

# خاستگاه زمین‌ساختی ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار، حوضه ماهانشان (البرز باختری)

نوید قویم<sup>۱</sup>، نجمه اعتمادسعید<sup>۲</sup> و مهدی نجفی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴

## چکیده

حوضه ماهانشان یکی از زیرحوضه‌های هم‌زمان با تکتونیک نوژن ایران مرکزی است. رسوبات این حوضه شامل حدود ۴ کیلومتر نهشته‌های سازند سرخ بالایی به سن میوسن است که تلفیقی از الگوهای رشدی و جنبش نمک را در خود ثبت کرده‌اند. به منظور دستیابی به تکامل خاستگاهی رسوبات شمال این حوضه، برش حصار، از ترکیب داده‌های دورسنجی، برداشت‌های میدانی و نیز پتروگرافی و آنالیز مودال ماسه‌سنگ‌ها استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ماسه‌سنگ‌ها، سدآرنایت‌های ( $Q_{46}F_{10}Rf_{44}$ ) ریز تا متوسط دانه‌ای هستند که به طور غالب از سنگ‌های سیلیسی آواری ریزدانه، دگرگونی، کربناته، چرتی و آتشفشانی آندزیتی رخنمون یافته در یک جایگاه تکتونیکی برخوردار ( $Q_{t49}F_{10}L_{41}$  و  $Q_{m34}F_{10}L_{t56}$ ) منشأ گرفته‌اند. ترکیب داده‌های خاستگاهی و نیز جهت جریان دیرینه به سمت شمال خاور، نشان می‌دهد که رسوبات بیشتر از سنگ‌های پی‌سنگی کمپلکس تکاب و سازند قم واقع در جنوب باختر حوضه ماهانشان تأمین شده‌اند. عدم تغییر خاستگاه رسوبات در طول برش مورد مطالعه نشان می‌دهد که کوتاه‌شدگی ناحیه‌ای و بالا آمدن سنگ‌های مادر پیش از نهشت سازند سرخ بالایی (میوسن) آغاز شده و طی نهشت این سازند نیز ادامه داشته است. این نتیجه‌گیری با سن پیشنهادی رخنمون کمپلکس تکاب طی زمان الیگوسن منطبق است.

**کلیدواژه‌ها:** حوضه ماهانشان، هم‌زمان با تکتونیک، سازند سرخ بالایی، خاستگاه، کمپلکس تکاب.

\* نویسنده مسئول: نجمه اعتماد سعید

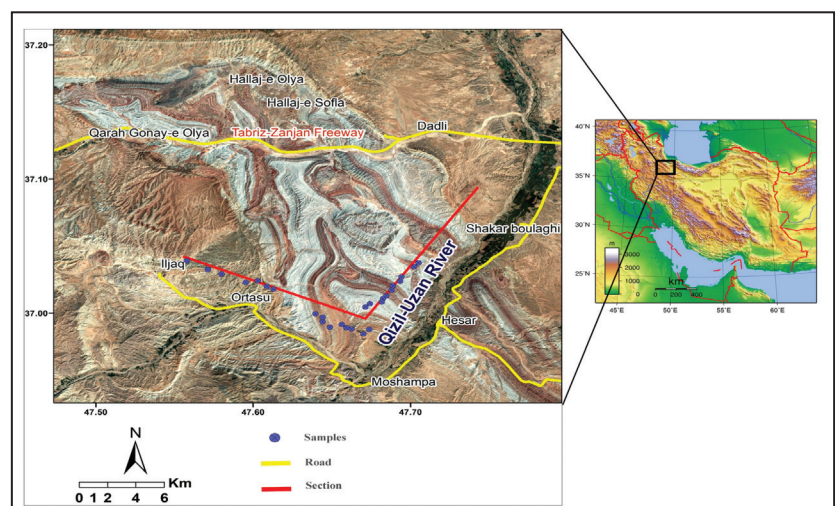
E-mail: n.etemad@iasbs.ac.ir

## ۱- پیش‌نوشتار

نهشته‌های هم‌زمان با تکتونیک شامل سازندهای سرخ زیرین، قم و سرخ بالایی پر شده‌اند (Morley et al., 2009). از این بین می‌توان به زیرحوضه رسوبی ماهانشان اشاره کرد که در بخش پیش‌بوم کوه‌های البرز باختری، در شمال باختر استان زنجان واقع شده است. رسوبات مورد مطالعه این حوضه شامل بیش از ۴ کیلومتر نهشته‌های تبخیری-آواری سازند سرخ بالایی به سن میوسن و رسوبات جوان‌تر پلیوسن است که از زمان میوسن میانی به بعد دچار چین‌خوردگی شده‌اند (شکل ۱؛ Ballato et al., 2016). در این مطالعه، خاستگاه ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی و ماسه‌سنگ‌های جوان‌تر پلیوسن در برش حصار واقع در حوضه ماهانشان برای اولین بار مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف این مطالعه بررسی دقیق ترکیب ماسه‌سنگ‌ها به منظور بازسازی تاریخچه فرایش سنگ‌های مادر رخنمون‌یافته در ناحیه منشأ رسوبات است. روشن شدن خاستگاه رسوبات آواری این توالی و قرارگیری در کنار نتایج مطالعات پیشین در این ناحیه، اهمیت زیادی در ردیابی تکامل کوهزایی البرز طی برخورد قاره‌ای دارد.

برخورد قاره‌ای بین ورقه‌های عربی و اوراسیا، با سن‌های پیشنهادی از کرتاسه پسین-پالئوسن میانی تا میوسن، سبب شکل‌گیری یک سیستم کوهزایی بزرگ شامل رشته کوه‌های البرز، طالش، کپه داغ و زاگرس در فلات ایران شده است (Alavi, 1994; Agard et al., 2005; Berberian and King, 1981; Ghasemi and Talbot, 2006; Madanipour et al., 2017; Mohajjel and Fergossen, 2003). در طی این رویداد تکتونیکی بزرگ، رسوبات اغلب آواری در حوضه‌های رسوبی مرتبط با رشد فلات کوهستانی (Plateau mountains) در حال نهشت بوده‌اند و رویدادهای رخ داده در فاصله زمانی بین برخورد و فرایندهای تغییر شکلی عهد حاضر را در حافظه‌ی خود ثبت کرده‌اند. این رسوبات آرشو ایده‌آلی جهت بازسازی مراحل مختلف تکامل حوضه‌های رسوبی، تاریخچه‌ی فرسایشی کمرندهای کوهزایی شکل گرفته طی برخورد و همین‌طور تغییر شکل‌های مرتبط با برخورد را فراهم نموده‌اند. حوضه مرکزی فلات ایران، واقع شده بین کوه‌های البرز در شمال و کوه‌های زاگرس در جنوب، از چندین زیرحوضه تشکیل شده است که از زمان الیگوسن تا پلیوسن توسط

شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای Bing از موقعیت جغرافیایی گستره نوژن ماهانشان و مسیرهای دسترسی اصلی به این حوضه رسوبی. موقعیت نمونه‌های برداشت شده جهت مطالعه خاستگاهی با دایره آبی و مسیر پیمایش با خط قرمز رنگ بر روی نقشه نشان داده شده است.



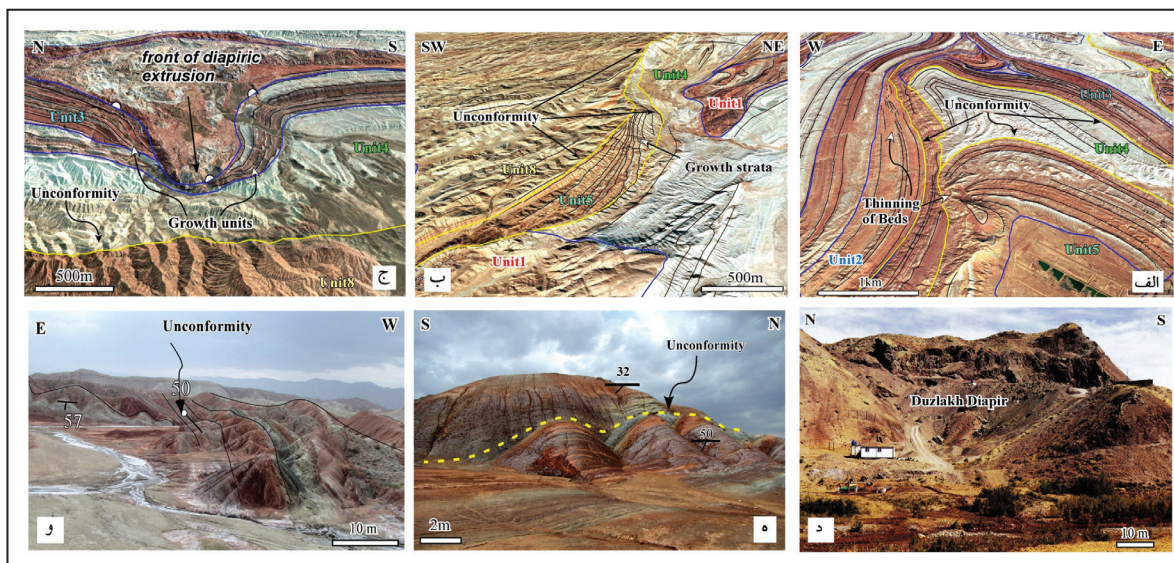
## ۲- روش مطالعه

رشدی تقسیم شده‌اند (شکل ۴). مبنای این تقسیم‌بندی تغییرات ضخامت واحدهای رسوبی و همچنین ناپیوستگی‌های محلی بوده است که در پهلوی ساختارها مشاهده شده است (شکل ۲- الف، و؛ شکل ۳- الف، ه). در قاعده‌ی سازند سرخ بالایی، واحد تبخیری متشکل از نمک، ژپس-اندریت و گلسنگ با ضخامت متغیر دیده می‌شود. عمده رخنمون‌های واحد ۱ بیشتر به صورت دیاپیری، دیوار نمکی و جریان‌ی در سرتاسر گستره ماهنشان نمایان می‌گردد. واحد ۲ با ضخامت متغیر ۵۰ تا ۶۰۰ متر از واحدهای عمدتاً مارنی به رنگ قرمز با میان لایه‌های ماسه‌سنگ و ژپس نازک، تشکیل شده که بصورت ناپیوسته بر روی واحد تبخیری قرار گرفته است. بر روی این واحد، رسوبات ماسه‌سنگی واحد ۳ با میان لایه‌های مارن قهوه‌ای و کمی ژپس، با ضخامت متغیر ۴۷۰ تا ۵۹۰ متر نهشته شده‌اند که در برخی مناطق با ناپیوستگی و بصورت چین‌های رشدی در کنار واحد ۱ نیز دیده می‌شوند. واحد ۴ با تاوایی از ماسه‌سنگ‌ها، مارن‌های خاکستری ضخیم و ژپس‌ها، به‌صورت ناپیوسته بر روی واحد ۳ با ضخامت متغیر از ۶۹۰ تا ۹۰۰ متر قرار گرفته است. این واحد عمده ساختارهای مربوط به خردحوضه‌ها در سطح زمین را مشخص می‌کند. واحد ۵ ضخیم‌ترین واحد سکناس رسوبی، تشکیل شده از مارن‌های قهوه‌ای و قرمز با میان لایه‌های ماسه‌سنگ و ژپس، با ضخامت متغیر در حدود ۹۲۰ تا ۱۳۹۰ متر به صورت ناپیوسته بر روی واحد ۴ چین خورده است. این واحد در جنوب باختری گستره به صورت ناپیوسته در کنار سازند قم نهشته شده است. واحد ۶ جوان‌ترین واحد سازند سرخ بالایی، با ضخامت بیش از ۲۷۰ متر از ماسه‌سنگ‌های متناوب با مارن‌های قهوه‌ای تا قرمز، با ناپیوستگی و شیب کم بر روی واحد ۴ در قسمت مرکزی قرار گرفته است و در جای دیگری از گستره دیده نمی‌شود. واحد ۷ لایه کم‌ضخامت از کنگلومرای پلیوسن است که در اکثر مناطق ایران مرکزی به عنوان کنگلومرای پلیوسن معرفی شده و هم‌ارز سازند هزاردره در نظر گرفته شده است. رخنمون اصلی این واحد در مرز باختری گستره با ضخامت متغیر تا ۱۰ متر می‌باشد، ولی در قسمت شمالی منطقه به سمت میانه دارای ضخامت بیشتر از ۵۰ متر است. بر روی این واحد، آخرین واحد سکناس رسوبی از لایه‌های مارنی ضخیم تا توده‌ای با میان لایه‌های ماسه‌سنگی و ژپسی با ضخامت ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر به سن پلیو-کواترنری نهشته شده است. این واحد در قسمت جنوب خاوری به طور ناپیوسته بر روی واحد کنگلومرای قرار گرفته است.

سازند سرخ بالایی در برش مورد مطالعه به طور غالب از سنگ‌های رسوبی تبخیری و گلسنگ با میان لایه‌های اندک ماسه‌سنگی تشکیل شده است. در مرحله نخست، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های نقشه‌های زمین‌شناسی و همین‌طور دورسنجی از گستره مورد مطالعه برای شناسایی اولیه ساختارهای زمین‌شناسی، پروفیل‌هایی جهت پیمایش صحرایی پیش‌بینی و ترسیم شد. سپس در طی عملیات‌های صحرایی در امتداد مسیرهای مشخص شده بر روی پروفیل، ستون چینه‌ای ترسیم و از تمامی واحدهای ماسه‌سنگی با استراتژی نمونه‌برداری هدف‌دار، ۷۰ نمونه جمع‌آوری شد (شکل ۱). در ادامه از تمامی نمونه‌ها مقطع نازک میکروسکوپی استاندارد تهیه و در آزمایشگاه دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان با میکروسکوپ پلاریزان مطالعه گردیدند. با توجه به ماهیت ریزدانه ماسه‌سنگ‌ها، ۴۰ نمونه‌ی ماسه‌سنگی مناسب ریز تا متوسط دانه خوب جور شده جهت انجام آنالیز مودال انتخاب شدند که موقعیت چینه‌شناسی آنها در شکل ۴ نشان داده شده است. ۳۰۰ نقطه در هر مقطع نازک توسط نقطه‌شمار مکانیکی و به روش گزی-دیکینسون (Ingersoll et al., 1984) مورد شمارش قرار گرفت. رده‌های اصلی شمارش شده و نتایج به دست آمده به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شوند.

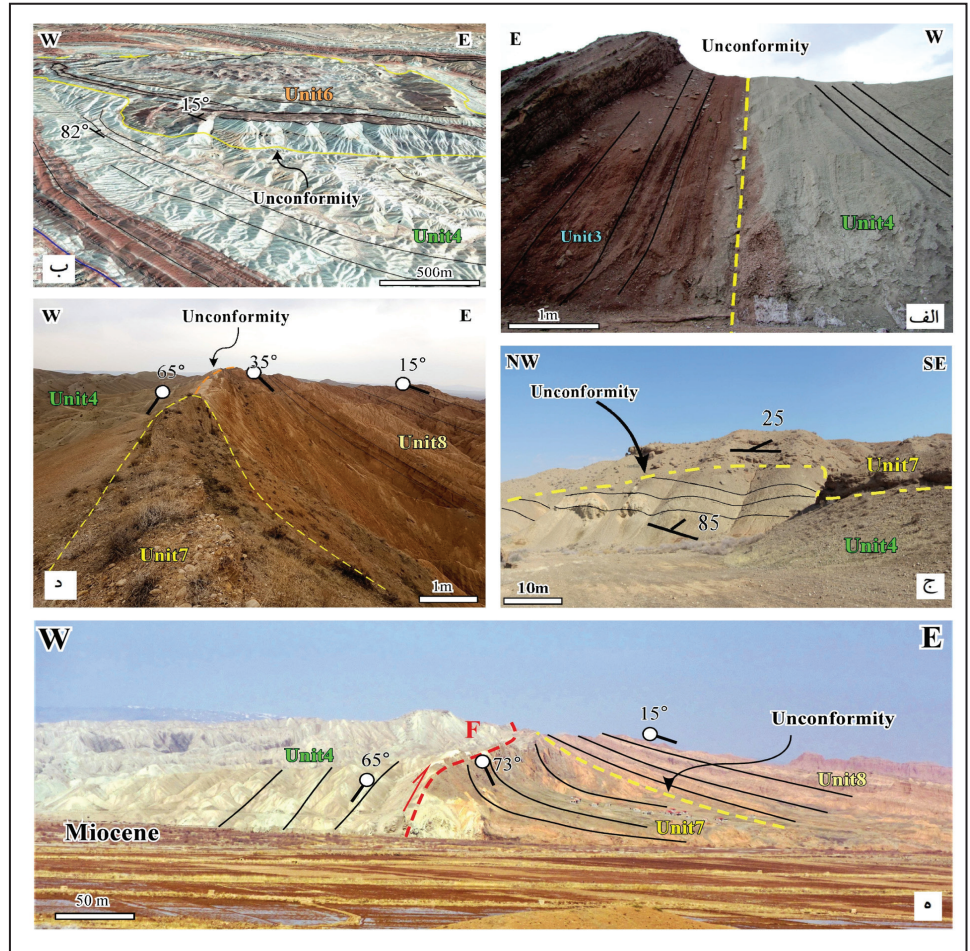
## ۳- چینه‌شناسی برش حصار

گستره مورد مطالعه در شمال باختر استان زنجان، بین شهرهای ماهنشان و میانه با طول جغرافیایی ۴۷/۴۵ تا ۴۷/۸۰ خاوری و عرض جغرافیایی ۳۶/۹۰ تا ۳۷/۱۵ شمالی، قرار گرفته است. این گستره از شمال به آزاد راه زنجان-تبریز و از جنوب به رودخانه قزل اوزن، محدود می‌شود. نهشته‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار با پیوستگی رسوبی بر روی کربنات‌های سازند قم قرار گرفته‌اند. مطالعه بایواستراتیگرافی بر اساس فرامینفرهای پلانکتونیک بر روی سازند قم در این ناحیه، سن بوردیگالین بالایی-لانگین (Upper Burdigalian-Langhian) را نشان داده است (Daneshian and Ghanbari, 2017). علاوه بر این، مطالعات مگتواستراتیگرافی و همین‌طور سن سنجی‌های ایزوتوپی (U-Pb زیرکن) نیز سن میوسن آغازین-پسین (۷/۵ تا ۱۷/۵ Ma تا ۱۰/۷ تا ۱۶/۵) را برای سازند سرخ بالایی در جنوب و باختر کوه‌های البرز نشان داده است (Ballato et al., 2008, 2016). در این مطالعه نهشته‌های سازند سرخ بالایی به ۶ واحد چینه‌ای رشدی و نهشته‌های پلیوسن به ۲ واحد چینه‌ای



شکل ۲- تصاویر صحرایی و ماهواره‌ای نشان‌دهنده ناپیوستگی‌ها و تغییر ضخامت واحدها در برش حصار. الف) نازک‌شدگی لایه‌ها در واحدهای ۲ و ۵ و ناپیوستگی ناحیه‌ای در مرز بین واحدها؛ ب) چینه‌های رشدی و ناپیوستگی ناحیه‌ای در مرز بین واحدهای ۴-۵-۸؛ ج) خروج نمک و تأثیر آن بر تشکیل واحدهای ۳ و ۴؛ د) معدن نمکی دوزلاخ در جنوب منطقه. ه-و) ناپیوستگی ناحیه‌ای و تغییر شیب و جهت لایه‌بندی بین واحدها.

شکل ۳- تصاویر صحرایی و ماهواره‌ای از ناپیوستگی ناحیه‌ای بین واحدهای رشدی در برش حصار. الف) ناپیوستگی ناحیه‌ای بین واحدهای ۳ و ۴؛ ب) واحد ۶ با شیب ملایم بر روی واحد ۴ قرار گرفته است؛ ج) قرارگیری واحد ۷ بر روی واحد ۴ با شیب ملایم؛ د) قرارگیری واحد ۷ و ۸ در کنار واحد ۴ بصورت ناپیوسته؛ ه) واحد مارنی- ماسه‌ای ۸ بصورت ناپیوسته با شیب ملایم بر روی واحد کنگلومرای ۷ قرار گرفته است. واحد ۷ تحت تأثیر گسلش پر شیب شده است، در حالی که واحد ۸ در ادامه بصورت ناپیوسته بر روی واحد ۴ قرار می‌گیرد.



شکل ۴- ستون چینه‌ای تهیه شده از سازند سرخ بالایی در برش حصار، حوضه رسوبی ماهنشان. موقعیت نمونه‌های انتخاب شده جهت آنالیز مودال و تغییرات درصد فراوانی دانه‌های چارچوب ساز در تصویر نشان داده شده است.

جدول ۱- رده‌های اصلی شمارش شده در ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه  
(Ingersoll and Suczek, 1979)

Qm non	کوارتز تک بلور با خاموشی مستقیم
Qm un	کوارتز تک بلور با خاموشی موجی
Qm	مجموع کوارتزهای تک بلور
Qpq 2-3	کوارتز چند بلور با ۲-۳ دانه
Qpq > 3	کوارتز چند بلور با بیش از ۳ دانه
Qpq	مجموع کوارتز چند بلور
Cht	چرت
Qp	مجموع کوارتز چند بلور و چرت
Q	جمع کل کوارتزها (Qm + Qpq)
Qt	جمع کل کوارتزها و چرت (Qm + Qp)
Plg	پلاژیوکلاز
Kf	فلدسپار پتاسیم
F	مجموع فلدسپارها
Lv	قطعه‌سنگ آذرین
Ls	قطعه‌سنگ رسوبی (سیلیسی آواری)
Lc	قطعه‌سنگ کربناته
Lm	قطعه‌سنگ دگرگونی
L	مجموع قطعات سنگی ناپایدار
Rf	مجموع قطعات سنگی ناپایدار و چرت (Folk, 1974)
Lt	مجموع قطعات سنگی ناپایدار، کوارتز چند بلور و چرت (L + Qp)
Acc	کانی‌های فرعی

جدول ۲- نتایج به دست آمده از نقطه شماری ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار.

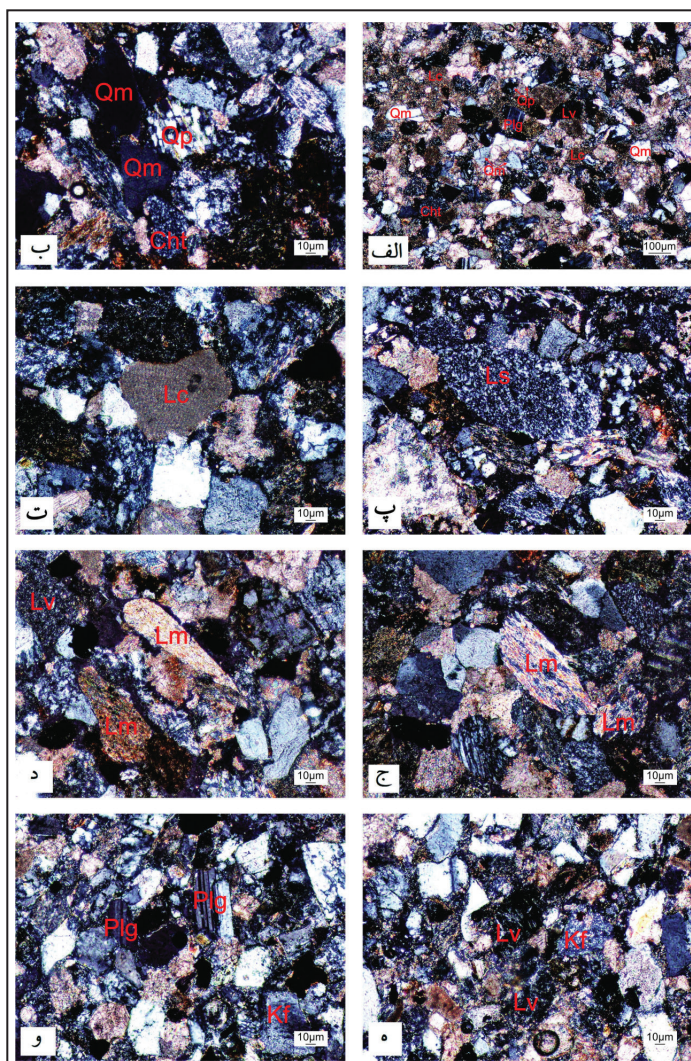
Sample	Qm non	Qm un	Qpq 2-3	Qpq->3	Kf	Plg	Lc	Cht	Ls	Lm	Lv	Acc	Sum	Q	F	RF	Qt	L	Qm	Lt
S38	97	27	22	9	23	1	35	2	48	15	31	12	310	155	24	131	157	129	124	162
S39	100	20	26	9	18	10	13	0	61	14	34	10	305	155	28	126	216	65	120	161
S42	102	30	11	6	20	10	23	3	57	23	31	13	316	149	30	137	152	124	132	144
S40	100	20	8	4	37	5	70	0	25	17	18	27	304	132	42	154	157	139	120	176
S43	113	26	21	11	21	4	10	3	55	7	29	9	300	171	25	104	168	99	134	133
S44	82	35	18	13	19	10	30	6	22	43	22	26	300	148	29	123	151	116	114	153
S41	102	43	17	13	21	7	25	5	25	29	23	28	310	175	28	107	180	102	145	137
S46	72	25	14	23	35	8	24	7	31	30	31	25	300	134	43	123	141	115	97	159
S47	89	23	22	26	22	14	5	17	44	34	13	25	309	160	36	113	177	106	112	171
S70	97	23	13	8	17	5	20	0	64	40	32	38	319	141	22	156	141	156	120	177
S51	90	31	17	23	21	6	14	13	41	45	23	34	324	161	27	136	174	123	121	176
S05	88	22	15	21	16	3	7	3	60	31	35	7	301	146	19	136	149	133	110	172
S06	89	13	15	28	30	2	14	3	52	36	34	8	316	145	32	139	148	136	102	182
S09	86	23	13	24	13	2	6	4	74	24	39	22	308	146	15	147	150	143	109	184
S53	84	30	22	23	27	13	20	6	38	13	32	42	308	159	40	109	165	103	114	154
S54	100	28	27	11	35	15	7	8	58	2	12	24	303	166	50	87	174	79	128	125
S11	81	19	19	26	20	0	2	0	89	28	31	10	315	145	20	150	145	150	100	195
S12	100	13	16	23	22	1	6	8	56	19	38	16	302	152	23	127	160	119	113	166
S16	86	30	25	14	21	1	16	1	64	3	49	7	310	155	22	133	156	132	116	172
S01	68	8	24	25	50	3	35	9	42	26	12	82	302	125	53	124	134	115	76	173
S18	100	24	16	25	25	0	8	7	70	10	25	5	310	165	25	120	172	113	124	161
S21	73	22	16	32	18	4	33	11	63	25	15	10	312	143	22	147	154	146	95	205

Sample	Qm non	Qm un	Qpq 2-3	Qpq>3	Kf	Plg	Lc	Cht	Ls	Lm	Lv	Acc	Sum	Q	F	RF	Qt	L	Qm	Lt
S22	98	20	18	22	26	12	7	5	48	24	28	23	308	158	38	112	163	107	118	152
S24	60	17	16	36	20	8	5	16	52	32	42	17	304	129	28	147	145	131	77	199
S27	77	16	15	22	32	3	13	7	74	22	24	14	305	130	35	140	137	123	93	167
S28	65	32	18	36	22	2	6	10	52	37	30	10	310	151	24	135	161	125	97	189
S29	72	32	22	15	28	4	24	12	26	40	43	48	318	141	32	145	163	133	104	192
S31	73	8	23	15	26	5	39	7	77	40	9	32	322	119	31	172	126	165	81	210
S32	62	21	15	18	12	5	8	9	76	37	46	9	309	116	17	176	125	167	83	209
S33	71	24	22	36	20	4	15	13	53	19	38	11	315	153	24	138	166	125	95	196
S34	61	20	13	21	16	10	8	17	70	34	31	16	301	115	26	160	132	143	81	194
S36	94	21	13	3	21	3	3	1	67	32	42	25	300	131	24	145	131	143	114	160
S35	106	20	9	15	27	0	11	5	70	7	46	9	316	150	27	139	155	134	126	163
S66	84	11	26	30	23	4	3	5	52	35	31	5	304	151	27	126	156	121	95	182
S67	67	22	7	12	28	4	13	5	70	47	35	7	310	108	32	170	113	135	89	159
S63	68	10	8	25	18	10	14	13	74	37	26	25	303	111	28	164	124	151	78	197
S62	73	30	19	27	28	4	5	7	59	52	18	7	322	149	32	141	166	134	103	197
S61	71	25	13	15	15	12	25	3	58	28	39	19	304	124	27	153	127	150	96	181
S57	77	29	15	6	25	7	16	2	59	20	53	21	309	127	32	150	129	148	106	171
S56	92	18	14	13	21	9	21	1	65	12	48	12	314	137	30	147	138	147	110	175

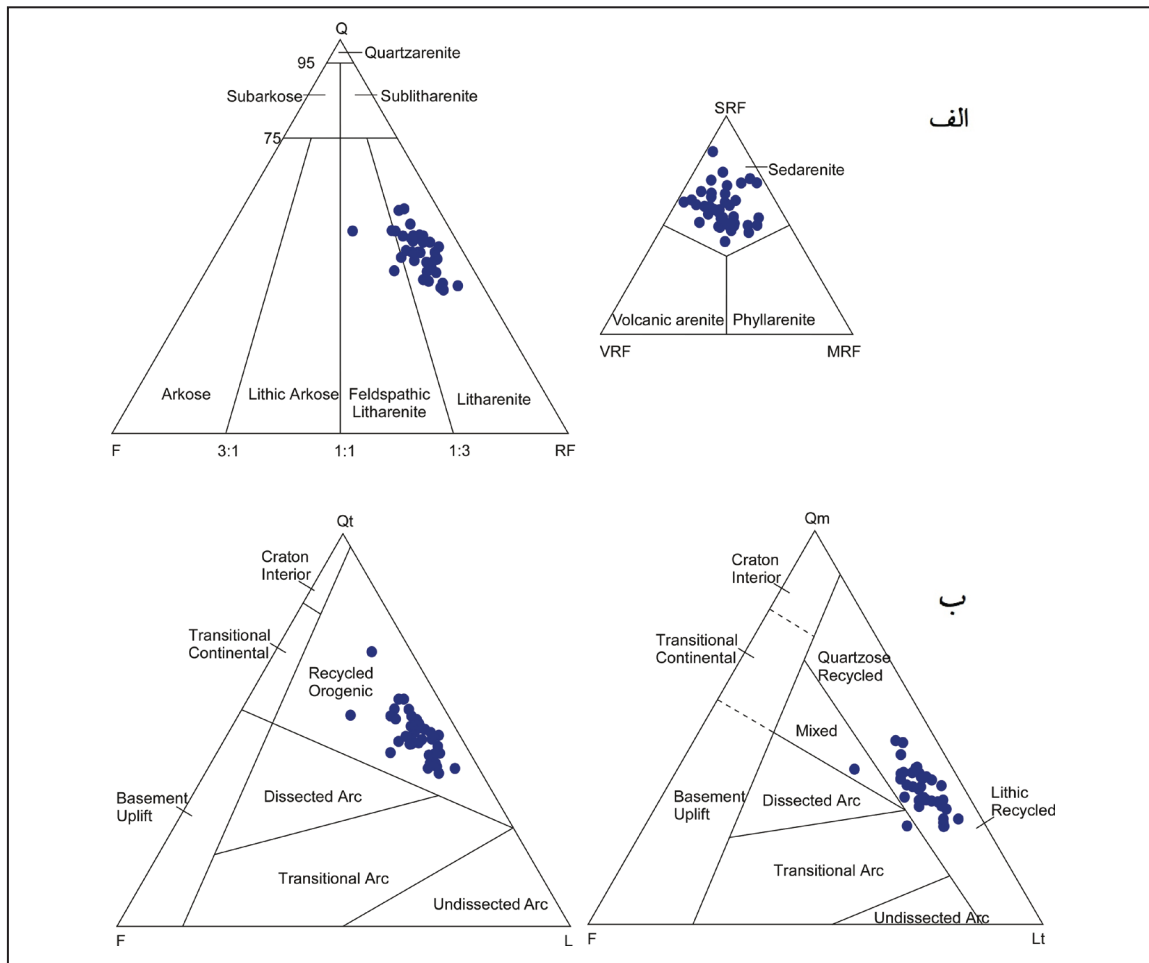
#### ۴- یافته‌ها

##### ۴-۱. پتروگرافی

به طور کلی از نظر بافتی، ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار اغلب خیلی ریز، ریز تا متوسط دانه با جورشدگی متوسط تا خوب و دانه‌های زاویه‌دار تا نیمه زاویه‌دار هستند (شکل ۵- الف). از نظر ترکیبی، کوارتز فراوان‌ترین جزء چارچوب‌ساز در ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه است. در میان دانه‌های کوارتز، کوارتزهای تک‌بلور فراوانی بیشتری نسبت به کوارتزهای چندبلور دارند ( $Qm/Qp = 2/37$ ) و بیشتر خاموشی مستقیم نشان می‌دهند ( $Qm\ non/Qm\ un = 4/18$ ) (شکل ۵- الف). کوارتزهای چندبلور اغلب بیش از ۳ جزو بلوری دارند ( $Qp>3/Qp2-3 = 1/21$ ) و بیشتر رشد بلورهای میکا در بین ریز بلورها را نشان می‌دهند (شکل ۵- ب). اجزاء بلوری در کوارتزهای چندبلور اغلب شکل کشیده و غیر هم‌بعد و مرزهای صاف تا مضرس دارند. بر اساس طبقه‌بندی ژنتیکی کوارتزها (Folk, 1974)، کوارتزهای تک‌بلور بیشتر از نوع پلوتونیک و کوارتزهای چندبلور از نوع دگرگونی، به ویژه دگرگونی شستوز هستند. قطعات سنگی دومین جزء چارچوب‌ساز فراوان در مقاطع مورد مطالعه هستند. این دانه‌ها به ترتیب فراوانی از قطعات سنگی رسوبی شامل ماسه‌سنگ‌های خیلی ریزدانه و گلسنگ‌ها (شکل ۵- پ)، کربنات (شکل ۵- ت) و جرت (شکل ۵- ب)، قطعات سنگی دگرگونی اغلب از نوع قطعات فیلیتی، شستی و میکا-کوارتزی با بافت شستوز (شکل ۵- ج تا د) و در نهایت قطعات سنگی آنشفشانی با بافت میکرولیتی و شیشه‌ای (شکل ۵- د تا ه) تشکیل شده‌اند. فلدسپارها سومین جزو فراوان در مقاطع مورد مطالعه هستند و در دو گروه فلدسپارهای پتاسیم‌دار با فراوانی ارتوکلازها و فلدسپارهای پلاژیوکلازی مشاهده می‌شوند (شکل ۵- ه تا و). به طور میانگین نسبت فراوانی فلدسپارهای پتاسیم‌دار به پلاژیوکلازها در مقاطع مورد مطالعه حدود ۳/۸ است. از میان کانی‌های فرعی مشاهده شده در مقاطع مورد مطالعه می‌توان به بیوتیت، مسکویت، کلریت و زیرکن اشاره کرد. درصد فراوانی دانه‌های چارچوب‌ساز معرفی شده در ترکیب ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه و تغییرات آنها در طول برش مورد مطالعه در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشخص است، تغییرات مهم و قابل توجهی در فراوانی دانه‌های چارچوب‌ساز در ترکیب این ماسه‌سنگ‌ها مشاهده نمی‌شود. ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار بر اساس طبقه‌بندی فولک (Folk, 1974) ترکیب لیٹارنایتی ( $Q_{46}F_{10}Rf_{44}$ ) از نوع سدآرنایتی دارند (شکل ۶- الف).



شکل ۵- تصویر مقاطع میکروسکوپی از دانه‌های اصلی چارچوب‌ساز ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در نور xpl. علائم اختصاری مشخص شده در تصاویر در جدول ۱ معرفی شده‌اند.



شکل ۶- الف) طبقه‌بندی ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار بر اساس دیاگرام فولک (Folk, 1974)؛ ب) موقعیت نمونه‌های ماسه‌سنگی مورد مطالعه بر روی دیاگرام‌های مثلثی تعیین خاستگاه زمین‌ساختی دیکینسون (Dickinson, 1985).

## ۲-۴. لیتولوژی سنگ مادر

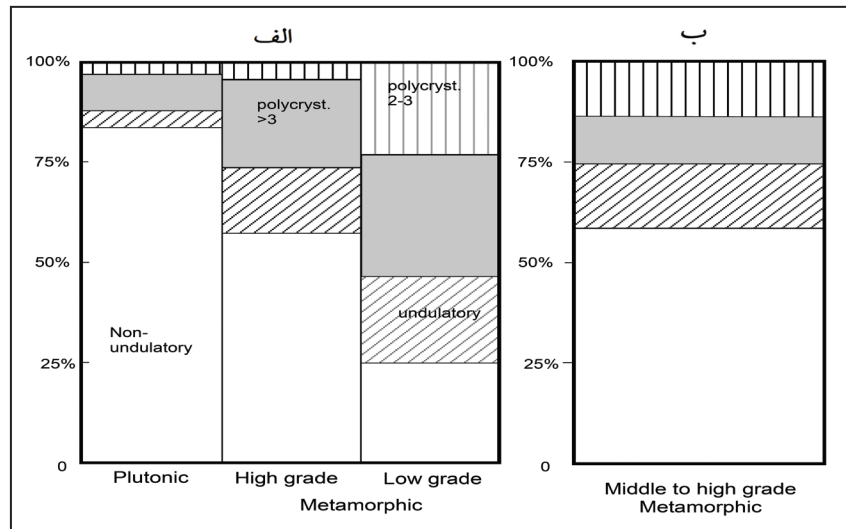
موجی و چندبلوری جهت تفکیک کوارتزهای با منشأ پلوتونیک از کوارتزهای دگرگونی با درجات مختلف کاربرد دارند. شناسایی سنگ مادر بر اساس این ویژگی‌ها در ماسه‌های چرخه اول رسوبی کاربرد صحیح‌تری دارد. مقایسه نتایج به دست آمده از مطالعه تک‌بلور و چندبلور بودن کوارتزها و همین‌طور خاموشی موجی در ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی با نتایج ارائه شده توسط این محققین نشان می‌دهد که کوارتزهای مورد مطالعه اغلب از منشأهای دگرگونی درجه متوسط تا بالا تأمین شده‌اند (شکل‌های ۷ و ۸). کوارتزها تغییرات زیادی در طول برش مورد مطالعه نشان نمی‌دهند و منشأ آنها تقریباً در طول رسوبگذاری این سازند ثابت بوده است (شکل ۴).

همان‌طور که پیش از این اشاره شد، فلدسپارها درصد کمی از اجزای مقاطع مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. با این حال توجه به این نکته ضروری است که از آنجایی که فلدسپارها نسبت به کوارتز از نظر شیمیایی و مکانیکی پایداری کمتری دارند، حضورشان در ترکیب رسوبات نشان دهنده‌ی چرخه اول رسوبی و سنگ‌های مادر کریستالین است (Boggs, 2009). از این رو فلدسپارهای موجود در ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده وجود سنگ‌های مادر کریستالین دگرگونی و آذرین در ناحیه منشأ رسوبات هستند. از آنجایی که این فلدسپارها بیشتر از نوع ارتوکلاز هستند، محتمل‌ترین منشأ آنها سنگ‌های آذرین فلسیک و گنایس‌های فلسیک- حدواسط هستند (Boggs, 2009). تغییرات کم در نوع و فراوانی فلدسپارها در طول برش مورد مطالعه، نشان دهنده تغییرات اندک در ناحیه منشأ رسوبات است (شکل ۴).

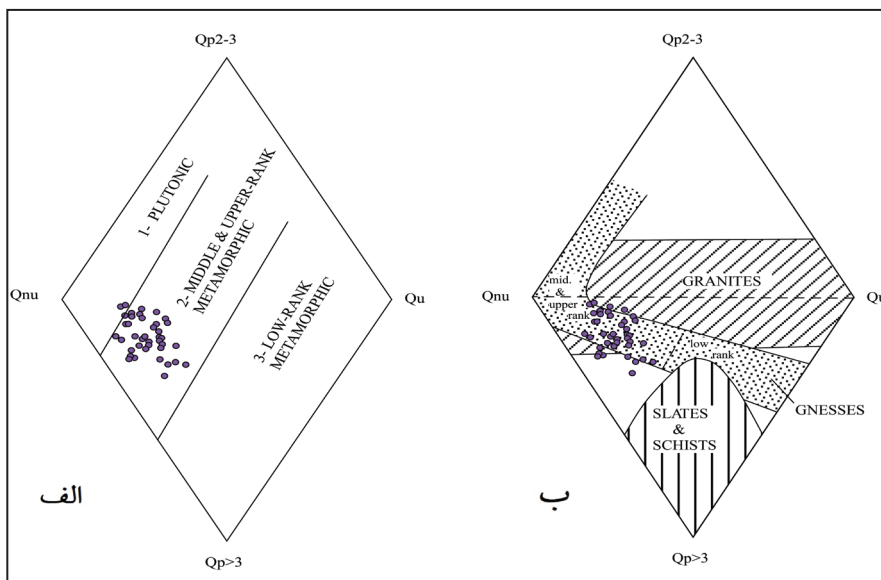
کانی‌شناسی ذرات آواری و نوع قطعات سنگی موجود در سنگ‌های رسوبی سیلیسی-آواری، اولین شاهد از لیتولوژی سنگ‌های مادر در ناحیه منشأ را فراهم می‌کنند (Boggs, 2009). همچنین ترکیب این ذرات آواری بهترین شاهد جهت تفسیر جایگاه زمین‌ساختی است زیرا لیتولوژی سنگ مادر به طور مستقیم با جایگاه زمین‌ساختی ناحیه‌ی منشأ در ارتباط است. در ادامه به بررسی ارتباط بین انواع قطعات چارچوب‌ساز شناسایی شده در ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه و لیتولوژی سنگ مادر می‌پردازیم.

قطعات سنگی شناسایی شده در ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی به ترتیب فراوانی شامل قطعات رسوبی سیلیسی آواری ریزدانه، کربناته و چرتی، قطعات سنگی دگرگونی اغلب فیلیتی، شیستی و میکا-کوارتزی با بافت شیستوز و در نهایت قطعات سنگی آتشفشانی میکروولیتی و شیشه‌ای هستند. این قطعات به ترتیب نشان‌دهنده مشارکت سنگ‌های مادر رسوبی آواری ریزدانه و کربناته/چرتی، سنگ‌های مادر دگرگونی درجه متوسط و همین‌طور سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی-بازالتی در ترکیب رسوبات هستند. تغییرات اندک ولی هماهنگ قطعات سنگی در طول برش رسوبی که با کاهش و افزایش هم‌زمان قطعات سنگی دگرگونی و رسوبی مشاهده می‌شود، می‌تواند نشانگر نزدیکی سنگ‌های مادر و حرکات تکتونیکی پالسی در ناحیه منشأ رسوبات باشد (شکل ۴).

اگرچه دانه‌های کوارتز می‌توانند از منشأهای متنوع رسوبی، دگرگونی و آذرین تأمین شوند، Basu et al. (1975) و Tortosa et al. (1991) نشان دادند که خاموشی



شکل ۷- مقایسه فراوانی نسبی دانه‌های کوارتز تک‌بلور و چندبلور با انواع خاموشی موجی در الف) ماسه‌سنگ‌هایی که از منشأهای پلوتونیک و دگرگونی مشتق شده‌اند (Basu et al., 1975) ب) ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی.



شکل ۸- تعیین لیئولوژی سنگ مادر در ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه بر اساس ویژگی‌های خاموشی موجی و تعداد بلورها با استفاده از دیاگرام‌های خشتی الف) باسو و همکاران (Basu et al., 1975) و ب) تورتوسا و همکاران (Tortosa et al., 1991). این دیاگرام‌ها منشأ دانه‌های کوارتز مورد مطالعه را سنگ‌های دگرگونی درجه متوسط تا بالا نشان می‌دهند.

### ۴-۳. خاستگاه زمین‌ساختی

رسوبات آواری حاوی الگوی چین‌های رشدی، تشکیل شده است. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که میوسن میانی زمان شروع چین خوردگی و کوتاه‌شدگی در البرز باختری است (Ballato et al., 2016; Guest et al., 2007). نتایج به دست آمده از مطالعات ترموکرونولوژیکی که نشان‌دهنده فرسایش زمین‌ساختی (Exhumation) سریع البرز باختری در این زمان است (e.g., Guest et al., 2006) و همین‌طور تغییر در رژیم رسوبگذاری، از کرنات‌های حوضه دریایی سازند قم (الیگوسن-میوسن آغازین) با برجستگی کم به آواری‌های قاره‌ای سازند سرخ بالایی با بالا آمدن سریع نواحی منشأ، نیز منطبق با شروع برپایی تراکمی میوسن میانی در این ناحیه است.

نتایج به دست آمده از مطالعه خاستگاه ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در زیرحوضه نئوژن شمال ماهنشان، برش حصار، نشان‌دهنده رخنمون داشتن سنگ مادرهای سیلیسی آواری ریز دانه، دگرگونی، کرناته و آتشفشانی آندزیتی مرتبط با یک جایگاه زمین‌ساختی برخوردی (Contractual uplift) در زمان نهشت رسوبات طی میوسن- پلیوسن است. ترکیب به دست آمده برای سنگ‌های مادر و همین‌طور نتایج آنالیز جهت جریان دیرینه گزارش شده از ماسه‌سنگ‌های این ناحیه (Ballato et al., 2016)، نشان می‌دهد که رسوبات در اندازه ماسه، بدون تغییر قابل توجه در طول برش مورد مطالعه، از کمپلکس تکاب و سنگ‌های کرناته سازند قم، واقع در جنوب باختر حوضه منشأ گرفته‌اند (شکل ۹).

بازسازی ناحیه‌ای آب و هوای دیرینه طی نهشت سازند سرخ بالایی

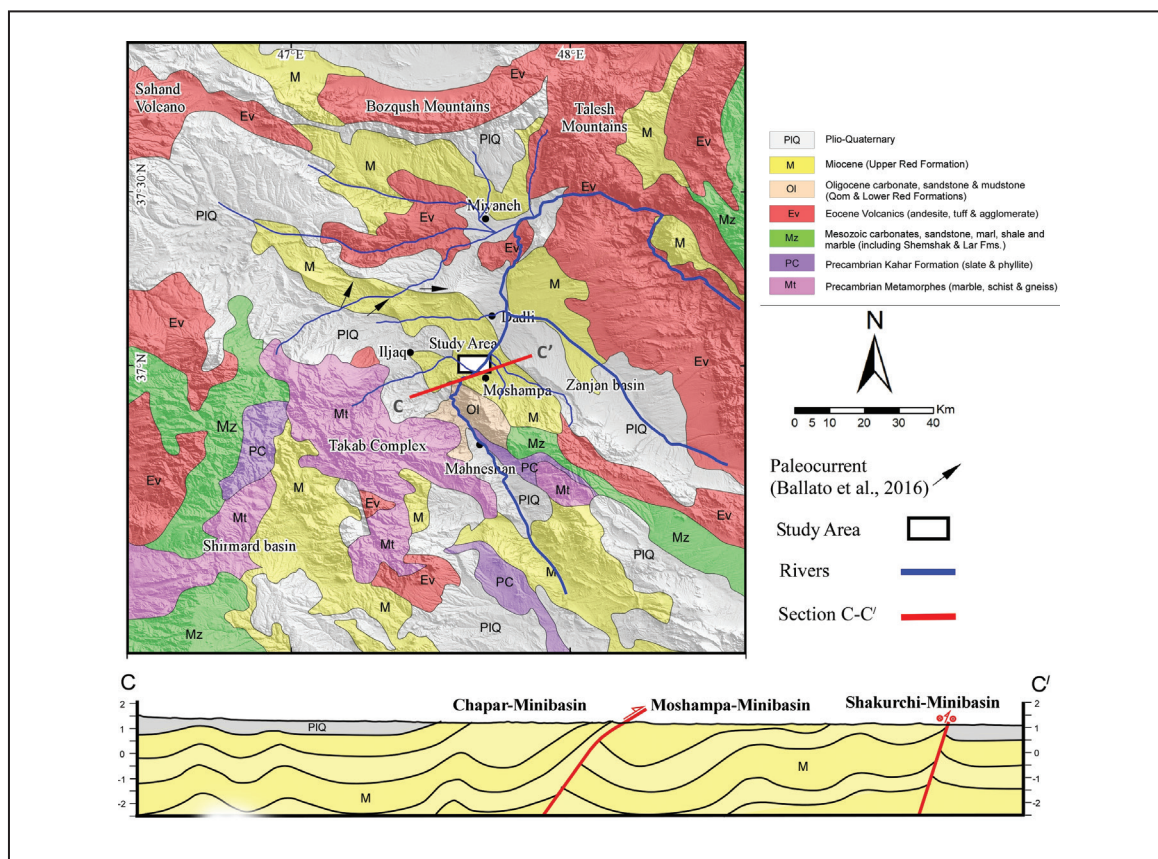
اساس تفسیر خاستگاه زمین‌ساختی با استفاده از ترکیب دانه‌های آواری در ماسه‌سنگ‌ها، وجود سنگ‌های منشأ خاص در هر جایگاه است (Boggs, 2009). بر این اساس، ترکیب مودال کوارتز، فلدسپار و قطعات سنگی نهشته شده در این حوضه‌ها، شاهد خوبی جهت تفسیر زمین‌ساخت در ناحیه منشأ هستند. بر اساس مطالعات دیکینسون (Dickinson, 1985)، تمامی خاستگاه‌های زمین‌ساختی را می‌توان در سه گروه اصلی دسته‌بندی کرد: بلوک‌های قاره‌ای، کمان‌های ماگمایی و کوهزایی چرخه مجدد. استفاده از دیاگرام‌های استاندارد خاستگاه زمین‌ساختی برای ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی نشان می‌دهد که نمونه‌ها به طور میانگین ترکیب  $Qm_{34}F_{10}L_{t56}$  و  $Qt_{49}F_{10}L_{t41}$  دارند و خاستگاه زمین‌ساختی کوهزایی چرخه مجدد را نشان می‌دهند (شکل ۶- ب). اصلی‌ترین سنگ‌های منشأ در این خاستگاه، زمین‌های بالا آمده چین‌خورده و گسل‌خورده با سنگ‌های مادر اغلب از نوع رسوبی/دگرگونی هستند (Dickinson, 1985). این خاستگاه زمین‌ساختی در مناطق مرتبط با کمربند‌های برخوردی بین صفحات قاره‌ای و همین‌طور نواحی بالا آمده همراه با حوضه‌های پیش بوم مشاهده می‌شود.

### ۵- بحث

سازند سرخ بالایی با سن میوسن میانی تا پسین، واحد لیئواستراتیگرافیکی اصلی پرکننده حوضه‌های رسوبی هم‌زمان با برخورد در حوضه مرکزی فلات ایران، از

در البرز باختری (طالقان، الموت و پری) می‌توان به مطالعه (Guest et al., 2007) و در این سازند، نشان‌دهنده آب و هوای گرم و خشک طی الیگوسن پایانی- میوسن آغازین با تغییرات اندک در میزان خشکی در پاسخ به تکامل توپوگرافیکی ناحیه البرز جنوبی است (Ballato et al., 2010). در مقیاس جهانی نیز تغییرات ثبت شده ایزوتوپ اکسیژن، حاکی از شرایط گرم شدن آب و هوای جهانی، از الیگوسن پایانی تا میوسن میانی است (Zachos et al., 2001). بر این اساس، با توجه به تغییرات اندک شرایط آب و هوایی دربرینه طی نهشت سازند سرخ بالایی و محیط نهشتی کم انرژی قاره‌ای پلایایی- دریاچه‌ای و رودخانه‌ای پیشنهاد شده برای این نهشته‌ها (Ballato et al., 2011; Ballato et al., 2016)، تغییر در ترکیب این رسوبات اغلب به تغییر در ترکیب سنگ مادر در نتیجه فعالیت‌های زمین‌ساختی نسبت داده شده است. مطالعات خاستگاهی رسوبی انجام گرفته بر روی آواری‌های سازند سرخ بالایی در البرز مرکزی و باختری، اغلب به بررسی فرسایش زمین‌ساختی کوه‌های البرز در شمال و یا کمربند ارومیه- دختر در جنوب حوضه ایران مرکزی پرداخته‌اند. از مطالعات خاستگاهی انجام شده بر روی آواری‌های سازند سرخ بالایی در البرز مرکزی (یزدان، رود شور، ایوانکی، بونه کوه، کند و سمنان)، می‌توان به مطالعه (Amini (2002) و Ballato et al. (2011) اشاره کرد که منشأ اصلی رسوبات را در شمال حوضه و مرتبط با فرسایش زمین‌ساختی کوه‌های البرز طی میوسن آغازین دانسته‌اند. از مطالعات انجام شده بر روی خاستگاه آواری‌های سازند سرخ بالایی

در البرز باختری (طالقان، الموت و پری) می‌توان به مطالعه (Guest et al., 2007) و در این سازند، نشان‌دهنده آب و هوای گرم و خشک طی الیگوسن پایانی- میوسن آغازین با تغییرات اندک در میزان خشکی در پاسخ به تکامل توپوگرافیکی ناحیه البرز جنوبی است (Ballato et al., 2010). در مقیاس جهانی نیز تغییرات ثبت شده ایزوتوپ اکسیژن، حاکی از شرایط گرم شدن آب و هوای جهانی، از الیگوسن پایانی تا میوسن میانی است (Zachos et al., 2001). بر این اساس، با توجه به تغییرات اندک شرایط آب و هوایی دربرینه طی نهشت سازند سرخ بالایی و محیط نهشتی کم انرژی قاره‌ای پلایایی- دریاچه‌ای و رودخانه‌ای پیشنهاد شده برای این نهشته‌ها (Ballato et al., 2011; Ballato et al., 2016)، تغییر در ترکیب این رسوبات اغلب به تغییر در ترکیب سنگ مادر در نتیجه فعالیت‌های زمین‌ساختی نسبت داده شده است. مطالعات خاستگاهی رسوبی انجام گرفته بر روی آواری‌های سازند سرخ بالایی در البرز مرکزی و باختری، اغلب به بررسی فرسایش زمین‌ساختی کوه‌های البرز در شمال و یا کمربند ارومیه- دختر در جنوب حوضه ایران مرکزی پرداخته‌اند. از مطالعات خاستگاهی انجام شده بر روی آواری‌های سازند سرخ بالایی در البرز مرکزی (یزدان، رود شور، ایوانکی، بونه کوه، کند و سمنان)، می‌توان به مطالعه (Amini (2002) و Ballato et al. (2011) اشاره کرد که منشأ اصلی رسوبات را در شمال حوضه و مرتبط با فرسایش زمین‌ساختی کوه‌های البرز طی میوسن آغازین دانسته‌اند. از مطالعات انجام شده بر روی خاستگاه آواری‌های سازند سرخ بالایی



شکل ۹- موقعیت برش مورد مطالعه و جایگاه کمپلکس تکاب به عنوان منشأ اصلی رسوبات (بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ماهشان و میانه). برش ساختاری C-C' حوضه ماهشان بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ماهشان. شدت چین خوردگی‌ها در این ناحیه تحت تأثیر نمک زیاد بوده است.

## ۶- نتیجه‌گیری

ریزدانه، دگرگونی درجه متوسط تا بالا، کرناته و آذرین حدواسط، تأمین‌کننده‌های اصلی رسوبات پرکننده‌ی خردحوضه‌های بین ساختارهای نمکی در طول زمان نتوژن بوده‌اند. خاستگاه زمین‌ساختی این رسوبات «کوهزایی چرخه‌مجدد» بوده (Qt<sub>49</sub>F<sub>10</sub>L<sub>41</sub> و Qm<sub>34</sub>F<sub>10</sub>Lt<sub>56</sub>) که نشان‌دهنده فرایش سنگ‌های مادر در جایگاه‌های

ماسه‌سنگ‌های سازند سرخ بالایی در برش حصار واقع در شمال حوضه نتوژن ماهشان، از نظر بافتی اغلب ریز تا متوسط دانه با دانه‌های زاویه‌دار تا نیمه‌زاویه‌دار و از نظر ترکیبی سدآرنایت (Q<sub>46</sub>F<sub>10</sub>Rf<sub>44</sub>) هستند. نتایج حاصل از آنالیز مودال نشان می‌دهند که سنگ‌های مادر سیلیسی آواری



منطقه‌ای و برخاستگی سنگ‌های منشأ قبل از شروع نهشت رسوبات سازند سرخ بالایی در میوسن، آغاز شده است.

#### ۷- سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان انجام شده است (شماره پژوهانه G2017IASBS52752 و G2017IASBS12670). از همراهی مهندس بدوزاده در عملیات‌های صحرائی این پروژه سپاسگزاری می‌گردد.

زمین‌ساختی مرتبط با کمربندهای چین‌خورده و رانده برخوردی طی برخورد صفحات عربی-اوراسیا است.

نتایج به دست آمده در کنار الگوی جهت جریان دیرینه نشان می‌دهد که رسوبات در اندازه ماسه به طور غالب از کمپلکس تکاب و کرنات‌های سازند قم که در جنوب باختر حوضه رسوبی رخنمون داشته است، تأمین شده‌اند. علی‌رغم وجود ناپیوستگی‌های کوچک مقیاس محلی و الگوهای رشدی، خاستگاه رسوبات حوضه شمال ماهنشان در حین نهشت سازند سرخ بالایی در طول زمان نئوژن تغییر اساسی نمی‌کند. این موضوع بیانگر آن است که کوتاه‌شدگی

#### References

- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L. and Mouthereau, F., 2005- Convergence history across Zagros (Iran): Constraints from collisional an earlier deformation, *International Journal Earth Sciences*, 94, 401-419. doi:10.1007/s00531-005-0481-4.
- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: New data and interpretations. *Tectonophysics*, 229, 211-238. doi:10.1016/0040-1951(94)90030-2.
- Amini, A., 2002- Sandstone Petrofacies Expressions of Source and Tectonic Controls on Sedimentation in a Back-arc Basin, Central Zone, Iran. *Iranian International Journal of Science*, 3, 43-67.
- Ballato, P., Nowaczyk, N. R., Landgraf, A., Strecker, M. R., Friedrich, A. and Tabatabaei, S.H., 2008- Tectonic control on sedimentary facies pattern and sediment accumulation rates in the Miocene foreland basin of the southern Alborz mountains, northern Iran. *Tectonics*, 27(6), 1-20. doi:10.1029/2008TC002278.
- Ballato, P., Mulch, A., Landgraf, A., Strecker, M. R., Dalconi, M. C., Friedrich, A. and Tabatabaei, S. H. 2010- Middle to late Miocene Middle Eastern climate from stable oxygen and carbon isotope data, southern Alborz mountains, N Iran. *Earth and Planetary Science Letters*, 300, 125-138. doi:10.1016/j.epsl.2010.09.043.
- Ballato, P., Uba, C. E., Landgraf, A., Strecker, M. R., Sudo, M., Stockli, D. F., Friedrich, A. and Tabatabaei, S. H., 2011- Arabia-Eurasia continental collision: Insights from late Tertiary foreland-basin evolution in the Alborz Mountains, northern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 123, 106-131. doi:10.1130/B30091.1.
- Ballato, P., Cifelli, F., Heidarzadeh, G., Ghassemi, M. R., Wickert, A. D., Hassanzadeh, J., Dupont-Nivet, G., Balling, P., Sudo, M., Zeilinger, G. and Schmitt, A. K., 2017- Tectono-sedimentary evolution of the northern Iranian Plateau: insights from middle--late Miocene foreland-basin deposits. *Basin Research*, 29, 417-446. doi:10.1111/bre.12180.
- Basu, A., Young, S. W., Suttner, L. J., James, W. C. and Mack, G. H., 1975- Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation. *Journal of Sedimentary Research*, 45, 873-882. doi:10.1306/212F6E6F-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- Berberian, M. and King, G. C. P., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian journal of earth sciences*, 18(2), 210-265. doi:10.1139/e81-019.
- Boggs, S., 2009- *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511626487.
- Daneshian, J. and Ghanbari, M., 2017- Stratigraphic distribution of planktonic foraminifera from the Qom Formation: A case study from the Zanjan area (NW Central Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 283, 239-254. doi:10.1127/njgpa/2017/0636.
- Dickinson, W. R., 1985- Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In *Provenance of Arenites*. Springer, Dordrecht. 333-361. doi:10.1007/978-94-017-2809-6\_15.
- Ghasemi, A. and Talbot, C. J., 2006- A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran). *Journal of Asian Earth Sciences*, 26(6), 683-693. doi:10.1016/j.jseaes.2005.01.003.
- Folk, R. L., 1974- *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company.
- Guest, B., Axen, G. J., Lam, P. S. and Hassanzadeh, J., 2006- Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slip and thin-skinned deformation. *Geosphere*, 2, 35-52. doi:10.1130/GES00019.1.
- Guest, B., Horton, B. K., Axen, G. J., Hassanzadeh, J. and McIntosh, W. C., 2007- Middle to late Cenozoic basin evolution in the western Alborz Mountains: Implications for the onset of collisional deformation in northern Iran. *Tectonics*, 26, 1-26. doi:10.1029/2006TC002091.
- Horton, B. K., Hassanzadeh, J., Stockli, D. F., Axen, G. J., Gillis, R. J., Guest, B., Amini, A., Fakhari, M. D., Zamanzadeh, S. M. and Grove, M., 2008- Detrital zircon provenance of Neoproterozoic to Cenozoic deposits in Iran: Implications for chronostratigraphy and collisional tectonics. *Tectonophysics*, 451, 97-122. doi:10.1016/j.tecto.2007.11.063.

- Ingersoll, R. V. and Suczek, C.A., 1979- Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218. *Journal of Sedimentary Research*, 49, 1217-1228. doi:10.1306/212F78F1-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- Ingersoll, R. V., Bullard, T. F., Ford, R. L., Grimm, J. P., Pickle, J. D. and Sares, S. W., 1984- The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Research*, 54, 103-116. doi:10.1306/212F83B9-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- Madanipour, S., Ehlers, T. A., Yassaghi, A. and Enkelmann, E., 2017- Accelerated middle Miocene exhumation of the Talesh Mountains constrained by U-Th/He thermochronometry: evidence for the Arabia-Eurasia collision in the NW Iranian Plateau. *Tectonics*, 36, 1538-1561. doi:10.1002/2016TC004291.
- Moghadam, H. S., Li, X. -H., Stern, R. J., Ghorbani, G. and Bakhshizad, F., 2016- Zircon U -Pb ages and Hf -O isotopic composition of migmatites from the Zanjan-Takab complex, NW Iran: Constraints on partial melting of metasediments. *Lithos*, 240, 34-48. doi:10.1016/j.lithos.2015.11.004.
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L. and Sahandi, M. R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 397-412. doi:10.1016/S1367-9120(02)00035-4.
- Morley, C. K., Kongwung, B., Julapour, A. A., Abdolghafourian, M., Hajian, M., Waples, D., Warren, J., Otterdoom, H., Srisuriyon, K. and Kazemi, H., 2009- Structural development of a major late Cenozoic basin and transpressional belt in central Iran: The Central Basin in the Qom-Saveh area. *Geosphere*, 5, 325-362. doi:10.1130/GES00223.1.
- Tortosa, A., Palomares, M. and Arribas, J., 1991- Quartz grain types in Holocene deposits from the Spanish Central System: some problems in provenance analysis. *Geological Society, London, Special Publications*, 57, 47-54. doi:10.1144/GSL.SP.1991.057.01.05.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K., 2001- Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292, 686-693. doi:10.1126/science.1059412.

## Tectonic provenance of the Upper Red Formation sandstones in the Hesar section, Mahneshan Basin (west Alborz)

N. Qavim<sup>1</sup>, N. Etemad-Saeed<sup>2\*</sup> and M. Najafi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ms.c. student, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS)

<sup>2</sup>Assistant Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS)

Received: 24 November 2019

Accepted: 13 June 2020

### Abstract

The Mahneshan Basin is one of the syntectonic Neogene sub-basins of the Central Iran. The basin is filled by about 4 km of the Miocene Upper Red Formation deposits, showing a combination of halokinetic and growth strata patterns. To assess the provenance evolution of sediments in north of the Mahneshan basin named the Hesar section, we conducted remote sensing mapping, field survey, as well as petrographical and modal analyses of sandstones. Our results reveal that the sandstones are fine to medium-grained sedarenites ( $Q_{46}F_{10}Rf_{44}$ ) and mainly derived from fine-grained siliciclastics, metamorphic, carbonate, chert and andesitic volcanic rocks, which were exposed in an orogenic tectonic setting ( $Qm_{34}F_{10}Lt_{56}$  and  $Qt_{49}F_{10}L_{41}$ ). The combination of provenance data and northeastward paleocurrent direction, reflect that the sediments mainly supplied from basement rocks of the Takab Complex and Qom Formation in southwest of Mahneshan Basin. The unchanged provenance of sediments along the studied succession, indicate that regional shortening and uplift of parent rocks has begun before deposition of the Upper Red Formation (Miocene) and continued during deposition of these sediments. This is in agreement with previous age assumption for exhumation of Takab Complex during Oligocene time.

**Keywords:** Mahneshan Basin, Syn-tectonic, Upper Red Formation, Provenance, Takab Complex.

For Persian Version see pages 37 to 46

\*Corresponding author: N. Etemad-Saeed; E-mail: n.etemad@iasbs.ac.ir