102	578.7	
	Ma	N-243	125	38.3	22.5	13.6	16.5	146	83.9	8.54	271	6.56	20.3	2.8	272	11	17	108	108.1	
	Ma	N-260	238	20.3	15.2	16.3	14.3	113	55.1	7.21	123	5.6	15.8	3.3	327	9.6	13	100	317.2	
	Ma	N-264	141	23.9	23	15.2	16.9	153	85	8.29	182	6.27	19.8	2.7	282	11	18	111	162.4	
	Sa	N-313	132	15.1	14.8	16.1	10.5	80	21.6	6.06	438	4.52	17.1	1.7	417	7.4	17	109	67.82	
	Sa	N-314	75.9	10.9	15	5.95	7.19	52	21	4.99	165	3.39	8.54	1.6	364	5.5	12	45.3	86.69	
	Sa	N-315	107	10.6	13.3	11.2	9.32	59	17.3	4.91	361	4.26	12.2	1.4	523	5.3	14	75.4	48.43	
		Max		179	179	25.9	23	20.3	18.6	146	85.4	11	590	8.04	20.3	4.2	523	14	18	111
		Min		75.9	75.9	8.7	8	5.95	7.19	52	17.2	4.32	81.9	3.39	8.03	0.8	243	4.2	7	45.3
	Aver		130	130	21.1	16.6	12.6	13.3	98	45.8	7.19	272	5.56	15.2	2.5	347	9.1	14	86.2	

### کتابنگاری

اشراقی، ص.ع.، روشن‌روان، ج. و سبزه‌ای، م.، ۱۳۷۸- نقشه یکصد هزارم قطروئیه، تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

اشراقی، ص.ع.، روشن‌روان، ج.، علایی مهابادی، س. و سبزه‌ای، م.، ۱۳۷۵- نقشه یکصد هزارم نیریز، تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

آفرین، م.، بومری، م.، محبوبی، ا. و گرگیچ، م. ن.، ۱۳۹۲- ژئوشیمی گلسنگ‌ها و ماسه‌سنگ‌های میوسن پسین - پلئستوسن گستره ساحلی چابهار: با نگرشی بر سنگ منشأ و جایگاه زمین‌ساختی. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۲۵، صص. ۶۵ تا ۸۰.

بایت‌گل، آ. و حسینی برزی، م.، ۱۳۹۰- ژئوشیمی عناصر اصلی نهشته‌های سیلیسی آواری سازند شیرگشت، بلوک کلمرد، ایران مرکزی برای تعیین برخاستگاه زمین‌ساختی و هوازگی سنگ منشأ. فصلنامه علوم زمین، ۷۹، صص. ۱۰۱ تا ۱۱۲.

روشن‌روان، ج. و اشراقی، ص.ع.، ۱۳۷۳- نقشه یکصد هزارم چاهک، تهران: سازمان زمین‌شناسی 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*, v.94, p.401-119.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B. & Wortel, R., 2011- Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *Geological Magazine*, v.148, p.692-725.
- Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*, v.304, p.1-20.
- Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of Science*, v.307, p.1064-1095.
- Al-Juboury, A. I., McCann, T. & 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.



- Armstrong-Altrin, J. S. & 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.
- Babaei, A., Babaie, H. A. & Arvin, M., 2005- Tectonic evolution of the Neyriz ophiolite, Iran: An accretionary prism model. *Ofioliti*, v.30, p.65-74.
- Bhatia, M. R. & Crook, K. W., 1986- Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v.92, p.181-193.
- Bhatia, M. R., 1983- Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal of Geology*, v.91, p.611-627.
- Bock, B., McLennan, S. M. & Hanson, G. N., 1998- Geochemistry and Provenance of the Middle Ordovician Austin Glen Member (Normanskill Formation) and the Taconian Orogeny in New England. *Sedimentology*, v.45, p.635-655.
- Cai, G., Guo, F., Liu, X. & Sui, Sh., 2011- Elemental and Sr-Nd isotopic compositions of Cenozoic sedimentary rocks from the Dongying Sag of Jiyang depression, North China: Implications for provenance evolution. *Geochemical Journal*, v.45, p.33-55.
- Chamley, H., 1990- *Sedimentology*. Berlin: Springer-Verlag, p.285.
- Cox, R., Lowe, D. R. & Cullers, R. L., 1995- The influence of sediment recycling and basement composition of evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochim Cosmochim Acta*, v.59, p.2919-40.
- Cullers, R., 1995- The controls on the major and trace element evolution of shales, siltstones and sandstones of Ordovician to Tertiary age in the Wet Mountain region, Colorado, USA. *Chemical Geology*, v.123, p.107-131.
- Cullers, R., 2000- The geochemistry of shale, siltstone and sandstone of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implication for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, v.51, p.181-203.
- Dabard, M. P., 1990- Lower Brioverian Formations (Upper Proterozoic) of the Armorican Massif (France): Geodynamic evolution of source areas revealed by sandstone petrography and geochemistry. *Sedimentary Geology*, v.69, p.45-58.
- Das, B. K., AL-Mikhlaifi, A. S. & Kaur, P., 2006- Geochemistry of Mansar Lake sediments, Jammu, India: Implication for source-area weathering, provenance, and tectonic setting. *Journal of Asian Earth Science*, v.26, p.649-668.
- Dey, S., Rai, A. K. & Chaki, A., 2009- Palaeoweathering, composition and tectonics of provenance of the Proterozoic intracratonic Kaladgi-Badami basin, Karnataka, southern India: Evidence from sandstone petrography and geochemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*, v.34, p.703-715.
- Dickinson, W. R., Beard, L. S., Brakenridge, G. R., Erjavec, J. L., Ferguson, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A. & Ryberg, P. T., 1983- Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of American Bulletin*, v.94, p.222-235.
- Dickinson, W., 1985- Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In, G.G. Zuffa (Ed.), *Provenance of Arenites*, NATO ASI Series, C: Mathematical and Physical Sciences. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Boston, v.148, p.333-361.
- Dickson, J., 1965- A modified staining technique for carbonates in thin section. *Nature*, v.205, p.587.
- Etemad-Saeed, N., Hosseini-Barzi, M. & Armstrong-Altrin, J. S., 2011- Petrography and geochemistry of clastic sedimentary rocks as evidences for provenance of the Lower Cambrian Lalun Formation, Posht-e-badam block, Central Iran. *Journal of African Earth Sciences*, v.61, p.142-159.
- Floyd, P. A. & Leveridge, B. E., 1987- Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of Geological Society*, v.144, p.531-542.
- Folk, R. L., 1980- *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, Texas: Hemphill Press, p.182.
- Hayashi, K. I., Fujisawa, H., Holland, H. D. & Ohmoto, H., 1997- Geochemistry of approximately 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochim Cosmochim Acta*, v.61, p.4115-4137.
- Hessami, K., 2002- *Tectonic History and Present-Day Deformation in the Zagros fold-thrust belt*. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, p.13.
- Hessami, k., Koye, H., Talbot, C. J., Tabasi, H. & Shabanian, E., 2001- Progressive unconformities within an evolving foreland fold-thrust belt, Zagros Mountains. *Journal of the Geological Society, London*, v.158, p.969-81.
- Ingersoll, R. V., Bullard, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J. & Sares, S., 1984- The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.54, p.103-116.
- Jafarzadeh, M. & Hosseini-Barzi, M., 2008- Petrography and geochemistry of Ahwaz Sandstone Member of Asmari Formation, Zagros, Iran: implications on provenance and tectonic setting. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.25, p.247-260.

- Jin, Z., Li, F., Cao, J., Wang, S. & Yu, J., 2006- Geochemistry of Daihai Lake sediments, Inner Mongolia, north China: Implications for provenance, sedimentary sorting and catchment weathering. *Geomorphology*, v.80, p.147-163.
- Lacombe, O., Mouthereau, F., Kargar, S. & Meyer, B., 2006- Late Cenozoic and modern stress fields in the western Fars (Iran): implications for the tectonic and kinematic evolution of central Zagros. *Tectonics*, v.25, n.27
- Lee, Y., 1999- Geochemical characteristics of the Manhang Formation (Late Carboniferous) sandstones, Korea: implication for provenance. *Geosciences Journal*, v.3, p.87-94.
- McLennan, S. M., Hemming, S., McDaniel, D. K. & Hanson, G. N., 1993- Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. In: Johnsson, J.M., Basu, A. (Eds.), *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*, Geological Society of America, Special Paper, v.280, p.21-40.
- Nesbitt, H. W., & Young, G. M., 1982- Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, v.299, p.715-717.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R., 1987- *Sand and Sandstone*. New York: Springer-Verlag, p.553.
- Potter, P. E., Maynard, J. B. & Depetris, P. J., 2005- *Mud and Mudstone: Introduction and overview*. Berlin: Springer-Verlag, p.297.
- Ricou, L. E., 1971- Le croissant ophiolitique pe'ri-arabe une ceinture de nappes mise en place au cre'tace' supe'rieur. *Rev ge'ograp phys ge'ol dyn*, v.13, p.327-350.
- Ricou, L. E., Broud, J. & Brunn, J. H., 1977- Le Zagros. In *Livre à la mémoire de A.F. de Lapparent (1905–1975)*. Mémoire hors Série de la Société Géologique de France, v.8, p.33–52.
- Roser, B. P. & Korsch, R. J., 1986- Determination of tectonic setting of sandstone– mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. *Journal of Geology*, v.94, p.635-650.
- Roser, B. P. & Korsch, R. J., 1988- Provenance signatures of sandstone–mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical Geology*, v.67, p.119-139.
- Sahraeyan, M. & 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.
- Sherkati, S. & Letouzey, J., 2004- Variation of structural style and basin evolution in the Izeh Zone and Dezful Embayment, Central Zagros, Iran. 6th Middle East Geosciences Conference, GEO 2004. *GeoArabia, Abstract*, v.9, p.131
- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: a. *American Association of Petroleum Geologists*, v.52, p.1229–58.
- Suttner, L. J. & Dutta P. K., 1986- Alluvial sandstone composition and paleoclimate, Part I: framework mineralogy. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.56, p.329-345.
- Talebian, M. & Jackson, J., 2004- A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran. *Geophysical Journal International*, v.156, p.506–26.
- Taylor, S. R. & McLennan, S., 1985- *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Oxford: Blackwell, p.312.
- Valiani, Z. & Rezaee, P., 2014- Chemical characteristics, provenance determination and genesis conditions of clay deposits of the Kahrizak Formation (Early-Late Pleistocene), east of Tehran, Iran. *GSTF International Journal of Geological Sciences*, v.1, n.2.
- 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*, 50, p.703-724.

# Petrography and geochemistry of the Neyriz Miocene sediments (Roshan Kuh and Kuh-e Asaki sections): implication for provenance

P. Gholami Zadeh <sup>1\*</sup>, M. H. Adabi <sup>2</sup>, M. Hosseini-Barzi <sup>3</sup>, A. Sadeghi <sup>3</sup> & M. R. Ghassemi <sup>4</sup>

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

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

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2015 October 07

Accepted: 2016 February 06

## Abstract

Petrography and geochemistry of the Neyriz Miocene sediments at Roshan Kuh and Kuh-e Asaki sections were carried out to determine their provenance, tectonic setting and paleoclimate conditions in the proximal part of Zagros Basin. The Miocene sediments are limited to the Zagros Main Fault at the northeast and the Neyriz ophiolite zone at the southwest in the Neyriz region. They contain about 700 m red and green sandstone, conglomerate and marl which overlay the Jahrum Formation with a disconformity and covered by Bakhtiari conglomerate with an angular unconformity. Petrography of thin sections indicates that the rock fragments are the most constituent, and then quartz and feldspar respectively. The low compositional and textural maturity of the studied samples (angular grains and poorly sorted sandstones) shows the proximity to the source area. Petrography of the rock fragments and the bulk chemical composition of samples display that their provenance is multiple and the sediments were derived from Sanandaj-Sirjan Zone (Cretaceous limestone- metamorphic rocks- Eocene volcanic) and Zagros Zone (ophiolite sequence- radiolarites- Eocene limestone). Also, point-count data plotted on the QFL and QmFLt triangles indicate the recycled orogen and magmatic arc provenance. Based on geochemical data tectonic setting of Neyriz Miocene sediments is continental island arc and active continental margin. The averages of Cullers' index, CIW' (for calculation of the chemical weathering), ICV Index (to determine the maturity source), and SiO<sub>2</sub> versus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O diagram for these sediments show a poor weathering and dry climatic condition during their deposition which is supported by the high percentage of calcareous cement and frequency of the rock fragments. The results of this study suggest a sedimentological framework for the proximal part of Zagros Basin and the Miocene syn-depositional processes.

**Keywords:** Geochemistry, Provenances, Tectonic setting, Miocene sediments, Neyriz, Zagros.

For Persian Version see pages 3 to 18

\*Corresponding author: P. Gholami Zadeh; E-mail: prsgholami@gmail.com