

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

خاستگاه شیل های آهکی (سازند گورپی) سیستم رسوبی پیشانی فورلندی زاگرس، دزفول شمالی: براساس داده های ژئوشیمیایی

ابوالفضل جمشیدی پور^{۱*}، محمد خانه باد^۱، مریم میرشاهانی^۲، علی اپرا^۳

^۱گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*abolfazljamshidipour1994@gmail.com

^۲پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

^۳گروه زمین شناسی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ایران:

چکیده: سازند گورپی از مهمترین سنگ منشاء های تولید هیدروکربن در زاگرس است. اکسید سیلیسیوم در شیل های آهکی به طور میانگین ۱۳،۱۲ درصد وزنی است. در مقابل، اکسید کلسیم در این نمونه ها به طور میانگین ۴۱،۵۵ درصد وزنی است. منشاء اکسید سیلیسیوم در این نمونه ها با توجه به همراهی با سایر اکسیدهایی نظیر Al_2O_3 می تواند کانی های رسی و فلدسپارها باشد. از طرفی مقادیر اکسید کلسیم در ارتباط با مقادیر کربنات های کلسیم در نمونه ها است. حضور مگنتیت و پیریت در شیل های آهکی موجب افزایش مقادیر Fe_2O_3 گردیده است. با توجه مقادیر Fe_2O_3/Na_2O در مقابل SiO_2/Al_2O_3 از نظر طبقه بندی ژئوشیمیایی نمونه ها از نوع شیل هستند. خاستگاه این رسوبات سنگ های آذرین حدواسط هستند. با توجه به مقادیر SiO_2 در برابر $Al_2O_3+K_2O+Na_2O$ نمونه ها تحت تاثیر یک آب هوای مرطوب تا گاهی خشک بوده اند. بر اساس نسبت بالا K_2O به Na_2O و مقادیر SiO_2 و Al_2O_3 ، شیل های آهکی سازند گورپی در حاشیه غیرفعال قاره ای تشکیل شده اند.

واژگان کلیدی: سازند گورپی، زاگرس، خاستگاه، دزفول شمالی

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

۱- مقدمه

سازند گورپی به دلیل موقعیت چینه‌شناسی و اهمیت آن در زمین‌شناسی نفت ایران به‌عنوان سنگ منشأ یکی از مهم‌ترین واحدهای سنگی چینه‌شناسی حوضه فورلند زاگرس نام برده می‌شود (Jamshidipour et al., 2023). نام این سازند از کوه گورپی در شمال غربی شهرستان مسجدسلیمان گرفته شده است. این سازند در مقطع تیپ شامل شیل و مارن‌های خاکستری مایل به آبی همراه با لایه‌های نازک از سنگ آهک رسی است که بر روی آهک‌های سازند ایلام به صورت یک ناپیوستگی فرسایشی قرار گرفته است. مرز بالایی سازند گورپی با لایه‌های شیل ارغوانی حاوی ماسه و سیلت مشخص شده است که نشان دهنده شروع سازند پابده است (Alavi, 1994; 2004). سنگ رسوبی آواری ریز دانه در مقایسه با سایر سنگ‌های مشابه، بسیار بهتر می‌توانند ترکیب پوسته را مشخص کنند (Maazallahi et al., 2023). ترکیب ژئوشیمیایی سنگ‌ها داده‌های ارزشمندی را در مورد منشأ آن‌ها ارائه می‌کند و شواهدی از هوازگی و فرآیندهای دیاژنتیکی گذشته را در خود حفظ کرده‌اند. این پژوهش به بررسی ژئوشیمی اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی شیل‌های آهکی سازند گورپی، نوع سنگ منشأ و ارتباط آنها با رویدادهای تکتونیکی زاگرس در فروافتادگی دزفول شمالی می‌پردازد.

۲- روش پژوهش

برای نیل به اهداف پژوهش، ۱۳ نمونه خرده‌های حفاری جهت بررسی اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی توسط دستگاه فلورسانس اشعه ایکس (XRF) مدل PW-1480 (ساخت شرکت فلیپس- کشور هلند) به آزمایشگاه تجزیه‌کنندگان کانسارهای بلورین آمتیس شرق در شهر مشهد فرستاده شد. نتایج حاصل از این آنالیز در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است.

۳- نتایج و بحث

شیل‌های آهکی سازند گورپی در قدم اول برای مطالعه ژئوشیمیایی، توسط مقادیر شیل‌های پوسته بالایی قاره‌ای (UCC) نرمالیزه شده (Taylor and McLennan, 1985) و در شکل نمایش داده شده است (شکل ۱). اصلی‌ترین اکسید در سنگ‌های آواری SiO_2 است. بر این اساس، این اکسید را مبنای تحلیل‌ها و بررسی خاستگاه رسوبات و سنگ‌های رسوبی

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

قرار می دهند. در مقایسه با مقادیر UCC در نمونه ها مقادیر این اکسید تهی شدگی قابل توجهی را از خود نشان می دهد. همینطور روندهای این اکسید با Fe_2O_3 و MgO ، K_2O ، TiO_2 ، MnO ، Al_2O_3 ، Na_2O ، SiO_2 و Al_2O_3 در مقابل غنی شدگی CaO و MgO ، و روند منفی این اکسیدها در مقابل یکدیگر ناشی از فراوانی کانی های کربناته نظیر کلسیت و دولومیت در مقابل کوارتز، فلدسپار و سایر کانی های سلیکاته است. مقادیر K_2O و Na_2O با توجه به همگرایی مثبت با SiO_2 می تواند ناشی از وجود فلدسپار ها مانند آلبیت و آنورتیت در نمونه ها باشد (Khanebad et al., 2012; Maazallahi et al., 2023).

جدول ۱- مقادیر اکسیدهای اصلی حاصل از آنالیز XRF در نمونه های سازند گورپی (برحسب درصد وزنی)

Well No#	Depth (m)	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	CaO	P_2O_5	Fe_2O_3	SO_3	LOI
20	4078	15.46	4.82	0.18	1.5	1.64	0.24	0.04	39.34	0.57	2.82	0.75	32.55
20	4110	13.9	4.25	0.2	1.29	1.49	0.21	0.03	41.01	0.16	2.57	1.16	33.62
20	4114	17.6	5.12	0.18	1.16	1.64	0.29	0.04	38.11	0.15	3.26	1.13	31.2
20	4160	10.79	5.22	0.16	0.91	1.07	0.2	0.02	43.15	0.2	2.18	1.07	34.9
31	3945	13.66	4.12	0.31	2.62	1.7	0.2	0.03	39.49	0.29	2.46	1.09	33.89
31	3988	14.42	5.19	0.37	2.5	1.82	0.24	0.05	38.06	0.28	3.1	1.23	32.63
35	3894	15.1	4.78	0.2	1.15	1.46	0.26	0.03	40.16	0.23	2.69	1.01	32.81
35	3897	13.93	4.12	0.19	1.06	1.3	0.22	0.03	41.48	0.32	2.38	1.1	33.75
35	3898	9.89	2.52	0.16	1.08	1.1	0.13	0.03	45.35	0.14	1.89	0.77	36.81
35	3956	12.23	4.42	0.41	0.97	1.36	0.2	0.02	42.16	0.16	2.23	1.57	34.18
35	3973	11.34	4.9	0.38	0.85	1.17	0.2	0.02	42.68	0.18	2.26	1.38	34.46
36	3958	10.3	2.7	0.17	1.27	1.12	0.15	0.03	44.48	0.19	2.07	0.93	36.33
36	3988	11.96	2.25	0.19	0.78	1	0.12	0.04	44.78	0.13	1.62	0.82	36.04

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

جدول ۲- مقادیر عناصر فرعی حاصل از آنالیز XRF در نمونه های سازند گورپی (برحسب پی پی ام؛ N: عدم شناسایی).

Well name	Depth (m)	Ba	Cr	Cu	Ni	Ce	Cl	Pb	La	Sr	V	Zr	Zn
20	4078	N	88	24	21	36	49	N	19	464	45	76	17
20	4110	N	44	15	78	17	191	107	1	657	45	81	N
20	4114	N	77	N	45	20	285	114	34	592	62	89	N
20	4160	N	539	N	42	13	53	N	26	663	56	66	N
31	3945	79	198	N	176	70	203	143	12	602	56	63	5
31	3988	23	38	N	N	44	21	184	32	581	56	71	23
35	3894	N	7	N	65	N	43	301	22	581	69	92	12
35	3897	N	58	N	46	81	149	72	2	668	56	83	14
35	3898	N	41	N	55	13	513	72	51	621	26	59	N
35	3956	N	N	N	N	44	109	173	29	664	49	57	N
35	3973	N	6	N	13	30	451	426	15	649	49	71	N
36	3958	1254	74	N	66	9	140	365	7	668	43	70	3
36	3988	1418	N	4	66	35	105	261	N	742	42	66	N

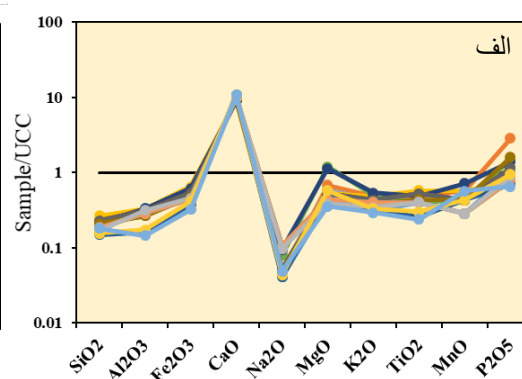
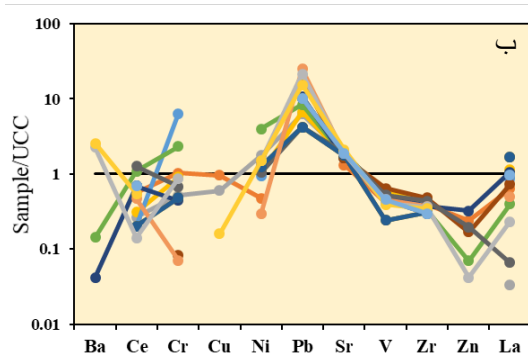
مقادیر Fe_2O_3 در نمونه های با حضور کانی هایی آهن دار مانند مگنتیت و هماتیت، پیریت در ارتباط است. مقادیر P_2O_5 و همگرایی مثبت با SiO_2 و CaO بیانگر حضور اشکال مختلف کانی های فسفات در این سازند باشد. روند مثبت و همگرایی قوی بین TiO_2 با V ، Al_2O_3 و Zr بیانگر منشاء سنگ آذرین حدواسط برای این نمونه است. مقادیر زیرکونیم می تواند در ارتباط با حضور کانی زیرکان بوده که منشاء سنگ های اسیدی تا حدواسط را برای این نمونه ها اثبات می کند. با توجه به حضور کلسیت و دولومیت مقادیر Sr به عنوان عنصر فرعی می تواند در داخل شبکه بلوری این کانی ها وجود داشته است. از طرفی مقادیر استرانسیوم می تواند در حین دیاژنز تغییر یابد (Jamshidipour et al., 2021). مقادیر سرب می تواند ناشی از حضور یک فاز هیدروترمالی بوده که بر روی مقادیر Sr نیز اثر کاهشی گذاشته است (Jamshidipour et al., 2021; Han et al., 2020). مقادیر کاهشی La می تواند ناشی از وجود یک محیط احیایی و نیمه عمیق باشد (Adeoye et al., 2020).

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران

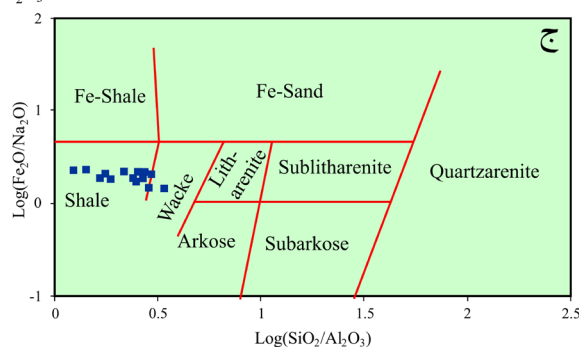
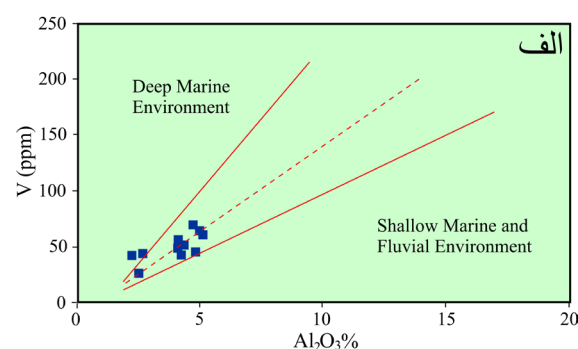
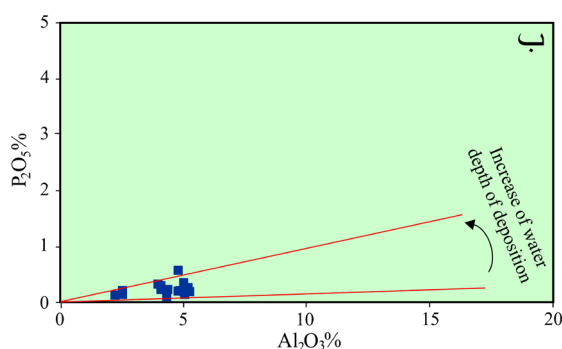


8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان



شکل ۱- مقادیر نرمالیزه شده به روش تیلور و مک لنن (۱۹۸۵). الف) اکسیدهای اصلی. ب) عناصر فرعی.



شکل ۲- مقادیر Al_2O_3 نسبت به مقادیر V (الف) و P_2O_5 (ب) نشانگر یک محیط نیمه عمیق تا عمیق است (Dhannoun and Al-Dlemi, 2011). ج) طبقه بندی ژئوشیمیایی رسوبات بر اساس نمودار هرون (۱۹۸۸)؛ نمونه ها از نوع شیلی است.

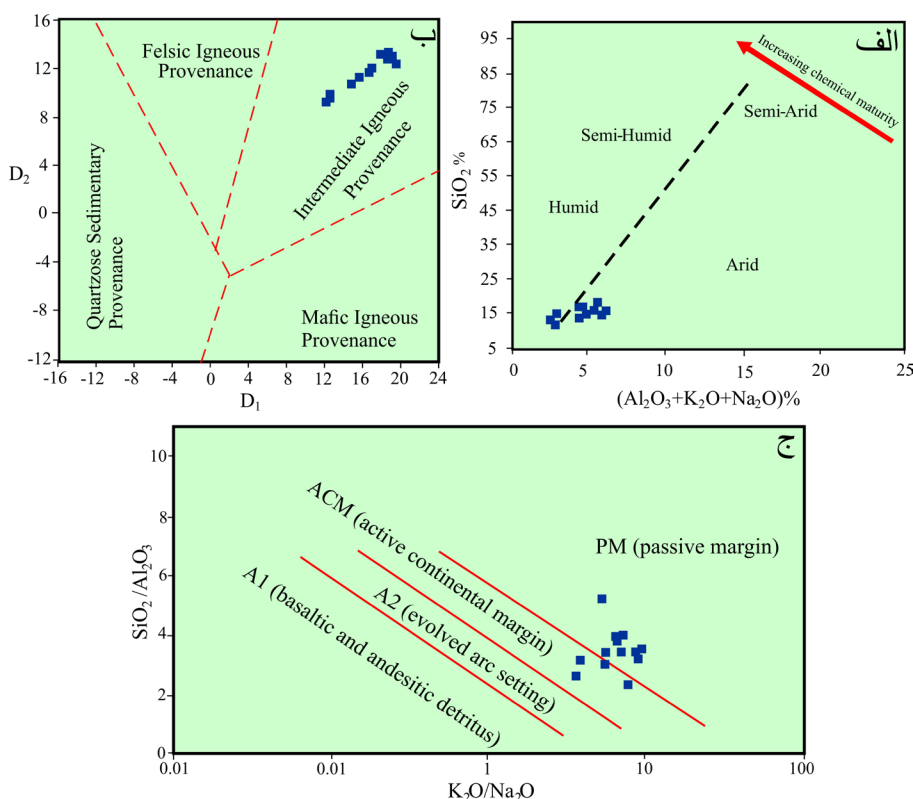
هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

زانون و الدلمی در سال ۲۰۱۱ یک رابطه مشخص بین V ، P_2O_5 و Al_2O_3 با محیط رسوبی برقرار نمودند (شکل ۲ الف، ب). بر اساس مقادیر Al_2O_3 نسبت به مقادیر P_2O_5 و V محیط رسوبی این سازند یک محیط نیمه عمیق تا عمیق بوده که با توجه به مطالعات گذشته همچون علوی (۲۰۰۴) و حیدری (۲۰۰۸) این موضوع ناشی از یک فاز پیشرونده آب دریا و فرورانش نتوتتیس به صفحه آفریقایی- عربی است. انطباق مثبت بین Ba و V همراه با Al_2O_3 ، نشان دهنده امکان وجود کانی‌های رسی همچون ایلیت در این نمونه‌ها است. مقادیر زیاد Zr ناشی از فراوانی کانی زیرکان به صورت آواری در نمونه‌ها است. ارتباط مثبت بین وانادیوم و TiO_2 حاکی از منشأ کانی رسی برای این عنصر می‌باشد (Han et al., 2020).



شکل ۳- الف) نمودار SiO_2 در برابر $Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$ که نمایانگر آب و هوای خشک در ناحیه منشأ است (Suttner and Dutta, 1986). ب) نمودار تعیین سنگ منشأ رسوبات بر اساس توابع تفکیک شونده (Roser and Korsch, 1988). ج) نمودار SiO_2/Al_2O_3 در برابر K_2O/Na_2O بیانگر موقعیت تکتونیکی عمدتاً حاشیه غیرفعال قاره ای است (Maynard et al., 1982).

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

رایج ترین معیار در تعیین بلوغ کانی شناسی، مقدار SiO_2 و نسبت $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ است (Potter, 1978). این نسبت در نمونه های مورد مطالعه زیاد (۲-۵ با میانگین ۳٫۵) بوده که نشانگر بلوغ ترکیبی نسبتاً پایین است. هرون و همکاران (۱۹۸۸)، با استفاده از شاخص های بلوغ شیمیایی که شامل $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O})$ در مقابل $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ است، اقدام به طبقه بندی رسوبات نمودند. بر اساس این طبقه بندی نمونه ها از نوع شیل بودند (شکل ۲-ج). بر اساس نمودار روسر و کورش (۱۹۸۸) نمونه ها، در خاستگاه های آذرین حدواسط واقع شده اند (شکل ۳-ب). با توجه به نسبت $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ و نسبت های $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ این سنگ منشاء بایستی دارای مقادیر متوسط تا کمی از کانی کوارتز بوده باشند. بر اساس نسبت بالای K_2O به Na_2O و نسبت متوسط SiO_2 به Al_2O_3 ، این رسوبات در حاشیه غیرفعال قاره ای تشکیل گردیده اند (۳-ب) (Maynard et al., 1982). در تعیین آب و هوای دیرینه با استفاده از اکسیدهای اصلی، رسم دیگرام SiO_2 در برابر $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ (شکل ۳-الف) (Suttner and Dutta, 1986). بررسی گردید. این نمودار نشان دهنده شرایط آب و هوایی نیمه خشک تا نیمه مرطوب در ناحیه منشاء است.

سازند گورپی بخشی از سکانس های رسوبی زاگرس در حین کوهزایی بوده که در فاز پیش فورلندی نهشته شده است. فازهای پیش فورلندی در مراحل آغازین می توانند حوضه های خیلی عمیق دریایی و پیشروی های آب دریا را ایجاد کنند (Alavi, 2004). در چنین شرایطی با توجه به عمق زیاد حوضه و در صورت فراهم شدن شرایط مناسب جهت تشکیل و انباشت مواد آلی (OM) در محیط رسوبی، سکانس های رسوبی می توانند مستعد تولید هیدروکربن باشند (Heydari, 2008; Jamshidipour et al., 2023). سازند گورپی در چنین شرایطی و در طی آن شیل های آهکی و آهک های رسی را تشکیل داده است و یکی از سنگ منشاء های زاگرس می باشد. در چنین موقعیت تکتونیکی و محیط رسوبی، شیل ها از نوع آهکی و دارای سیلیس کمی بوده اند. موقعیت تکتونیکی از گوه بالایی تا برآمدگی پستی (Wedge-top to back bulge)، سنگهای منشاء موجود در صفحه عربی نتایج حاصل از داده های ژئوشیمیایی را تایید می کنند.

۴- نتیجه گیری

سازند گورپی از شیل های آهکی، آهک (آهک های رسی) در میدان نفتی کوپال در دزفول شمالی تشکیل گردیده است. شیل های آهکی این سازند دارای مقادیر پایینی از SiO_2 ، Al_2O_3 و در مقابل مقادیر بالایی از CaCO_3 هستند. سنگ منشاهای این نمونه ها سنگ های اسیدی تا عمدتاً حدواسط با مقادیر کوارتز متوسط تا فقیر بوده است. بر حسب طبقه بندی ژئوشیمیایی رسوبات نیز این ها از نوع شیل بودند. مقادیر عناصر فرعی در این نمونه تحت تاثیر فراوانی بخش کربناته

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

بوده است. مقادیر Al_2O_3 نسبت به مقادیر P_2O_5 و V نشانگر محیط نیمه عمیق تا عمیق است. شیل های آهکی در حاشیه غیرفعال قاره ای تشکیل شده اند.

۵- مراجع

- Adeoye, J. A., Akande, S. O., Adekeye, O. A., & Abikoye, V. T. (2020). Geochemistry and paleoecology of shales from the Cenomanian-Turonian Afowo formation Dahomey Basin, Nigeria: Implication for provenance and paleoenvironments. *Journal of African Earth Sciences*, 169, 103887.
- Alavi, M. (2004). Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American journal of Science*, 304(1), 1-20.
- Alavi, M., & Mahdavi, M. A. (1994). Stratigraphy and structures of the Nahavand region in western Iran, and their implications for the Zagros tectonics. *Geological Magazine*, 131(1), 43-47.
- Dhannoun, H. Y., & Al-Dlemi, A. M. (2013). The relation between Li, V, P_2O_5 , and Al_2O_3 contents in marls and mudstones as indicators of environment of deposition. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 817-823.
- Han, S., Zhang, Y., Huang, J., Rui, Y., & Tang, Z. (2020). Elemental geochemical characterization of sedimentary conditions and organic matter enrichment for Lower Cambrian shale formations in Northern Guizhou, South China. *Minerals*, 10(9), 793.
- Herron, M. M. (1988). Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Research*, 58(5), 820-829.
- Heydari, E. (2008). Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran. *Tectonophysics*, 451(1-4), 56-70.
- Jamshidipour, A., Khanehbad, M., Mirshahani, M., & Opera, A. (2023). Geochemical evaluation and source rock zonation by multi-layer perceptron neural network technique: a case study for Pabdeh and Gurpi Formations-North Dezful Embayment (SW Iran). *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 1-22.
- Jamshidipour, A., Khanehbad, M., Moussavi-Harami, R., & Mahboubi, A. (2021). Dolomitization models in the Sibzar Formation (Middle Devonian), Binalood Mountains (NE Iran): Based on the petrographic and geochemical evidence. *Journal of African Earth Sciences*, 176, 104124.
- Khanehbad, M., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., & Nadjafi, M. (2012). Geochemistry of carboniferous shales of the Sardar Formation, east central Iran: Implication for provenance,

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

paleoclimate and paleo-oxygenation conditions at a passive continental margin. *Geochemistry International*, 50, 777-790.

Maazallahi, M., Khanehbad, M., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., & Bajestani, M. S. (2023). Provenance analysis and maturity of the Rayen River sediments in Central Iran: based on geochemical evidence. *Environmental Earth Sciences*, 82(3), 89.

Maynard, J. B., Valloni, R., & Yu, H. S. (1982). Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins. Geological Society, London, *Special Publications*, 10(1), 551-561.

Potter, P. E. (1978). Petrology and chemistry of modern big river sands. *The Journal of Geology*, 86(4), 423-449.

Roser, B. P., & Korsch, R. J. (1988). Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical geology*, 67(1-2), 119-139.

Suttner, L. J., & Dutta, P. K. (1986). Alluvial sandstone composition and paleoclimate; I, Framework mineralogy. *Journal of Sedimentary Research*, 56(3), 329-345.

Taylor, S. R., & McLennan, S. M. (1985). The continental crust: its composition and evolution, 312pp.