

## بررسی ویژگی‌های مورفو- رسوبی مخروط‌افکنه رودخانه کال شور نیشابور در شمال شرق

### ایران با تأکید بر کنترل‌های اقلیمی کواترنر

عذار خسروی؛ دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد

سیدرضا حسین‌زاده\*؛ دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد

مرتضی فتاحی؛ دانشیار ژئوفیزیک، دانشکده ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

محمد خانه‌باد؛ استادیار زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۱۱

### چکیده

رسوبات کواترنری مخروط‌افکنه‌ها اطلاعات مهمی از شرایط اقلیمی گذشته و تحولات محیطی حوضه آبریز بالادست خود ارائه می‌کنند. در این پژوهش نویسندگان به بررسی تکامل الگوی رسوبی بر سطح مخروط‌افکنه کال شور پرداختند تا با استفاده از تفسیر نتایج حاصل از آنالیزهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی این رسوبات محیط رسوب‌گذاری این رسوبات در دوره کواترنر را بررسی کنند. مخروط‌افکنه کال شور یک مخروط کوچک و نسبتاً متقارن در شمال شرق ایران و در دامنه جنوبی رشته کوه بینالود است که بر پایه ویژگی‌های رنگ و بافت و اندازه ذرات و مطالعات میدانی سطح آن به ۸ سطح مورفو- رسوبی با نام‌های A1 تا A8 تقسیم شده است. بر پایه مطالعات رسوب‌شناسی، رسوبات مخروط‌افکنه کال شور دارای جورشدگی بد و بسیار بد، کج‌شدگی متقارن (تقریباً متقارن تا بسیار مثبت)، کشیدگی (متوسط و پهن)، و بافت گراول و گراول شنی هستند. در تفسیر ویژگی‌های ژئوفیزیکی، اندازه‌های میانه، نمونه‌های A2 و A5 و A6 و A7 دارای میانه پایین‌تر، جورشدگی ضعیف، و کشیدگی بیشتر نسبت به بقیه رسوبات است. همچنین، بر حسب نتایج آنالیزهای شیمیایی حاصل از آزمایش XRF، میزان عناصر اکسیدهای کلسیم و آلومینیوم و سیلیس و همچنین نسبت عناصر منیزیم به کلسیم و منگنز به ترتیب در نمونه‌های A1 و A3 و A8 کاهش و در نمونه‌های A6 و A2 و A5 و A7 کاهش می‌یابد که به ترتیب نشان‌دهنده شرایط اقلیمی سرد و خشک و گرم و مرطوب است. به طور کلی، با توجه به نتایج آنالیزهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی سیلاب حمل‌کننده در نمونه‌های A6 و A2 و A5 و A7 دارای سرعت بسیار زیاد (و نه لزوماً دبی بالاتر) است. همچنین این سیلاب‌ها در محیط‌هایی با اقلیم سرد و خشک و با حاکمیت تخریب فیزیکی رخ داده‌اند و در نمونه‌های A4 و A1 و A3 و A8 اقلیم گرم و مرطوب با سیلاب‌های مداوم، اما، با انرژی کمتری رخ داده‌اند. بنابراین ۴ سطح رسوبی در نتیجه اقلیم سرد و خشک و ۴ سطح رسوبی در نتیجه اقلیم گرم و مرطوب در سطح این مخروط قابل مشاهده است.

**کلیدواژه‌گان:** شمال شرق ایران، کنترل‌های اقلیمی، کواترنر، مخروط‌افکنه، ویژگی‌های مورفو- رسوبی.

## مقدمه

اقلیم نقش مهمی در رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه‌های متعلق به دوره کواترنر ایفا می‌کند. در اقلیم خشک زمان حاضر، مواد سطحی یال‌ها در طول دوره‌های مرطوب‌تر یا سردتر رسوب کرده‌اند. ولی این مواد در طول گذر به دوره خشک یا گرم‌تر به مخروط‌افکنه‌ها انتقال یافته‌اند (بول<sup>۱</sup> ۱۹۹۱). در عوض، در حوضه‌هایی که در حال حاضر در آب‌وهوای نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند، رسوبات در طول دوره‌های مرطوب‌تر یا سردتر به مخروط‌افکنه‌ها منتقل شده‌اند. رسوبات مخروط‌افکنه‌ای به تغییرات شرایط هیدرولوژیکی حساس‌اند و بررسی این رسوبات اطلاعات ارزشمندی از اقلیم گذشته در اختیار قرار می‌دهد (هاروی<sup>۲</sup> و همکاران ۲۰۰۵). به طور کلی، رسوبات مخروط‌افکنه‌ای پیچیدگی خاصی دارند و از دو رخساره تشکیل می‌شوند؛ رسوبات حاصل از جریان آب<sup>۳</sup> و رسوبات حاصل از جریان‌ات توده‌ای<sup>۴</sup> (مقصودی و محمدنژاد آروق ۱۳۹۲ به نقل از پیرسن<sup>۵</sup> و اسکات ۱۹۸۵؛ ریتتر<sup>۶</sup> و همکاران ۱۹۹۵). درصد رسوبات دانه‌ریز در هر یک از نمونه‌های رسوبی مشخص‌کننده نوع و قدرت جریان‌هایی است که این رسوبات را حمل کرده‌اند. همچنین، ژئوشیمی عنصری رسوبات، به واسطه میزان عناصر موجود در هر نمونه، راهنمای خوبی برای تغییرات اقلیمی خواهد بود. چون برخی عناصر در خاک به شرایط محیطی، به‌ویژه اقلیم، حساس‌اند؛ تا حدی که برخی عناصر شرایط محیطی خاصی را گزارش می‌کنند. مثلاً، بالا بودن میزان Fe و Mn نشان‌دهنده محیط احیا است (نکوخو ۱۳۸۲). ژئوشیمی عناصر به‌خوبی نشان‌دهنده شرایط دما و بارش است؛ عنصری چون منیزیم، استرانسیوم، و منگنز تحت شرایط خاص اقلیمی در شبکه کریستالی جانشین عنصری چون کلسیم می‌شوند (تقوی و همکاران ۱۳۹۲). این تغییرات در نسبت‌های عناصر می‌تواند بازگوکننده شرایط محیط رسوب‌گذاری در طول زمان باشد.

بررسی پیچیدگی رسوبات مخروط‌افکنه‌ای با مطالعات بلسین باخ<sup>۷</sup> در سال ۱۹۵۴ در مخروط‌افکنه‌های مناطق خشک شروع شد. پس از آن افرادی چون هوک<sup>۸</sup> (۱۹۶۵ و ۱۹۶۷)، بول (۱۹۷۲)، واسون<sup>۹</sup> (۱۹۷۷)، و هاروی<sup>۱۰</sup> (۱۹۸۷) به بررسی توزیع رسوبات حاصل از جریان‌ات مختلف روی مخروط‌افکنه‌ها پرداختند و ارتباط آن‌ها را با برخی ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌ها بررسی کردند. همچنین در دو دهه اخیر محققان زیادی در سراسر دنیا به بررسی ویژگی‌های رسوبی مخروط‌افکنه‌ها پرداخته‌اند. مثلاً در پژوهشی در سال ۲۰۰۵ دی اسکالی<sup>۱۱</sup> و اونز فرایندهای رسوبی و ویژگی‌های ذرات رسوبی در سطح مخروط‌افکنه‌های واقع در جنوب نیوزیلند را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که همه شاخص‌ها، همچون اندازه ذرات و گردشگی آن‌ها، با توجه به فرایندهای رسوبی‌شان، به طور چشمگیری متفاوت‌اند. سقوط بهمین ذرات بسیار بزرگ و زاویه‌دار و جریان‌ات رودخانه‌ای و ذرات ریز و گردشونده را ایجاد می‌کند که بین آن‌ها جریان‌ات

1. Bull
2. Harvey
3. Water laid deposits
4. Mass flow deposits
5. Pierson
6. Ritter
7. Blissenbach
8. Hook
9. Wasson
10. Harvey
11. De Scally

پُرسوب ناهمگن نیز دیده می‌شود (مقصودی و محمدنژاد آروق ۱۳۹۲). ونگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) اهمیت دو عامل پدوژئیک و ژئولوژیکی در کنترل اندازه ذرات را بررسی کردند. کلب<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۱۷) به بررسی خصوصیات رسوبی و سال‌یابی تراس‌های آبرفتی شمال رودخانه مین در جنوب کشور آلمان پرداختند و توانستند تغییرات پالئومحیطی کوتاه‌تری را بازسازی کنند. در ایران نیز مطالعات خوبی به صورت موردی در این زمینه صورت گرفته است. تقیان (۱۳۸۸) عوامل مؤثر در شکل‌گیری و تکامل مخروط‌افکنه‌ها در دامنه‌های کرکس را بررسی کرد. مقصودی و محمدنژاد آروق (۱۳۹۲) به بررسی ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها و خصوصیات آن‌ها پرداختند که نتیجه پژوهش آن‌ها منبع جامعی در زمینه مطالعه مخروط‌افکنه‌ها در ایران است. همچنین، مطالعاتی در زمینه تعیین منشأ رسوبات رودخانه‌ای با استفاده از ویژگی‌های ژئوشیمی رسوبات انجام شده است (کلر<sup>۳</sup> ۱۹۸۸؛ جیلاردت<sup>۴</sup> و همکاران ۱۹۹۹؛ سینگ<sup>۵</sup> و راجامانی ۲۰۰۱؛ یانگ<sup>۶</sup> و همکاران ۲۰۰۲؛ بورجس<sup>۷</sup> و هاش ۲۰۰۷؛ سنسارما<sup>۸</sup> و همکاران ۲۰۰۸؛ و اشنایدن<sup>۹</sup> و همکاران ۲۰۱۶) که بسیار ارزشمندند و نتایج مهمی در ارتباط با ویژگی‌های رسوبات و تغییرات پالئومحیطی ارائه داده‌اند. مثلاً موریل<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۶) در پژوهشی ترکیبی با استفاده از تحلیل ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی به بررسی روند تغییرات سینوپتیکی مونسون‌های آسیایی در دوره هولوسن پرداخت و اعلام کرد که با استفاده از مدل‌های اقلیمی به‌دست آمده بر اساس پارامترهای ژئوشیمیایی می‌توان تغییرات اقلیمی مشاهده‌شده را توضیح داد. رویا<sup>۱۱</sup> و کابالروا (۲۰۰۸) با بررسی ژئوشیمی رسوبات دریاچه‌ای در مکزیک روند تغییرات محیطی کوتاه‌تر را بررسی کردند و ارتباط ویژگی‌های این رسوبات را با میانگین بارش سالیانه در منطقه مورد مطالعه، طی کوتاه‌تر پسون، مورد بررسی قرار دادند.

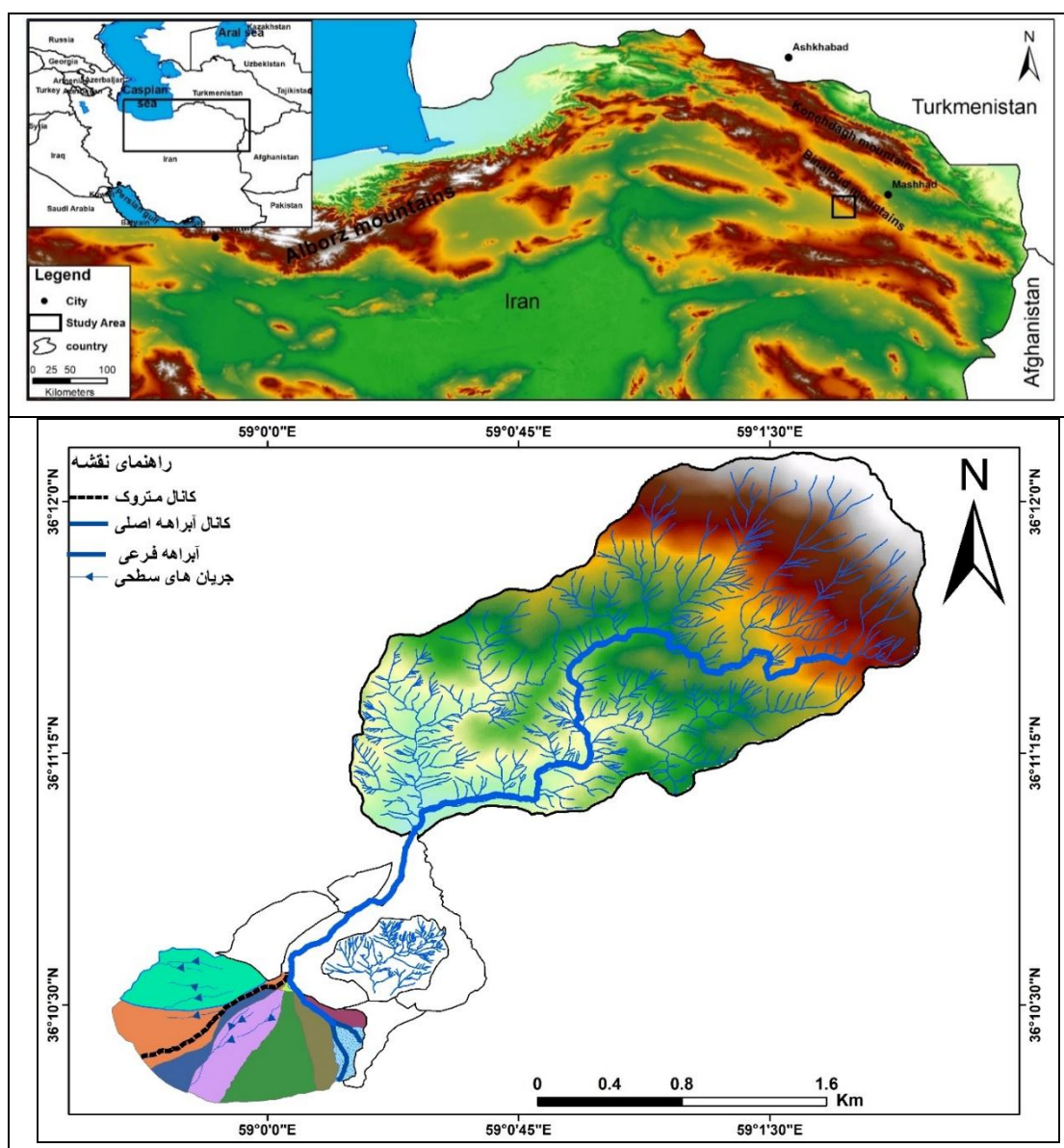
فیضی و همکارانش (۱۳۹۶) تغییرات پالئومحیطی کوتاه‌تر پسون و تغییر و تحولات ژئومورفولوژیکی را در ناحیه آزادشهر در استان گرگان، با استفاده از ژئوشیمی رسوبات لسی و خاک‌های دیرین در ناحیه نوده، بررسی کردند. ایشان با استفاده از تحلیل عناصر حساس به تغییرات محیطی مانند عناصر اکسیدهای آلومینیوم، آهن، کلسیم، منیزیم، و سیلیس و نسبت عناصر فرعی مانند استرانسیوم به باریوم، استرانسیوم به منگنز، و منگنز به کلسیم تغییرات شرایط محیطی در این رسوبات را بررسی کردند. بر مبنای نتایج آن‌ها رسوبات لسی و خاک‌های دیرین این منطقه به ترتیب در شرایط اقلیمی خشک و سرد (یخچالی) و گرم و مرطوب (بین یخچالی) شکل گرفته‌اند.

تاکنون مطالعات جامعی در زمینه ژئوشیمی رسوبات مخروط‌افکنه‌ها و تراس‌های آبرفتی در حوضه‌های آبریز رشته‌کوه بینالود صورت نگرفته است. بنابراین، این پژوهش می‌تواند گامی مهم جهت مطالعه رسوبات آبرفتی در محدوده مورد مطالعه باشد.

1. Wang
2. Kolb
3. Cullers
4. Gailardet
5. Singh
6. Yang
7. Borges
8. Sensarma
9. Shneider
10. Morill
11. Roya

## محدوده مورد مطالعه

مخروط افکنه مورد مطالعه یک مخروط نسبتاً کوچک در دامنه‌های جنوبی بینالود است که به وسیله حوضه رودخانه کال شور (با مساحت  $3/3$  کیلومتر مربع) تشکیل شده است. این مخروط در  $20$  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). ارتفاع متوسط حوضه آبریز این رودخانه  $1673$  متر و میانگین بارندگی سالیانه آن بین  $190$  تا  $270$  میلی‌متر در سال است (جدول ۱). تمرکز این پژوهش بر ویژگی‌های سطوح ژئومورفولوژی مخروط افکنه مربوط به این حوضه آبریز است تا رابطه این سطوح با ویژگی‌های مورفولوژی آن‌ها بررسی شود.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز کال‌شور

مساحت (KM <sup>2</sup> )	محیط (KM)	طول حوضه (KM)	طول آبراهه اصلی (KM)	طول آبراهه اصلی (M)	قطر دایره هم‌سطح (KM)	شیب ناخالص آبراهه اصلی (M/M)	شیب متوسط حوزه (درصد)	ارتفاع متوسط حوزه (M)	ارتفاع حداکثر حوزه (m)	ارتفاع حداقل حوزه (M)	زمان تمرکز به روش چاو کریبیچ (ساعت)	زمان تمرکز به روش چاو کریبیچ (ساعت)
3/3	9.987	2.87	3.95	3951	2/03	17.29	29/43	1673.84	2136	1426	0/35	0/37

### زمین‌شناسی و تکتونیک محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخشی از زون جنوبی رشته‌کوه بینالود است که از واحدهای Sdb، TR3-J1، و Q2 تشکیل شده است. زون ساختاری بینالود واقع در شمال شرق ایران و در جنوب خط درز تئیس کهن (آفانباتی ۱۳۸۳) با روندی شمال غربی- جنوب شرقی بین واحدهای ساختمانی کپه‌داغ در شمال، ایران مرکزی در جنوب، و البرز در غرب محصور شده است (نبویان ۱۳۵۵). ارتفاعات بینالود قسمت فعال ناشی از برخورد پلیت عربی با اوراسیاست و توسط سیستم گسلی مشهد و شمال نیشابور احاطه شده است. ساختارهای تکتونیکی این منطقه قسمت مهمی از تحولات تکتونیکی کوه‌زایی سیمین و کوه‌زایی آپی در ارتفاعات بینالود است (علوی ۱۹۹۲) (شکل ۲). به منظور به دست آوردن دیدی کلی از مقدار فعالیت‌های تکتونیکی در محل استقرار مخروط‌افکنه و بررسی اثر تکتونیک فعال بر توسعه و تکامل آن، از شاخصی به نام شاخص Iat استفاده شد که از میانگین شاخص‌های S<sub>mf</sub>، B<sub>s</sub>، V<sub>f</sub>، H<sub>i</sub>، A<sub>f</sub>، و S<sub>L</sub> به دست می‌آید. نتایج به دست آمده از شاخص Iat در چهار طبقه از فعالیت تکتونیکی کم تا خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌شوند. طبقات یادشده به شرح زیر است:

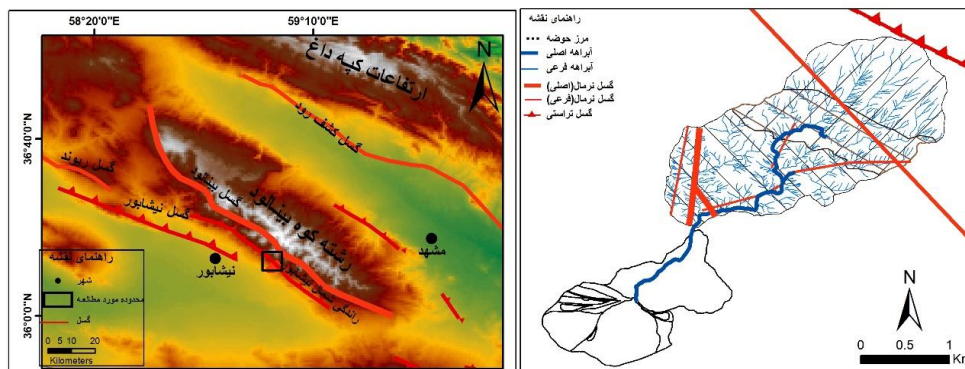
طبقه ۱. بین ۱ تا ۱/۵ که نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد است.

طبقه ۲. بین ۱/۵ تا ۲ که نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی زیاد است.

طبقه ۳. بین ۲ تا ۲/۵ که نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی متوسط است.

طبقه ۴. بیشتر از ۲/۵ که نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی کم است.

با استفاده از شاخص‌های مذکور می‌توان مقدار و شدت فعالیت‌های تکتونیکی را در مناطق توسعه مخروط‌افکنه‌ها به طور نسبی ارزیابی کرد (مقصودی و محمدنژاد آروق ۱۳۹۲). در منطقه مطالعاتی، با میانگین‌گیری از رده‌های به دست آمده از ۵ شاخص ریخت‌زمین‌ساختی، شاخص نسبی فعالیت تکتونیکی (Iat) حوضه محاسبه شد (جدول ۲). بر اساس این شاخص که مقدار آن ۲/۶ است منطقه مطالعاتی در رده تکتونیکی ۴ قرار دارد که بیانگر فعالیت تکتونیکی کم است. همچنین بر اساس شاخص S<sub>mf</sub> و V<sub>f</sub> فعالیت تکتونیکی در جبهه کوهستان کم تا متوسط است. بنابراین، تأثیر آن بر ژئومورفولوژی سطح مخروط‌افکنه ناچیز است.



شکل ۲. موقعیت تکتونیکی حوضه مورد مطالعه

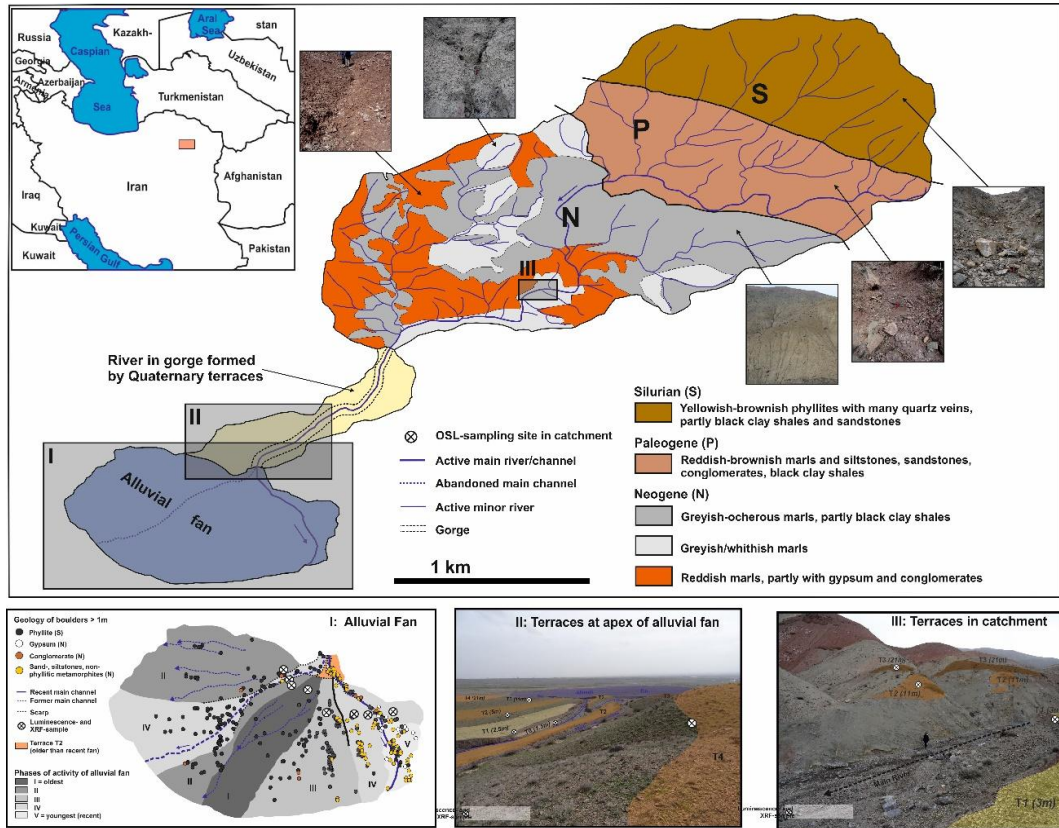
جدول ۲. بررسی شاخص نسبی فعالیت تکتونیکی (Iat) در حوضه مورد مطالعه

ردۀ Iat	مقدار Iat	ردۀ Af	ردۀ Bs	ردۀ Vf	ردۀ SL	ردۀ Smf
فعالیت تکتونیکی کم	ردۀ ۴	۲/۶	2	3	3	2

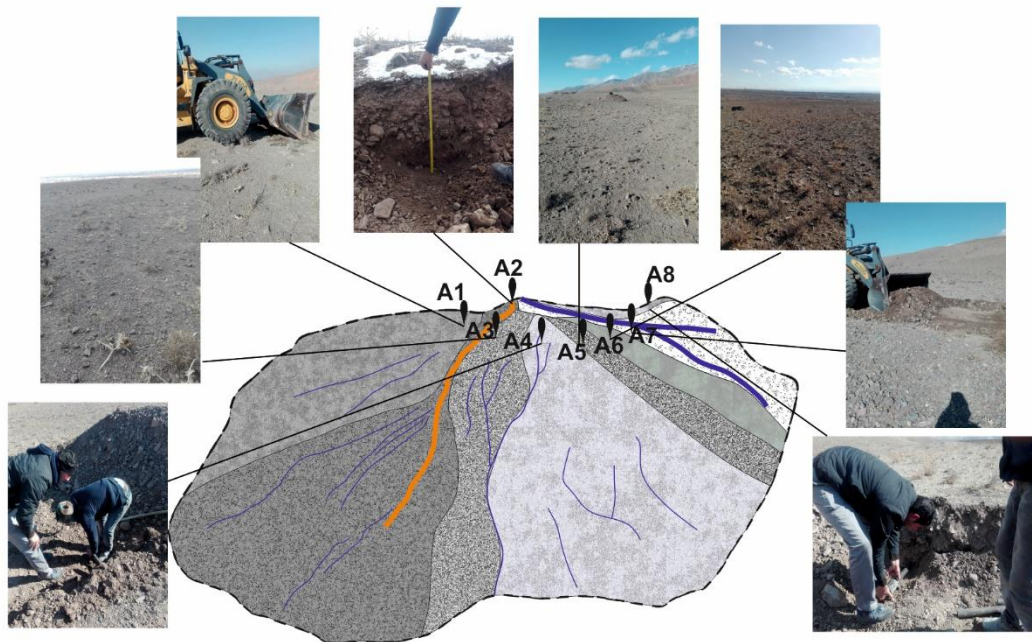
مهم‌ترین واحدهای سنگ‌شناسی این حوضه آبریز شامل واحد رسوبات کواترنری متشکل از کنگلومرا و رسوبات رودخانه‌ای سست و رسوبات تریاس فوقانی- ژوراسیک زیرین (TR3-J1) متشکل از شیل و ماسه‌سنگ‌های دگرگون‌شده فیلیتی و برون‌زدهای سیلورین با رخساره کربناته- ماسه‌سنگی است؛ شامل کوارتزیت، سنگ آهک، و مقدار کمی شیل (شکل ۳).

### ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه مورد مطالعه

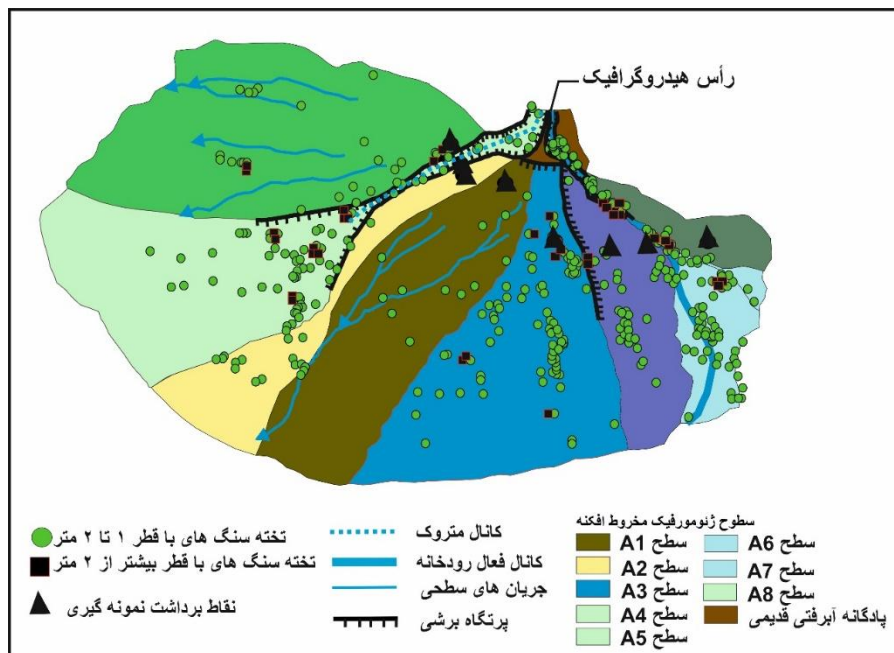
مخروط‌افکنه کال‌شور یک مخروط نسبتاً متقارن است که در بالادست این مخروط‌افکنه مخروط قدیمی آن قرار دارد که اکنون به صورت رهاشده و در حال تجزیه به وسیله سیستم زهکشی در حال شکل‌گیری است. عرض مخروط جدید حدود ۱/۱۰ کیلومتر و طول آن حدود ۰/۸۸ کیلومتر است. شیب آبراهه اصلی در سطح مخروط‌افکنه ۴/۸ درصد است. در سطح مخروط مورد نظر بر حسب ویژگی‌های بافت و رنگ و اندازه ذرات ۸ سطح رسوبی به‌وضوح قابل تشخیص است. وجود تخته‌سنگ‌ها و بلوک‌های سنگی بسیار بزرگ در سطح مخروط‌افکنه مورد مطالعه از فعالیت سیلاب‌ها همراه جریان مواد غلیظ نشان دارد؛ هرچند برخی از تخته‌سنگ‌ها چنان بزرگ‌اند که رسوبات مورن یخچالی را در ذهن تداعی می‌کنند. برای نمونه‌گیری این رسوبات ابتدا با استفاده از دستگاه GPS و متر به اندازه‌گیری قطر تخته‌سنگ‌های سراسر سطح مخروط‌افکنه اقدام شد و سپس با استفاده از دستگاه GPS موقعیت جغرافیایی همه تخته‌سنگ‌های با قطر بیشتر از یک متر تعیین شد. همچنین در این مرحله سایر مشخصات تخته‌سنگ‌ها مانند نحوه قرارگیری آن‌ها میان رسوبات (کاملاً مدفون، نیمه‌مدفون، در سطح مخروط‌افکنه) و جنس آن‌ها یادداشت‌برداری شد. پس از ورود این اطلاعات به محیط نرم‌افزار ArcGIS نقشه‌های مربوطه رسم شد. نقشه‌ها نشان دادند بیشترین پراکندگی تخته‌سنگ‌های بیشتر از دو متر در سطح دوم و پنجم و هفتم مخروط‌افکنه است و این نشان‌دهنده آن است که این سیلاب‌ها بعد از یک دوره خشکی و همراه جریان مواد بسیار غلیظ رخ داده‌اند (شکل ۴ و ۵).



شکل ۳. واحدهای سنگ‌شناسی محدوده مورد مطالعه



شکل ۴. نقشه ژئومورفولوژی و واحدهای سطحی میخرواقلانه مورد مطالعه



شکل ۵. سطوح مختلف رسوبی در سطح مخروط افکنه مورد مطالعه و محل نمونه برداری نمونه های رسوبی از سطوح آن

## مواد و روش ها

جهت مطالعه مخروط افکنه کال شور ابتدا با استفاده از عکس های هوایی، نقشه های توپوگرافی، و تصاویر ماهواره ای نقشه های اولیه در محیط نرم افزار ArcGIS 10.3 تهیه و سطوح مختلف ژئومورفولوژی در سطح مخروط افکنه مشخص شد. سپس طی بازدیدهای میدانی صحت این نقشه ها با واقعیت روی زمین اعتبارسنجی و اشکالات آن برطرف شد. بر اساس مشخصات مربوط به رنگ، بافت رسوبات، و مشاهدات عینی سطح مخروط افکنه به ۸ واحد ژئومورفو- رسوبی تقسیم شد. پس از آن با توجه به اینکه سطح مخروط افکنه به لحاظ بافت بسیار سخت بود با استفاده از ماشین لودر ابعاد یک در یک متر حفر و سپس نمونه های رسوبی از هر یک از این واحدها با استفاده از لوله های فلزی برداشت شد. پس از انتقال رسوبات به آزمایشگاه رسوب شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، عملیات آزمایشگاهی در چندین مرحله به شرح زیر صورت گرفت.

## آنالیزهای مربوط به بافت و اندازه ذرات

پس از خشک کردن رسوبات در دستگاه آون، نمونه رسوبات وزن شد و در شیکر قرار داده شد و با فواصل ۰/۵ تا ۵ فی غربال و دانه سنجی شد. سپس سایر پارامترهای مربوط به بافت رسوبات، نام رسوبات، توصیف کج شدگی، جورشدگی، و ... با استفاده از نرم افزار Gradistate مشخص شد و آنالیزها و نمودارهای مربوط - مانند نمودار درصد تجمع، درصد فراوانی، و ... - ترسیم شد. همچنین، جهت اطمینان از نتایج حاصل شده، نمودارهای مربوط به نام و بافت رسوبات دوباره در محیط نرم افزار 3Dplot ترسیم شد و جهت هر چه بهتر شدن نتیجه کار نمودارهای مربوطه در محیط نرم افزار Corel DRAW Graphic Suite بازترسیم و تنظیم شد.

## آنالیزهای ژئوشیمیایی

### اندازه‌گیری مقدار عناصر فرعی و اصلی در نمونه‌های مورد مطالعه

جهت اندازه‌گیری میزان کربنات کلسیم، ابتدا نمونه‌های برداشت‌شده در آزمایشگاه الک شد و مقدار رسوبات زیر الک ۵ فی بار دیگر در دستگاه پودر شد. در مرحله بعد نمونه‌ها با استفاده از اسید کلریدریک ۱۰ درصد طی چند مرحله بیکربناته شدند و بعد از چند بار شست‌وشو با آب مقطر در آن خشک شدند و در ظروف ویژه‌ای بسته‌بندی و برچسب‌گذاری شدند. این نمونه‌ها جهت محاسبه میزان عناصر اصلی به روش XRF<sup>۱</sup> به آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. مقدار ۰/۲ گرم از پودر هر نمونه در محلول اسید کلریدریک ۱ مولار قرار داده شد و پس از دو ساعت با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه تجزیه شد و گستره عناصر آن بر حسب درصد اندازه‌گیری شد. سپس، میزان CO<sub>2</sub> آن قرائت و نمودارهای مربوطه ترسیم و تحلیل شد.

### بحث و نتیجه

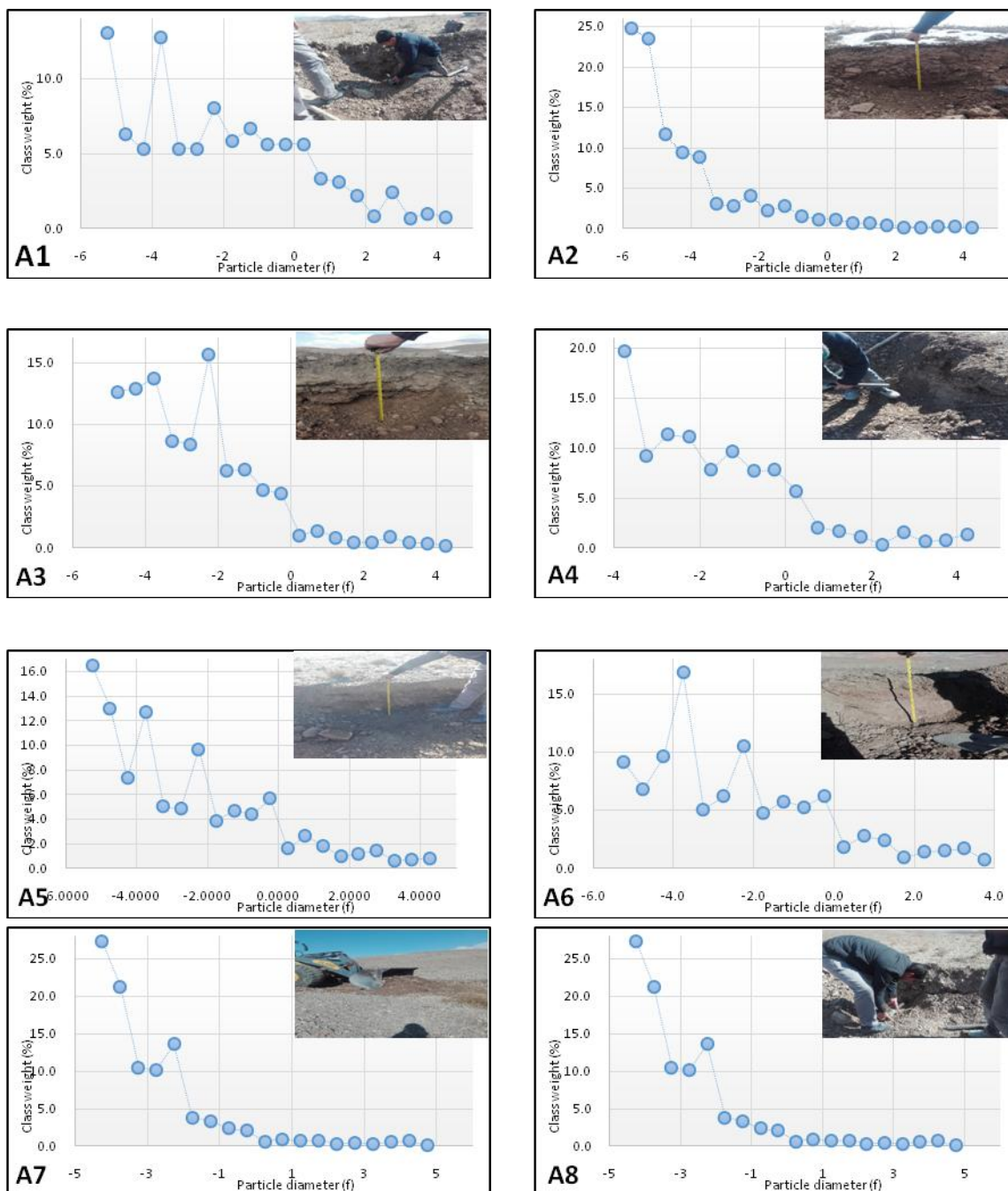
به نظر می‌رسد عوامل اقلیمی و اتوزنیک بر سکانس‌ها و الگوهای رسوبی مخروط‌افکنه‌های کواترنر (واترز<sup>۲</sup> و همکاران ۲۰۱۰؛ چن<sup>۳</sup> و همکاران ۲۰۱۷)، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تأثیر شدیدی دارند (فراستیک<sup>۴</sup> و راید ۱۹۸۹). بر مبنای بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، هفت سطح ژئومورفیک در سطح این مخروط قابل مشاهده است که هر یک از این دوره‌های گذر رسوبی بر مخروط‌افکنه‌ها می‌توانند به درک ما از دوره‌های رسوب‌گذاری و اقلیمی در سطح مخروط مورد مطالعه کمک کنند. به منظور بررسی دقیق خصوصیات رسوبی نمونه‌های مورد مطالعه، ویژگی‌های رسوبی آن‌ها به شرح زیر بررسی شد.

### آنالیزهای رسوبی-ژئومورفولوژیکی

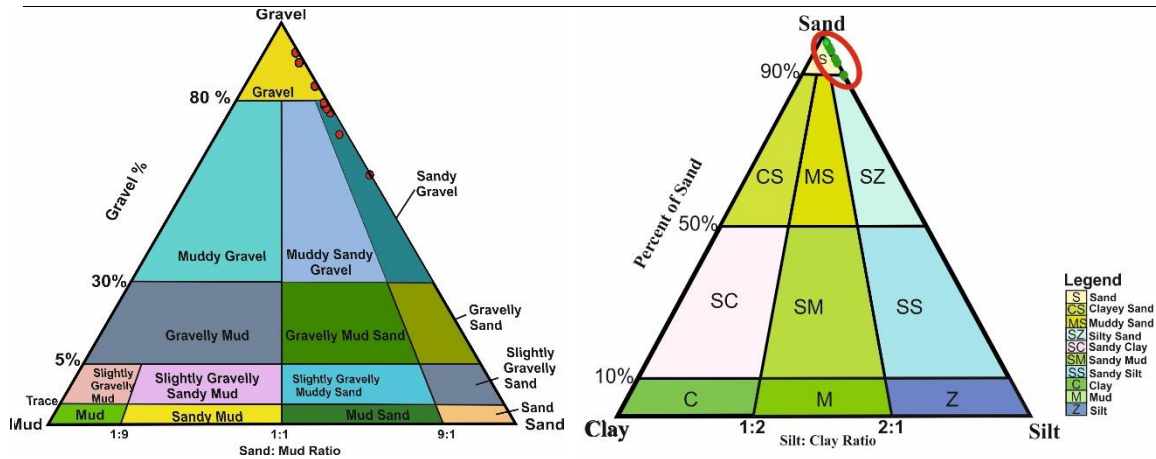
آنالیز اندازه‌دانه‌ها را می‌توان برای تشخیص رسوبات در محیط‌ها و رخساره‌های مختلف به کار برد که این خود اطلاعاتی درباره فرایند رسوب‌گذاری و نوع جریان در اختیار ما قرار می‌دهد (موسوی حرمی ۱۳۹۰). به طور کلی، توزیع اندازه ذرات در رسوبات مورد مطالعه در محدوده گراول و گراول شنی قرار دارند (شکل ۶ و ۷) و بیش از ۶۰ درصد این رسوبات را گراول تشکیل می‌دهد (جدول ۳). همچنین، بافت رسوبات آب‌راکدی بر اساس دانه‌ها و درصد اجزای آن طبق طبقه‌بندی اداره کشاورزی ایالات متحده (USDA) بررسی شد و همان‌طور که در جدول ۳ و شکل ۷ مشاهده می‌شود همه رسوبات آنالیزشده از نوع ماسه تا ماسه سیلتی و دارای بافت سبک‌اند. رسوبات دارای بافت سبک رسوباتی هستند که زهکشی آن آزادانه و به طور طبیعی صورت می‌گیرد و با پیدایش یک دوران خشکی زودتر رطوبت خود را از دست می‌دهند و در معرض فرسایش بادند و بارخیزی آن‌ها ناچیز است و بیش از ۸۰ درصد بافت رسوبات را ماسه و بقیه را ماسه لومی و لوم

1. X-ray fluorescence  
2. Waters  
3. Chen  
4. Frostick

ماسه‌ای تشکیل می‌دهد و رسوباتی که بافت آن‌ها sand، loamy sand و sandy loam است در این گروه قرار دارند و ساختمان رسوب در این رسوبات بسیار سست و شکننده است.



شکل ۶. نمودار توزیع اندازه ذرات در نمونه‌های مورد مطالعه



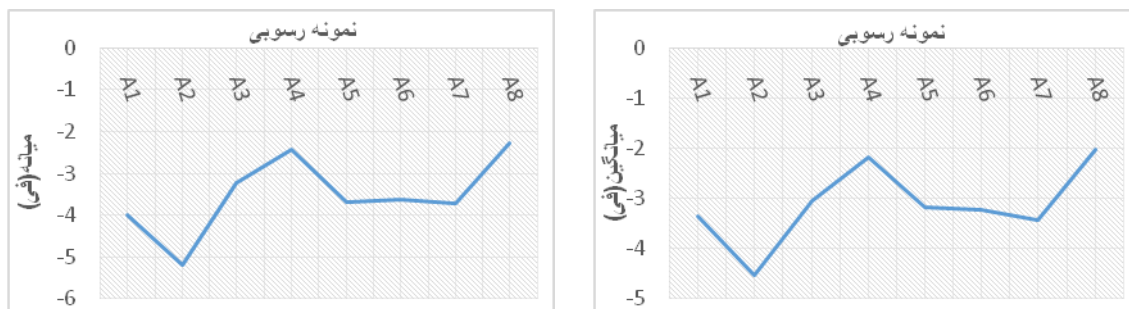
شکل ۷. دیاگرام نام گذاری و بافت رسوبات (اقتباس از فولک ۱۹۸۰)

جدول ۳. مشخصات پارامترهای اندازه ذرات در نمونه های مورد مطالعه

نام رسوب	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
% GRAVEL:	0/792	0/946	0/863	0/732	0/801	0/797	0/917	0/618
% SAND:	0/203	0/053	0/135	0/256	0/192	0/203	0/076	0/379
% MUD:	0/005	0/001	0/002	0/012	0/008	0/000	0/007	0/003
% V COARSE GRAVEL:	0/422	0/579	0/104	0/000	0/248	0/264	0/000	0/182
% COARSE GRAVEL:	0/077	0/172	0/229	0/137	0/184	0/133	0/398	0/131
% MEDIUM GRAVEL:	0/120	0/098	0/201	0/250	0/160	0/178	0/263	0/116
% FINE GRAVEL:	0/089	0/057	0/216	0/194	0/131	0/136	0/197	0/116
% V FINE GRAVEL:	0/083	0/041	0/113	0/151	0/078	0/086	0/059	0/073
% V COARSE SAND:	0/075	0/022	0/082	0/134	0/091	0/093	0/037	0/118
% COARSE SAND:	0/060	0/015	0/022	0/067	0/038	0/038	0/013	0/081
% MEDIUM SAND:	0/036	0/009	0/012	0/025	0/026	0/028	0/012	0/077
% FINE SAND:	0/022	0/003	0/012	0/017	0/024	0/024	0/006	0/094
% V FINE SAND:	0/011	0/004	0/007	0/013	0/013	0/020	0/008	0/007
% V COARSE SILT:	0/005	0/001	0/002	0/012	0/008	0/000	0/007	0/003
% COARSE SILT:	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000
% MEDIUM SILT:	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000
% FINE SILT:	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000
% V FINE SILT:	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000
% CLAY:	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000

تغییرات میانگین و میانۀ ذرات (شکل ۸ و ۹) نشان می دهد میانگین ذرات بین ۲/۰۳- تا ۴/۵۲- فی و میانۀ ذرات ۵/۲- تا ۰/۴- فی در تغییر است. در تفسیر اندازه های میانه نمونه های A2، A5، A6، و A7 دارای میانۀ پایین تر از بقیه رسوبات اند. در مقیاس فی هر قدر میانه کوچک تر باشد ذرات دانه درشت ترند. ذرات دانه درشت میان رسوبات نشان دهنده دو نکته مهم اند؛ اول اینکه سیلاب حمل کننده آنها سرعت بسیار زیاد (و نه لزوماً دبی بالاتر) داشته و دوم اینکه رسوبات بیشتر از محیط هایی با اقلیم سرد و خشک و با حاکمیت تخریب فیزیکی حمل شده اند. همچنین، بررسی میانۀ سایر

رسوبات نشان می‌دهد جریان‌های حمل‌کننده آن‌ها سرعت به نسبت کمتر اما مداوم‌تر داشته‌اند؛ بدین صورت که سیلاب‌های حمل‌کننده آن‌ها به صورت رگباری نبوده، بلکه بر اثر بارش‌های مداوم و در اقلیمی مرطوب رخ داده است. همچنین بررسی میانه رسوبات نشان می‌دهد دو مرحله گذار اقلیمی شدید از دوره مرطوب به دوره خشک اتفاق افتاده است؛ بدین صورت که میانه رسوبات در این دو نمونه کمترین مقدار عددی میانه را داشته و این نشان‌دهنده آن است که ذرات توسط سیلاب‌هایی با انرژی بیشتر اما مداومت کمتر رخ داده‌اند. این نتیجه نشان می‌دهد این رسوبات بیشتر در نتیجه جریان‌های مواد نهشته شده‌اند.



شکل ۸. تغییرات میانگین اندازه ذرات در نمونه‌های مورد مطالعه / شکل ۹. تغییرات میانه اندازه ذرات در نمونه‌های مورد مطالعه

جورشدگی از کمیت‌های آماری است که می‌تواند شاخص خوبی در بررسی محیط‌های رسوبی و نوع جریان‌های حمل‌کننده آن‌ها باشد. هر قدر جورشدگی بهتر باشد، نفوذپذیری زیادتر خواهد بود. زیرا در سنگ‌هایی که جورشدگی بد دارند ذرات دانه‌ریز با ماتریکس بین ذرات دانه‌درشت را پر می‌کنند و نفوذپذیری را کاهش می‌دهند (موسوی حرمی ۱۳۹۰). رسوبات مخروط‌افکنه‌ای دارای جورشدگی ضعیف‌اند. این ویژگی در نهشته‌های حاصل از جریان‌ات گلی در مقایسه با رسوبات آب‌آورده شدیدتر است (بلسین باخ ۱۹۵۴). به طور کلی مقدار عدد جورشدگی در رسوبات معرف تغییر شیب، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، تغییرات شدید رژیم جریان در طول زمان، و ورود ذرات رسوبی به شکل جریان‌ات واریزه‌ای است. اما، با توجه به مساحت کم حوضه و تنوع پایین سنگ‌شناسی در سطح حوضه مورد مطالعه و همچنین تغییرات کم در شیب سطحی مخروط‌افکنه، این موارد در مطالعه ویژگی جورشدگی رسوبات مورد مطالعه در نظر گرفته نشده است. به طور کلی، جورشدگی در سطح مخروط‌افکنه روی نمودار طبق رابطه ۱ (موسوی حرمی ۱۳۹۰؛ رویینا<sup>۱</sup> و همکاران ۲۰۱۶) از ۰/۶۳ تا ۲/۷۶ در تغییر و در محدوده بد و بسیار بد است. اما در نمونه شماره A2 و A7 مقدار جورشدگی بهتر از نمونه‌های دیگر است که نفوذپذیری بیشتر این رسوبات را نشان می‌دهد و از دو جریان بزرگ مواد در نتیجه تخریب شدید مکانیکی روی مخروط‌افکنه حکایت می‌کند (شکل ۱۰).

$$\sigma (\text{Phi}) = (Q84 - Q16) / 4 + (Q95 - Q5) / 6.6 \quad \text{رابطه ۱}$$

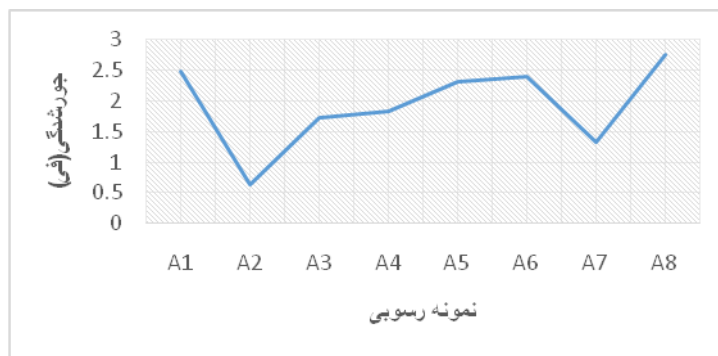
با توجه به نتایج آماری، دامنه کج‌شدگی، که با استفاده از رابطه ۲ به دست می‌آید (موسوی حرمی ۱۳۹۰؛ رویینا و همکاران ۲۰۱۶)، در محدوده ۰/۱۶ تا ۵/۴۸ قرار دارد و بیشتر نمونه‌ها در محدوده کج‌شدگی مثبت‌اند (شکل ۱۱) که این

وضعیت به دلیل قرار گرفتن ذرات دانه‌ریزتر میان ذرات درشت‌دانه‌تر و در نتیجه جریان موادهای مکرر در سطح این مخروط‌افکنه است.

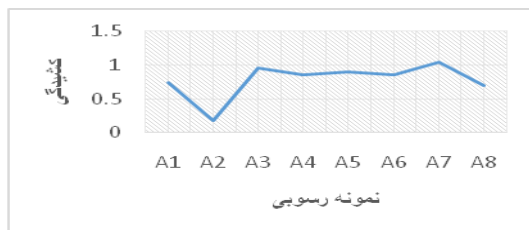
$$\text{رابطه ۲} \quad S_k = (Q_{16} + Q_{84} - 2Q_{50}) / 2 (Q_{84} - Q_{16}) + (Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}) / 2 (Q_{95} - Q_5)$$

از پارامترهای دیگر در تفسیر رسوبات کشیدگی است. کشیدگی اطلاعات زیادی دربارهٔ جورشدگی و اندازه ذرات می‌دهد که این اطلاعات برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و همچنین فرایندهای رسوب‌گذاری از اهمیت خاصی برخوردار است (موسوی حرمی ۱۳۹۰). به طور کلی، میان نسبت کشیدگی و کج‌شدگی رسوبات ارتباط مستقیم وجود دارد؛ طوری که هر چه نسبت کج‌شدگی رسوبات متمایل به بد باشد دامنهٔ کشیدگی رسوبات بیشتر می‌شود و رسوبات به بافت پهن و بسیار پهن مایل می‌شوند. دامنهٔ کشیدگی طبق رابطهٔ ۳ (موسوی حرمی ۱۳۹۰؛ رویینا<sup>۱</sup> و همکاران ۲۰۱۶) در رسوبات مورد مطالعه از ۰/۱۷۸ تا ۱/۰۴۹ در تغییر است (شکل ۱۲). دامنهٔ این تغییرات شامل کشیدگی متوسط تا خیلی پهن است. این شاخص نیز در نمونهٔ A7 بالاتر از بقیهٔ نمونه‌هاست.

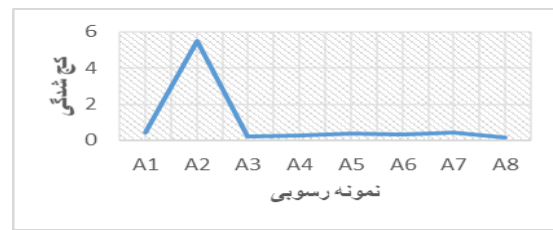
$$\text{رابطه ۳} \quad K = Q_{95} - Q_5 / 2.44 (Q_{75} - Q_{25})$$



شکل ۱۰. نمودار تغییرات جورشدگی اندازه ذرات در نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۱۲. نمودار روند تغییرات کشیدگی در نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۱۱. نمودار روند تغییرات کج‌شدگی در نمونه‌های مورد مطالعه

از پارامترهای مهم در بررسی ویژگی‌های رسوبی آزمایش‌های ژئوشیمی است. ژئوشیمی عناصر به‌خوبی نشان‌دهندهٔ شرایط دما و بارش است (هام<sup>۲</sup> و فنیس ۱۹۹۵؛ کهل<sup>۳</sup> و همکاران ۲۰۰۵؛ موریل<sup>۱</sup> ۲۰۰۶؛ کریمی و همکاران ۲۰۰۹). میزان عنصری

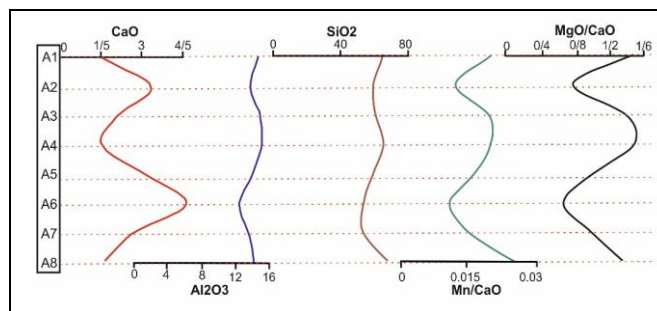
1. Rouina
2. Hum
3. Kehl

چون سیلیسیوم، آلومینیوم، منگنز، کلسیم، و منیزیم تحت شرایط خاص اقلیمی دچار تغییر می‌شود. همچنین تغییرات در نسبت عناصری چون منگنز به کلسیم و منیزیم به کلسیم تغییرات شرایط محیطی در طول زمان را نشان می‌دهد.

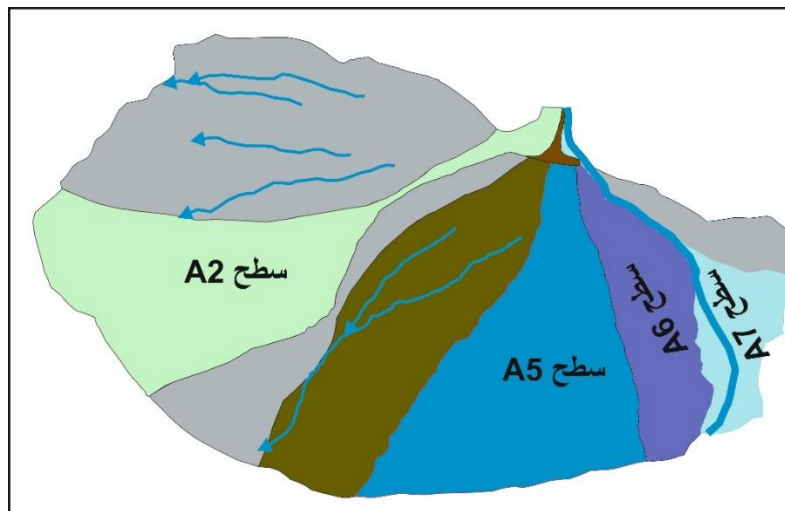
میزان عناصر اکسیدهای آلومینیوم و سیلیس جزء ترکیباتی هستند که در دوره‌های گرم و مرطوب افزایش و در دوره‌های سرد و خشک، با افزوده شدن عناصری چون کلسیم و سدیم (ناپایدار و انحلال‌پذیر)، کاهش می‌یابد. این عناصر در نمونه‌های A1، A2، A3، A4، A5، A6، A7، و A8 به بیشترین حد خود و در نمونه‌های A1، A2، A3، A4، A5، A6، A7، و A8 به کمترین حد خود می‌رسد که گویای غلبه شرایط گرم و مرطوب در گروه اول و شرایط سرد و خشک در گروه رسوبی دوم است (شکل ۱۰). میزان عنصر کلسیم نشان‌دهنده شرایط مرطوب و خشک محیط است؛ طوری که میزان بالای این عنصر نشان‌دهنده شرایط خشک و تبخیر شدید و کاهش آن نشان‌دهنده کمبود و فقدان رطوبت است. در نمونه‌های مورد مطالعه، نمونه‌های A2، A5، A6، A7، و A8 بیشترین و نمونه‌های A1، A4، A8، و A3 به ترتیب کمترین میزان کلسیم را دارد (شکل ۱۰). همچنین، با افزایش بارش و دوره‌های احیایی، مقدار منیزیم افزایش می‌یابد و در نتیجه مقدار عناصر ناپایدار چون کلسیم با آب‌شویی از محیط خارج می‌شود و کاهش می‌یابد. بنابراین، نسبت  $Mg/Ca$  می‌تواند شاخص خوبی در بازسازی دمای دیرینه باشد. نمونه‌های A1، A3، A4، و A8 به ترتیب دارای بیشترین مقدار این نسبت عنصری‌اند و نمونه‌های A2، A5، و A6 دارای کمترین نسبت عنصری (شکل ۱۳).

با افزایش بارش و افزایش تأثیر دیاژنز متائوریکی، میزان منگنز افزایش و میزان کلسیم کاهش می‌یابد. بنابراین نسبت  $Mn/Ca$  با رطوبت افزایش می‌یابد (تقوی و همکاران ۱۳۹۲). بیشترین میزان این نسبت در نمونه‌های A1، A3، A4، و A8 و کمترین میزان در نمونه‌های A2، A5، و A6 مشهود است (شکل ۱۰).

به طور کلی، نتایج آنالیزهای شیمیایی با نتایج حاصل از آنالیزهای ژئوفیزیکی منطبق است؛ طوری که نتایج حاصل از آنالیز میانه و جورشدگی و کشیدگی نشان داد این رسوبات در نتیجه جریان مواد بر سطح مخروط‌افکنه نهشته شده‌اند و این جریان‌ها در نتیجه دوره‌های سرد و خشک رخ داده‌اند. با توجه به نتایج آنالیزهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی سیلاب‌های حمل‌کننده در نمونه‌های A2، A5، A6، A7 (شکل ۱۴) دارای سرعت بسیار زیاد (و نه لزوماً دبی بالاتر) هستند. همچنین، این سیلاب‌ها در محیط‌هایی با اقلیم سرد و خشک و با حاکمیت تخریب فیزیکی رخ داده‌اند. در نمونه‌های A1، A3، A4، و A8 اقلیم گرم و مرطوب با سیلاب‌های مداوم اما با انرژی کمتری رخ داده است.



شکل ۱۳. روند تغییرات اکسیدهای کلسیم، آلومینیوم، سیلیسیوم، نسبت منگنز به کلسیم، و نسبت منیزیم به کلسیم در نمونه‌های مورد



شکل ۱۴. موقعیت نمونه‌های A5، A2، A6

### تحلیل نتایج

بر پایه مطالعات رسوب‌شناسی نمونه‌های A2، A5، A6، و A7 دارای میانه پایین‌تر، جورشدگی ضعیف، و کشیدگی بیشتر نسبت به بقیه رسوبات‌اند. همچنین، میزان عناصر اکسیدهای کلسیم، آلومینیوم، سیلیس و نسبت عناصر منیزیم به کلسیم و منگنز به کلسیم در نمونه‌های A1، A3، A8، و A4 افزایش و در نمونه‌های A2، A5، A6 و A7 کاهش می‌یابد که به ترتیب نشان‌دهنده شرایط اقلیمی گرم و مرطوب و سرد و خشک است. به طور کلی، با توجه به نتایج آنالیزهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی سیلاب حمل‌کننده در نمونه‌های A2، A5، A6، و A7 دارای سرعت بسیار زیاد است. همچنین، این سیلاب‌ها در محیط‌هایی با اقلیم سرد و خشک و با حاکمیت تخریب فیزیکی رخ داده‌اند. در نمونه‌های A4، A1، A3، و A8 اقلیم گرم و مرطوب با سیلاب‌های مداوم اما با انرژی کمتری رخ داده است. بنابراین، چهار سطح رسوبی در نتیجه اقلیم سرد و خشک و چهار سطح رسوبی در نتیجه اقلیم گرم و مرطوب در سطح این مخروط قابل مشاهده است و دو پادگانه آبرفتی در دوره سرد و خشک شکل یافته است؛ طوری که جریان‌های با سرعت کم موجب برجای‌گذاری این رسوبات به صورت پادگانه‌های آبرفتی شده است.

به طور کلی، مقایسه نتایج حاصل از آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی نشان می‌دهد نمونه‌های A2، A5، A6 و A7 در نتیجه رسوبات حاصل از جریان‌ات توده‌ای در محیط‌هایی با اقلیم سرد و خشک و با حاکمیت تخریب فیزیکی و نمونه‌های A4، A1، A3، و A8 اقلیم گرم و مرطوب با سیلاب‌های مداوم اما با انرژی کمتری رخ داده است که هر یک از این سطوح نشان‌دهنده یک دوره اقلیمی در شمال شرق ایران‌اند.

### نتیجه

بر اساس آنالیزهای مربوط به ژئومورفولوژی سطح مخروطافکنه، آنالیز اندازه ذرات، و نتایج ژئوشیمیایی وجود ۸ سطح ژئومورفولوژیکی در سطح مخروطافکنه کال شور در نتیجه تغییرات محیطی و اقلیمی به خوبی قابل تمیز است که این سطوح به سه بخش تقسیم می‌شوند: ۱. سطوح رسوبی در نتیجه جریان مواد با انرژی زیاد؛ ۲. سطوح رسوبی در نتیجه جریان مواد با انرژی کم؛ ۳. سطوح رسوبی در نتیجه جریان آب بدون دخالت جریان مواد. به طور کلی، مقایسه نتایج حاصل از آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی نشان می‌دهد نمونه‌های A6، A2، A5، و A7 در نتیجه رسوبات حاصل از جریانات توده‌ای در محیط‌هایی با اقلیم سرد و خشک و با حاکمیت تخریب فیزیکی و نمونه‌های A1، A3، A4، و A8 اقلیم گرم و مرطوب با سیلاب‌های مداوم اما با انرژی کمتری رخ داده است. به جرئت می‌توان گفت نتایج حاصل از آنالیزهای مورفو-رسوبی و ژئوشیمیایی رسوبات آبرفتی می‌توانند آرشیب بسیار ارزشمندی در مطالعه شرایط پالئومحیطی باشند. همان‌طور که در تحلیل نتایج حاصل از این رسوبات در حوضه مورد مطالعه این هدف به خوبی حاصل شده است.

## تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای پرفسور زیلهوفر و آقای دکتر هانس، عضو هیئت علمی دانشکده جغرافیا و علوم محیطی دانشگاه آلمان، به دلیل راهنمایی جهت انجام گرفتن این پژوهش تشکر کنند.

## منابع

- آقاباتی، ع. (۱۳۸۳). *زمین‌شناسی ایران*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- تقیان، علی‌رضا (۱۳۸۸). «تحلیل سیستم‌های شکل‌زای کواترنری در دامنه‌های کرکس»، پایان‌نامه دکترای دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران.
- تقوی، ل.، طیبی، ص.، طیبی، س.، کریمیان، ب. (۱۳۹۲). «تحلیل اقلیم دیرینه بخش شمالی تالاب گاوخونی با استفاده از ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی»، *تالاب اکویولوژی*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، صص ۵۳ - ۶۲.
- فیضی، و.، عزیزی، ق.، علی‌محمدیان، ح.، ملاشاهی، م. (۱۳۹۶). «تحلیل اقلیم دیرینه برش رسوبی نوده (استان گلستان) با استفاده از ژئوشیمی عناصر»، *کواترنری ایران*، ج ۳، ش ۹، صص ۲۹ - ۳۹.
- موسوی حرمی، ر. (۱۳۹۰). *رسوب‌شناسی*، آستان قدس رضوی.
- مقصودی، م. و محمدنژاد آروق، و. (۱۳۹۲). ژئومورفولوژی مخروطافکنه‌ها، چ ۲، انتشارات دانشگاه تهران.
- نکوخوا، م. (۱۳۸۲). «ژئوشیمی و محیط رسوبی نهشته‌های کربناته پرمین در جنوب شرق شهرضا»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، استاد راهنما: محمدحسین آدابی.
- Alavi, M. (1992). "Thrust tectonic of the Binalood region, NE Iran". *Tectonophysics*, 11: pp. 360-370.
- Aghanbati, A. (2004). *Geology of Iran*, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran.
- Blissenbach, E. (1954). "Geology of Alluvial Fans in Semiarid Regions". *Geological Society of America Bulletin*, 65, pp. 175-190.
- Bull, W. B. (1972). *Recognition of alluvial fan deposits in the stratigraphic record*.
- Bull, W. B. & McFadden, L. D. (1977). *Geomorphology in arid regions*.
- Borges, J. & Huh, Y. (2007). "Petrography and chemistry of the bed sediments of the Red River in China

- and Vietnam: provenance and chemical weathering". *Sedimentary Geology*, 194 (3-4), pp. 155-168.
- Chen, L., Steel, R. J., Guo, F., Olariu, C., Gong, C. (2017). "Alluvial fan facies of the Yongchong Basin: Implications for tectonic and paleoclimatic changes during Late Cretaceous in SE China". *Journal of Asian Earth Sciences*, 134, pp. 37-54.
- Cullers, R. (1988). "Mineralogical and chemical changes of soil and stream sediment formed by intense weathering of the Danburg granite", *Georgia, USA. Lithos*, 21 (4), pp. 301-314.
- De Scally, F. A. & Owens, I. F. (2005). "Depositional processes and particle characteristics on fans in the Southern Alps, New Zealand". *Geomorphology*, 69(1-4), pp.46-56.
- FROSTICK, L. E. & Reid, I. A. N. (1989). "Climatic versus tectonic controls of fan sequences: lessons from the Dead Sea, Israel". *Journal of the Geological Society*, 146 (3), pp. 527-538.
- Folk, R. L. (1980). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company.
- Feyzi V, Azizi G, Alimohammadian H, Mollashahi M.(2017) "Paleoclimate analysis of Nowdeh section (Golestan Province) using geochemical element". *Quaternary Journal of Iran*, 1(3), pp. 29-39.
- Gaillardet, J., Dupré, B., Louvat, P., Allegre, C. J. (1999). "Global silicate weathering and CO<sub>2</sub> consumption rates deduced from the chemistry of large rivers". *Chemical geology*, 159 (1-4), pp. 3-30.
- Harvey, A. M. (1987). "Alluvial fan dissection: relationships between morphology and sedimentation. Geological Society", *London, Special Publications*, 35 (1), pp. 87-103.
- Hook, R. (1965). *Alluvial fan*; California Institute of Technology.
- Hook, R. (1967). "Processes in arid-region alluvial fans". *J. Geol.*75, pp. 438-460.
- Hum, L. & Fényes, J. (1995). "The geochemical characteristics of loesses and paleosols in the South-Eastern Transdanube (Hungary)". *Acta Mineralogica-Petrographica (Szeged)*, 36: pp. 89-100.
- A. (2005). "Paleosols derived from loess and loess-like sediments in the basin of persepolis, Southern Iran". *Quaternary International*, 140/141: pp. 135-149.
- Karimi, A., Khademi, H., Kehl, M., Jalaian, A. (2009). "Distribution, lithology and provenance of peridesert loess deposits in Northeast Iran". *Geoderma*, 148: pp. 241-250.
- Kolb, T., Fuchs, M., Moine, O., Zöller, L. (2017). "Quaternary river terraces and hillslope sediments as archives for paleoenvironmental reconstruction: new insights from the headwaters of the Main River, Germany". *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*, 61 (1), pp. 53-76.
- Morill, A. (2006). "The importance of both geological and pedological processes in control of grain size and sedimentation rates in Peoria Loess". *Geoderma*, 136: pp. 388-400.
- Moosavi Harami, R. (2011). *Sedimentology*, Astan ghods.
- Maghsoodi, M & Mohammadnejad Aroogh, V.(2013). *Geomorphology of Alluvial fans*, Tehran.
- Nekookho, M. (2003). "Geochemistry and Sedimentary Environment of Permian Carbonate Deposits in the South East of Shahreza", M.Sc. in Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Supervisor: Mohammad Hossein Adabi.
- Pierson, T. C., & Scott, K. M. (1985). "Downstream dilution of a lahar: transition from debris flow to hyperconcentrated streamflow". *Water resources research*, 21(10), pp. 1511-1524.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., and Miller, J.R., 1995, *Process Geomorphology 3rd Ed.: W.C. Brown. Publishers, Dubuque, IA*, 539 pp.
- Roya, S. K. & Caballeroa, L. (2008). "Geochemistry of late quaternary sediments from Tecocomulco

- Lake, central Mexico: Implication to chemical weathering and provenance". *Chemie der Erde*, 68: pp. 383-393.
- Rouina, S. B., Bassetti, M. A., Tourir, J., Trabelsi, K., Berne, S. (2016). "Sedimentary and microfaunal evolution in the Quaternary deposits in El Akarit river mouth (Gulf of Gabes, Tunisia): Paleo-environments and extreme events". *Journal of African Earth Sciences*, 121, pp. 30-41.
- Singh, P. & Rajamani, V. (2001). "REE geochemistry of recent clastic sediments from the Kaveri floodplains, southern India: implication to source area weathering and sedimentary processes". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65 (18), pp. 3093-3108.
- Sensarma, S., Rajamani, V., Tripathi, 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*, 205, pp. 111-125.
- Schneider, S., Hornung, J., Hinderer, M., 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*, 336, pp. 106-119.
- Taghian, A. (2009). "Analysis of Quaternary Morphological Systems in Karkas mountains", PhD Thesis, Faculty of Geography, University of Tehran.
- Taqhavi, L., Tayebi, s., Tayebi, S., Karimians, b. (2103). "Paleo climatic Analysis of Northern part of Gavkhooni lagoon Using Geochemistry of Elements", *Ecobiology lagoon*, Islamic Azad University, Ahvaz, pp. 62-53.
- Wang, X., Wei, H., Taheri, M., Khormali, F., Danukalova, G., Chen, F. (2016). "Early Pleistocene climate in western arid central Asia inferred from loess-palaeosol sequences". *Scientific reports*, 6, 20560.
- Wasson, R. J. (1977). "Last-glacial alluvial fan sedimentation in the Lower Derwent Valley, Tasmania". *Sedimentology*, 24 (6), pp. 781-799.
- Waters, J. V., Jones, S. J., Armstrong, H. A. (2010). "Climatic controls on late Pleistocene alluvial fans, Cyprus". *Geomorphology*, 115 (3-4), pp. 228-25.
- Yang, S. Y., Jung, H. S., Choi, M. S., Li, C. X. (2002). "The rare earth element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments". *Earth and Planetary Science Letters*, 201 (2), p. 407