شناسایی، بررسی ژئوشیمی و تعیین منشأ رسوبات گلفشان‌های سواحل مکران

کرامت نژادافضلی [۱*]، سیاوش شایان [۲]، راضیه لک [۳]، مجتبی یمانی [۴] و منوچهر قرشی [۵]

[۱] استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
[۲] استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۳] استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[۴] استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۵] دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۶/ ۰۹/ ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۲۰/ ۰۳/ ۱۳۹۳

چکیده

گلفشان یک پدیده طبیعی و دیدنی است که معمولاً به‌صورت یک عارضه گنبدی شکل و در برخی مواقع به‌صورت حوضچه‌ای یافت می‌شوند. این گلفشان‌ها مخلوطی از آب، گل و گاز هستند. این گلفشان‌ها در بیشتر نقاط دنیا به ویژه در کمربند آلپ و هیمالیا دیده می‌شوند؛ در ایران بیشتر در جلگه‌های ساحلی دریای خزر و دریای عمان دیده می‌شوند. گلفشان‌ها به عنوان شاخص میدان‌های گازی و نفتی شناخته شده‌اند و از آنها برای پیش‌بینی وجود میدان‌های نفتی و گازی در ژرفای زمین استفاده می‌شود. پیش از این پژوهش، در استان هرمزگان یک یا دو گلفشان در محدوده میان جاسک و میناب شناسایی شده بود. در عملیات صحرایی که به مدت یک ماه صورت گرفت، ۱۵ گلفشان با توزیع خوشه‌ای در یک سایت برای اولین بار در کشور شناسایی شد. از هر گلفشان یک نمونه رسوب برداشت شد که پس از آماده‌سازی و تهیه پودر، نمونه‌ها توسط دستگاه ICP-OES مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. همچنین اندازه ذرات رسوب نیز تعیین شد. پردازش داده‌ها در نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. پس از تعیین ضرایب همبستگی، تجزیه خوشه‌ای، فاکتور تجزیه و تعیین ارتباط میان فاکتورهای مختلف از راه رسم اسکاتر پلات مشخص شد که عناصر آهن، آلومینیم، نیکل، وانادیم، اسکاندیم، تیتان، کروم، روی، مس، منگنز، سدیم، پتاسیم، لیتیم و بریلیم دارای منشأ زمینی (ژئوژنیک) یا قاره‌ای هستند و عناصر کلسیم، منیزیم و استرانسیم بیشتر منشأ دریایی یا درون حوضه‌ای و بیوژنیک دارند.

کلیدواژه‌ها: گلفشان، ژئوشیمی، دریای عمان، فرورانش، ژئوژنیک، بیوژنیک.

***نویسنده مسئول:** کرامت نژادافضلی
E-mail: k_afzali2007@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

گلفشان‌ها، یکی از عجیب‌ترین و جذاب‌ترین پدیده‌های زمین‌ریخت‌شناختی هستند که در ایران بیشتر در جلگه‌های ساحلی دریای عمان و دریای خزر دیده می‌شوند و هر بیننده‌ای را مجذوب خود می‌کنند. گلفشان، رسوبفشان یا نفت و گازفشان، از پدیده‌های جالب طبیعی هستند که گسترش آنها در نوار آلپ- هیمالیا، اقیانوس آرام و آسیای مرکزی در کشورهای پاکستان، آذربایجان، ترکمنستان، گرجستان، ایران، ایتالیا، رومانی، ژاپن، مکزیک، ونزوئلا است و نمونه‌های فعال آن در آذربایجان دیده می‌شود (Guliyev & Feizullayev, 2001). بیش از نیمی از حدود ۸۰۰ گلفشان دنیا در پیرامون دریای خزر و دریای عمان قرار دارد؛ در جنوب خاور ایران ۳۰ گلفشان وجود دارد که ۱۵ مورد آنها میان بندر جاسک و میناب (نژادافضلی و لک، ۱۳۸۹)، ۹ مورد میان چابهار و بندر جاسک و ۶ مورد دیگر هم میان چابهار و مرز ایران و پاکستان به‌ویژه شمال خلیج گواتر جای گرفته است (نگارش، ۱۳۷۶). درباره منشأ گلفشان‌های ایران نیز نظریات مختلف بسیاری بیان شده است. آن چه مسلم است، تشکیل همه گلفشان‌های موجود در مناطق مختلف کشور را نمی‌توان بر پایه یک نظریه واحد توضیح داد و بیان کرد. زمین‌ساخت، فرونشست، رسوب‌گذاری سریع و فشار گازهای هیدروکربن و یا احتمالاً بخار آبی که از ژرفای زمین به سوی سطح بالا می‌آید، همگی از عوامل تشکیل گلفشان‌ها دانسته شده‌اند. گازهای اشاره شده، ضمن بالاآمدگی و عبور از لایه‌های سست سنگی و اشباع از آب، آنها را به‌صورت گل در می‌آورند و با خود به سطح زمین منتقل می‌کنند (مطیعی، ۱۳۷۴). به هر حال، گلفشان‌ها عارضه‌های طبیعی و گاه مخروطی شکلی از جنس گل هستند که همراه با خروج گازهایی از درون زمین در سطح زمین تشکیل می‌شوند. این مواد گلی در طی فرایندهای رسوب‌گذاری سریع در فرونشست‌های گذشته حوضه رسوبی، در لابه‌لای لایه‌های غیر قابل نفوذ در ژرفای کم گذاشته شده‌اند؛ با این همه نمی‌توان منشأ و تشکیل همه گلفشان‌ها را یکسان توضیح داد و هر منطقه گلفشانی ساختار و شرایط ویژه خود را دارد.

۲- زمین‌ساخت سواحل مکران

نخستین و ساده‌ترین تقسیم‌بندی مکران شامل دو بخش شمالی (مکران داخلی) و جنوبی (مکران بیرونی) است (آقانباتی، ۱۳۸۳). مجموعه افزایشی برون ساحلی در حدود ۱۰۰ کیلومتر پهنا دارد. منشور افزایشی مکران از شمال به فروافتادگی‌های جازموریان و هامون و از جنوب خاور به شیب قاره در ۱۵۰ کیلومتری ساحل و از جنوب و باختر به شیب باریک حاشیه عمان می‌رسد. گوه فزاینده مکران حاصل فرورانش فعال سنگ‌کره اقیانوسی دریای عمان (باقیمانده تتیس) در زیر بلوک‌های قاره‌ای لوت و افغان با نرخ حدودی ۵ cm/yr است (شکل ۱) و یک گوه با شیب کم از زمان کرتاسه تجمع کرده (Farhoudi & Karig, 1977; White, 1982; Kidd & MacCall, 1985) است.

۳- سازوکار شکل‌گیری گلفشان در سواحل مکران

شکل‌گیری گلفشان‌ها به‌طور کلی متأثر از عوامل زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، ژئوشیمی و آب‌شناختی است؛ این عوامل به یکدیگر وابسته‌اند و به همراه هم در شکل‌گیری گلفشان نقش دارند (Milkov, 2000).

گلفشان‌ها در یکی از دو حالت زیر تشکیل می‌شوند؛ دلایل دیگر نقش محلی دارند و تحت تأثیر عوامل یاد شده هستند (Goubkin & Fedorov, 1938; Yakubov et al., 1971; Higgins & Saunders, 1973; Hedberg, 1980; Barber et al., 1986; Rakhmanov, 1987).

۱) مناطقی با همگرایی صفحات زمین‌ساختی و حرکات حاشیه‌ای آنها.
۲) مناطقی با واگرایی صفحات زمین‌ساختی و نرخ رسوب‌گذاری بالا در بخش‌های ژرف.

در مورد گلفشان‌های سواحل مکران، سازوکار اول حاکم است. سواحل مکران به علت رانده شدن صفحه اقیانوس هند در زیر صفحه مکران، جزو سواحل جوان و فعال به شمار می‌آیند. پوسته اقیانوسی صفحه عربی به سوی شمال در حرکت است و به زیر صفحه لوت و بلوک افغان- هلمند می‌رود. نرخ حرکت دو ساحل عربی و مکران در اندازه‌گیری‌های ژئودتیک، دقیقاً میان مسقط و عمان ۱/۹ سانتی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است (Dolati, 2010). این در حالی است که نرخ جمع شدگی امروزی میان ساحل مکران در چابهار و اورازیا حدود ۸ میلی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است که تشکیل سواحل صخره‌ای چابهار را می‌توان به عامل یاد شده نسبت داد (صمدیان، ۱۳۷۶). این فرورانش که عامل بسیاری از پدیده‌های زمین‌ساختی است، عامل به وجود آمدن گلفشان‌ها در این منطقه نیز به شمار می‌آید.

۴- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ساحل شمالی دریای عمان از بخش خاوری تنگه هرمز تا بندر گواتر در استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان و در محدوده جغرافیایی ″۲۵ ′۱۴ °۵۷ تا ″۰ ′۰ °۵۸ طول خاوری و ′۳۸ °۲۵ تا ″۰ ′۰ °۲۶ عرض شمالی در بخش ساحلی منطقه مکران قرار گرفته است (شکل ۲).

۵- روش مطالعه

در این پژوهش پس از گردآوری اطلاعات و داده‌ها شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ کل خط ساحلی، زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه‌های چابهار، کنارک، بیر، جاسک و گتان، داده‌های ماهواره‌ای IRS و عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰، خط ساحلی مورد بررسی‌های دورسنجی صورت قرارگرفت. با استفاده از منحنی میزان ۱:۲۵۰۰۰ مدل رقومی منطقه (DEM) ساخته شد و سپس مختصات گلفشان‌های برداشت شده با GPS روی مدل پیاده و نقشه پراکندگی گلفشان‌ها تهیه شد. با مطالعات صحرایی و کنترل زمینی به مدت یک ماه، شناسایی گلفشان‌ها کامل شد. در عملیات صحرایی از هر گلفشان یک نمونه رسوب برداشت و تجزیه عناصر اصلی روی آن انجام شد. پس از آماده‌سازی و تهیه پودر، تجزیه نمونه‌ها توسط دستگاه ICP-OES صورت گرفت. پردازش داده‌ها در نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. پس از تعیین ضرایب همبستگی، آنالیز خوشه‌ای، فاکتور آنالیز و تعیین ارتباط میان فاکتورهای مختلف از راه رسم اسکاتر پلات به منظور تعیین ضرایب همبستگی میان عناصر، از روش Spearman استفاده شد. علت انتخاب این روش آن است که شماری از عناصر توزیع عادی ندارند و روش Spearman مستقل از چگونگی توزیع عناصر است.

۶- بررسی گلفشان‌های ساحلی مکران و معرفی گلفشان‌های جدید در منطقه مورد مطالعه

این پژوهش تلاش دارد افزون بر معرفی گلفشان‌های جدید، وی‌های ژئوشیمیایی و تعیین منشأ رسوبات گلفشان‌های شاخص در منطقه ساحلی مکران را نیز مورد بررسی قرار دهد.

۶- ۱. گلفشان‌های خاور تنگه هرمز

در مورد گلفشان‌های ایران همیشه نگاه‌ها به شمال کشور یا استان سیستان و بلوچستان به ویژه کنارک بود و کمتر کسی فکر می‌کرد که استان هرمزگان دارای بیشترین تعداد گلفشان در کشور باشد. در استان هرمزگان پیش از این، تنها یک یا دو گلفشان میان جاسک و میناب در محدوده روستاهای گتان و توجک مورد شناسایی قرار گرفته بود. ولی در مطالعات و بررسی‌های اخیر توسط نگارنده، نزدیک به ۱۵ گلفشان بزرگ و کوچک که توزیع خوشه‌ای داشته و در یک کمربند قرار گرفته‌اند و ۶ گلفشان دیگر در منطقه گتان و توجک به قرار زیر شناسایی و مطالعه شد که گامی بزرگ در این زمینه به شمار می‌آید.

- سایت گلفشانی نژادافضلی: این گلفشان‌ها در فاصله ۵۵ کیلومتری باختر جاسک، ۹۵ کیلومتری خاور میناب و با فاصله حدود ۲۰ کیلومتری از خط ساحلی قرار گرفته‌اند. تعداد این گلفشان‌ها زیاد است و با توزیع خوشه‌ای در امتداد خط گسل قرار گرفته‌اند. سازند تشکیل‌دهنده این منطقه شامل ماسه‌سنگ آهکی با میان‌لایه‌های مارنی است. ستبرای آن در حدود ۱۰۰۰ متر است و سن فسیل‌های موجود در این واحد سنگی میوسن پسین برآورد می‌شود (صمدیان، ۱۳۷۶). در این منطقه گلفشان‌های فراوانی از دید اندازه و شکل وجود دارد. این گلفشان‌ها از نوع مخروطی و سرد و در نوع خود بی‌مانند هستند و برای اولین بار توسط نگارنده مورد شناسایی قرار گرفته‌اند. برخلاف دیگر گلفشان‌های استان که تک‌مخروطی یا بدون مخروط هستند، این گلفشان‌ها بیشتر چندمخروطی و دارای یک یا چند مخروط گلی با ارتفاع چندین متر از سطح زمین هستند. از دید شکل و ریخت‌شناسی نمی‌توان شکل و ریخت‌شناسی یکسانی را برای همه گلفشان ها در نظر گرفت و هر کدام ریخت‌شناسی خاص خود را دارند (نژادافضلی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین اختلاف در فرسایش روانه‌های گلی و نیز اندازه ستبرای آنها این امر را ممکن ساخته است که گلفشان‌ها به مرور زمان لند فرم‌ها و ریخت‌شناسی‌های دیدنی و جدیدی را برای خود به وجود آورند. در هر حال، شکل این گلفشان‌ها مخروطی است و از یک مخروط اصلی و چند مخروط فرعی تشکیل شده‌اند. گلفشان‌های موجود در منطقه از دید ارتفاعی وضعیت گوناگونی دارند. ارتفاع کوچک‌ترین گلفشان منطقه در حدود ۵۰ سانتی‌متر است و بزرگ‌ترین گلفشان ارتفاعی حدود ۳۵ متر دارد. با توجه به اینکه روانه‌های گلی این گلفشان‌ها تا مسافتی در پیرامون پخش و گسترده شده‌اند، مساحت تقریبی آنها میان ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر مربع به دست آمده است. این مجموعه گلفشانی در حال حاضر دارای حدود ۲۵ دهانه فعال و نیمه‌فعال و ۵ دهانه غیر فعال است (شکل ۳). مورفولوژی موجود روی دامنه‌های مختلف نشان می‌دهد که دهانه‌های این گلفشان‌ها در دوره‌های گذشته بیشتر بوده است که در اثر فرسایش و غیره از میان رفته‌اند. قطر دهانه گلفشان‌ها از حدود ۵ سانتی‌متر تا ۶۰ سانتی‌متر متفاوت است (نژادافضلی و لک، ۱۳۸۹).

۶- ۲. ترکیب شیمیایی گلفشان ۱ سایت گلفشانی نژاد افضلی

در جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی گلفشان شماره یک مجموعه نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود مقادیر نیکل، کرم، وانادیم و استرانسیم مقادیر بالایی را نسبت به مقادیر زمینه این عناصر نشان می‌دهد که نشان از اختلاط مواد هیدروکربوری است.

۷- گلفشان‌های سیستان و بلوچستان

در این منطقه چندین گلفشان فعال، نیمه‌فعال و خاموش وجود دارد که از معروف‌ترین آنها گلفشان‌های ناپگ و بربرک است.

۷- ۱. گلفشان ناپگ (Napag)

یکی از بزرگ‌ترین گلفشان‌های ایران، گلفشان ناپگ است که در فاصله ۴۰۰ متری جاده ساحلی بندر صیادی تنگ در ۱۰۰ کیلومتری باختر شهرستان چابهار قرار گرفته و دارای تپه مخروطی به ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریاست. گلفشان ناپگ (شکل ۴) با مختصات جغرافیایی ″۱ ′۲۸ °۲۵ شمالی و ″۵۹ ′۵۵ °۵۹ خاوری به عنوان بزرگ‌ترین و آشکارترین گلفشان ایران در سواحل شمالی دریای عمان، خودنمایی کرده و بر جاذبه‌های طبیعی سواحل جنوبی کشورمان افزوده است. ناپگ با تپه‌ای مخروطی شکل فعال است و خروج و فوران گل با دبی متفاوت معمولاً میان ۳ تا ۵ دقیقه به‌صورت متناوب تکرار می‌شود و از بخش باختری مخروط که دیواره آن فرو ریخته است، به سوی زمین‌های پیرامون جریان می‌یابد. فوران گل با تشکیل حباب‌هایی

با شکل‌های گوناگون همراه با سروصداست. این روانه‌های گلی سرد که از دهانه مخروط گلفشان بیرون می‌آیند، با گذشت زمان به‌صورت لایه‌لایه روی هم قرار می‌گیرند و تا مسافتی دور از دهانه گسترش می‌یابند و در مجاورت هوای گرم و آفتاب شدید منطقه خشک می‌شوند و شکاف‌هایی در آنها پدید می‌آید. دامنه گسترش این روانه‌های گلی در پیرامونه مخروط گلفشان ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر است. وجود مارن‌های فراوان در گل‌های خارج شده رنگ خاکستری آن را سبب شده است. ترکیب شیمیایی گلفشان ناپگ در جدول ۲ آورده شده است.

۷– ۲. گلفشان بربرک (Borborak)

این گلفشان متشکل از ۳ مخروط کوچک به ارتفاع ۱۰ متر است که در حال حاضر تنها یکی از آنها فعالیت مختصری دارد و به‌طور متناوب گل خاکستری رنگ از آن بیرون می‌آید و به سوی دامنه سرازیر می‌شود. دوره تناوب این پدیده کمیاب و زیبا ده تا پانزده دقیقه است که این عمل با لرزش خاک همراه است و گاهی به هنگام خروج گل، صدایی همانند شلیک تفنگ ازآن به گوش می‌رسد (شکل ۵). ترکیب شیمیایی گلفشان بربرک در جدول ۳ آورده شده است.

۷– ۳. گلفشان درابول باختری

این گلفشان در یک جلگه صاف و هموار ساحلی در خاوری‌ترین بخش ساحلی و در نزدیکی مرز ایران و پاکستان به نام جلگه دشتیاری قرار گرفته است و دارای چهار مخروط است؛ بلندترین مخروط آن ارتفاعی در حدود ۱۰ متر دارد. مخروط اصلی در زمان بازدید نیمه‌فعال است و آب و گل ناشی از آن پس از جمع شدن در کراتر آن که قطری در حدود ۲ متر دارد، به بیرون می‌ریزد (شکل ۶). شعاع روانه‌های گلی قدیمی این مخروط‌ها در حدود ۵۰ تا ۶۰ متر است. دامنه باختری آن شیب تندتری نسبت به بقیه دامنه‌ها دارد. ترکیب شیمیایی گلفشان درابول باختری در جدول ۴ آورده شده است.

۸– ویژگی‌های رسوبی و منشأ گلفشان‌ها

بررسی رسوبات بیرون آمده از گلفشان‌ها نشان می‌دهد که ذرات سازنده گلفشان‌ها در ابعاد رس و سیلت هستند. بررسی‌های ژئوشیمی عناصر موجود در رسوبات گلفشان نشان از آن دارد که در میان کاتیون‌های اصلی، کلسیم با میانگین ۶/۵ درصد، سدیم با ۲/۹۸ درصد، منیزیم با ۲/۲ درصد و پتاسیم با ۱/۸ درصد به ترتیب بیشترین میزان را در رسوبات دارند. آلومینیم دارای میانگین ۷/۴ درصد و آهن دارای میانگین ۴/۴ درصد است. فراوانی این دو عنصر به دلیل غنی بودن رسوبات گلفشان از رس‌هاست. همچنین به دلیل آلودگی نفتی در ترکیب رسوبات گلفشان‌ها، مقادیر نیکل با میانگین ۹۰/۷ ppm، وانادیم با ۹۹ ppm و تیتان با ۳۴۱۹ ppm مقادیری بالاتر از مقدار زمینه دارند. گوگرد به دلیل خارج شدن گازهای سولفیدی از ژرفای زمین و ته‌نشست آن درون رسوبات، مقادیر بالایی با میانگین (۲۳۰۰ppm) را شامل می‌شود. نتایج تجزیه آب گلفشان‌ها نشان از آن دارد که سدیم بیشترین کاتیون موجود در شورابه است که علت آن منشأ دریایی آب‌های موجود در گلفشان‌هاست. همچنین مقدار بالای تیتان در رسوبات گلی گلفشان‌ها قابل توجه است و می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. بنابراین باید در زمینه اقتصادی بودن آن مطالعات بیشتری صورت گیرد.

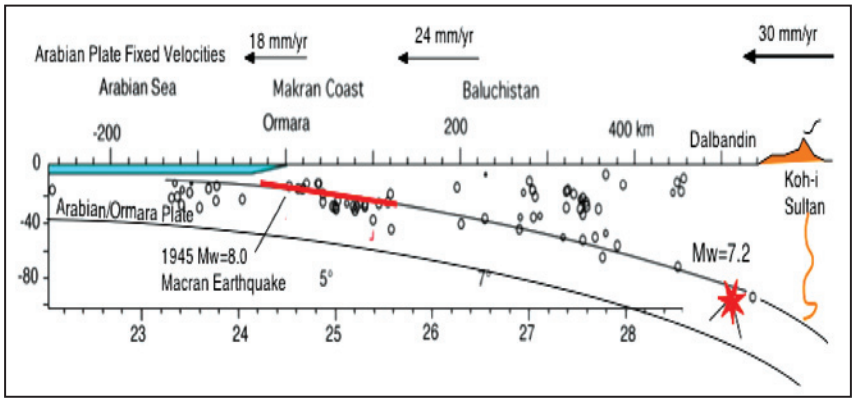
پس از بررسی و تجزیه رسوبات گلفشان‌ها مشخص شد که از سوی باختر به سوی خاور درصد آلومینیم افزایش (شکل ۸) و بر عکس درصد کلسیم کاهش می‌یابد (شکل ۷). همچنین از سوی شمال به جنوب میزان کلسیم رسوبات افزایش و میزان آلومینیم کاهش می‌یابد که این روندها خود بیانگر اصل مهمی است و مشخص می‌کند که از سوی باختر به سوی خاور منشأ رسوبات از دریایی به سوی قاره‌ای شدن و همچنین از شمال به سوی جنوب منشأ رسوبات از قاره‌ای به سوی دریایی شدن پیش می‌رود.

به منظور تعیین ضرایب همبستگی میان عناصر از روش Spearman استفاده شد. علت انتخاب این روش آن است که شماری از عناصر توزیع عادی ندارند و روش Spearman مستقل از چگونگی توزیع عناصر است. جدول ۵ نشان‌دهنده مقدار ضرایب همبستگی میان عناصر است. هر چه مقدار ضریب همبستگی بالاتر و به یکدیگر نزدیک‌تر باشد، همبستگی دو عنصر بیشتر است. ضرایب منفی بدان معنی است که با افزایش یک عنصر، عنصر دیگر کاهش می‌یابد و همبستگی میان دو عنصر منفی است. Ca به جز با منیزیم، استرانسیم و آرسنیک، با دیگر عناصر همبستگی منفی نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که ۳ عنصر بیان شده منشأ زیستی دارند. بدیهی است که عناصر منیزیم و استرانسیم در رسوبات بیوشیمیایی افزایش می‌یابند ولی عنصر آرسنیک جذب بافت موجودات زنده می‌شود. ضریب همبستگی بالای میان نیکل و وانادیم نشان از منشأ نفتی آنها دارد از سوی دیگر این دو عنصر با عناصر پوسته‌ای نیز همبستگی بالایی نشان می‌دهند. این موضوع نشان از آن دارد که نفت جذب کانی‌های رسی شده است.

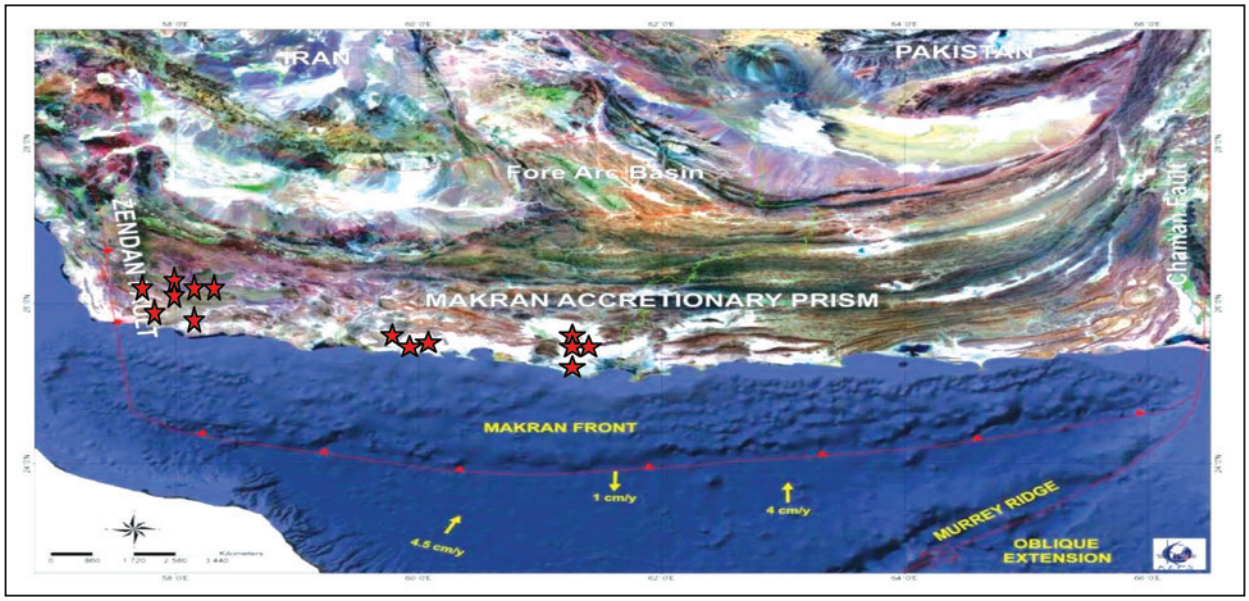
پس از تعیین ضرایب همبستگی عناصر، تجزیه خوشه‌ای میان همه عناصر با هم رسم شد (جدول ۵ و شکل ۹). همان‌گونه که دیده می‌شود، عناصری که با فاصله کم به هم وصل شده‌اند بیشترین همبستگی را با هم دارند (Sc, K, Al, Ti, Co, Zn, Li, Be, U)؛ منشأ این عناصر رسوبات قاره‌ای است. از سوی دیگر عناصر کلسیم و استرانسیم نیز با هم همبستگی مثبت و بالایی دارند که منشأ آنها رسوبات دریایی است. با توجه به اینکه کلسیم و استرانسیم شاخص رسوبات با منشأ دریایی و آلومینیم شاخص رسوبات با منشأ قاره‌ای هستند و از سوی دیگر با توجه به تغییر مقادیر عناصر از باختر به خاور و از شمال به جنوب به خوبی مشخص می‌شود که منشأ گلفشان‌ها از بخش خاوری مکران به سوی باختر به علت افزایش مقادیر کلسیم رسوبات با منشأ قاره‌ای چیره به رسوبات با منشأ دریایی چیره تغییر می‌کند. به عبارتی دیگر محل تشکیل گلفشان یا ژنز گلفشان‌های بخش باختری در ژرفای بیشتری قرار دارد. نوسانات کم در نمودار تغییرات عناصر بدان دلیل است که فاصله گلفشان‌ها از ساحل یکسان نیست. همچنین از شمال به سوی جنوب، مقادیر کلسیم در گلفشان‌ها افزایش می‌یابد و منشأ دریایی آنها بیشتر می‌شود که کاملاً منطقی است؛ چرا که به دریا نزدیک می‌شوند.

۹– نتیجه‌گیری

گلفشان یا رسوبفشان از پدیده‌های جالب ریخت‌شناختی است که بیشترین گسترش آن در نوار آلپ– هیمالیا، اقیانوس آرام و آسیای مرکزی است. در ایران بیشترین گسترش گلفشان‌ها با توجه به نتایج این پژوهش در سواحل دریای مکران، در استان هرمزگان و در خاور تنگه هرمز است در صورتی که پیش‌تر، سواحل چابهار مطرح بودند. در این پژوهش ۱۵ گلفشان جدید در جلگه ساحلی دریای عمان در استان هرمزگان و در خاور تنگه هرمز مورد شناسایی و پژوهش قرار گرفت. پس از بررسی نتایج آزمایشگاهی مشخص شد عناصر AL, Fe, Ni, V, Sc, Ti, Cr, Zn, CU, Mn, Na, K, Li, Be در رسوبات موجود در گلفشان‌های سواحل مکران منشأ قاره‌ای یا ژئوژنیک دارند و عناصر کلسیم، منیزیم و استرانسیم منشأ دریایی یا بیوژنیکی و درون حوضه‌ای دارند. همچنین از باختر به خاور ساحل مکران، عناصر موجود در گلفشان‌ها از منشأ دریایی (بیوژنیک) به منشأ قاره‌ای (ژئوژنیک) تغییر منشأ می‌دهند. بنابراین محل تشکیل گلفشان یا ژنز گلفشان‌های بخش باختری در ژرفای بیشتری قرار دارد. از شمال به سوی جنوب، مقادیر کلسیم در گلفشان‌ها افزایش می‌یابد و منشأ دریایی آنها بیشتر می‌شود که کاملاً منطقی است؛ چرا که به دریا نزدیک می‌شوند.



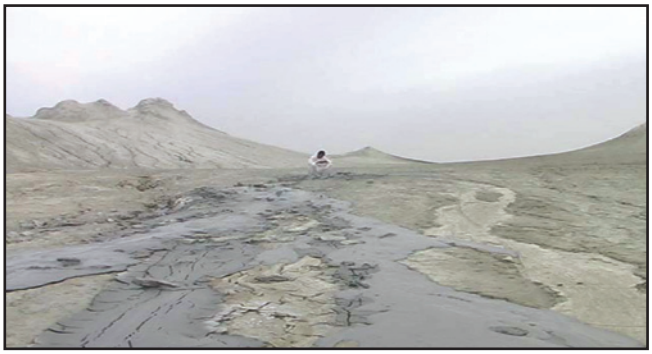
شکل ۱- فرورانش صفحه اقیانوسی عمان به زیر پوسته قاره‌ای مکران (Dolati, 2010).



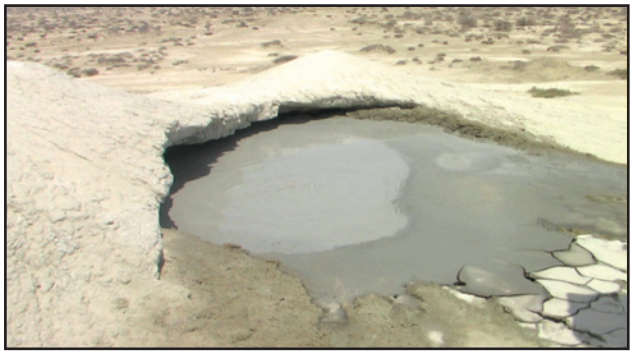
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی گلفشان‌ها و منشور برافزایشی مکران.

شکل ۳- مخروط‌های فعال و غیر فعال سایت گلفشانی نژادافضلی.

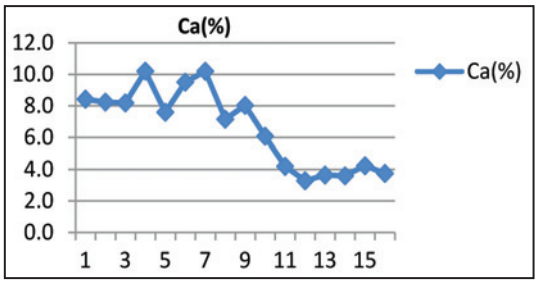
شکل ۴- رسوبات بیرون آمده از دهانه گلفشان ناپگ.



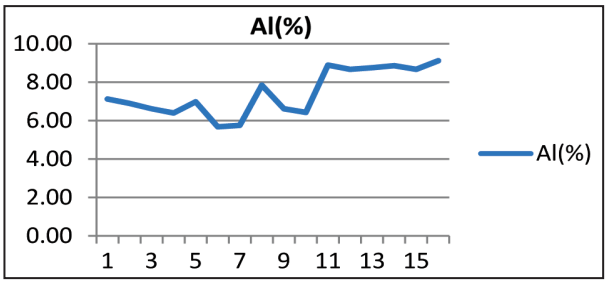
شکل ۵- رسوبات بیرون آمده از گلفشان بربرک.



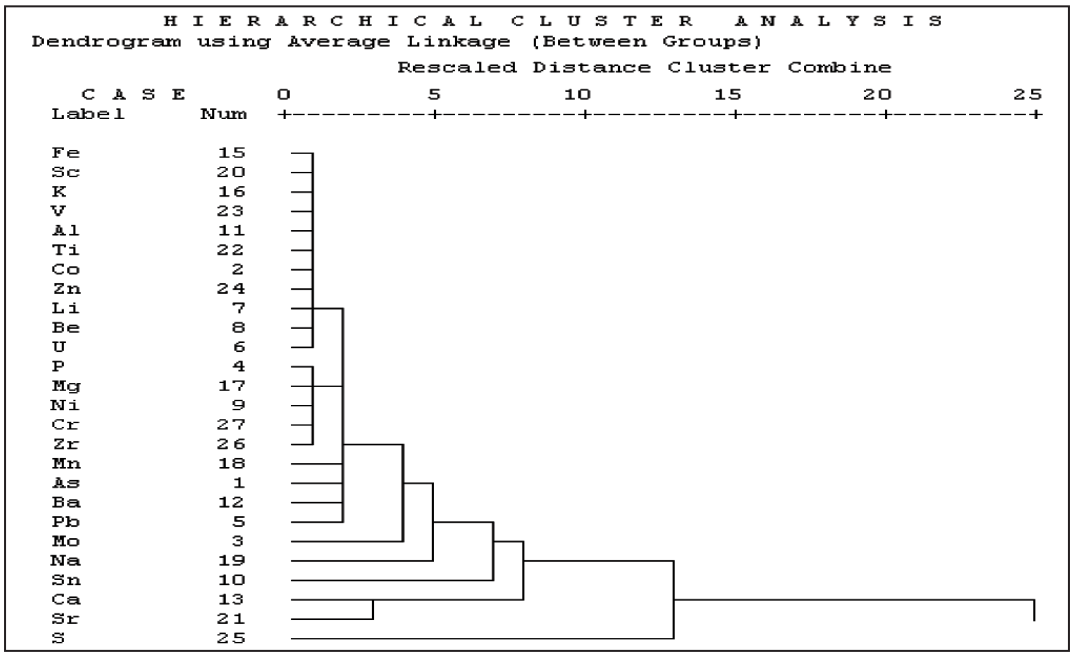
شکل ۶- رسوبات بیرون آمده از گلفشان درابول باختری در خاوری‌ترین بخش منطقه.



شکل ۷- منحنی تغییرات کلسیم از باختر به خاور.



شکل ۸- منحنی تغییرات آلومینیم از باختر به خاور.



شکل ۹- تحلیل خوشه‌ای عناصر موجود.

جدول ۱- مقادیر عناصر موجود در رسوبات گلفشان شماره ۱.

sample	Ag	As	Co	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Mo	Nd	P	Pb	Rb	Sm
1	< 0.1	4.54	14.24	3.41	1.86	0.96	13.37	4.32	0.43	21.10	725.2	9.19	71.28	3.89
sample	Te	Tl	U	Th	Ge	Li	Be	Ni	Cd	Cs	Nb	Sn	Al (%)	Ba
1	0.04	0.65	4.26	8.61	0.97	46.60	0.93	101.1	0.28	6.60	15.13	2.11	6.98	136

جدول ۲- مقادیر عناصر موجود در رسوبات گلفشان ناپگ.

sample	Ag	As	Co	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Mo	Nd	P	Pb	Rb	Sm
tangl	<0.1	4.65	14.06	3.17	1.70	1.04	14.39	4.45	0.51	22.41	606.7	11.57	95.51	4.02
sample	Te	Tl	U	Th	Ge	Li	Be	Ni	Cd	Cs	Nb	Sn	Al (%)	Ba
tangl	0.04	1.04	3.51	9.34	2.33	48.18	1.26	90.58	0.21	6.42	16.29	1.77	8.89	153

جدول ۳- مقادیر عناصر موجود در رسوبات گلفشان بربرک.

sample	Ag	As	Co	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Mo	Nd	P	Pb	Rb	Sm
borborak	<0.1	6.57	14.33	3.18	1.73	1.04	14.63	4.48	0.29	23.89	611.0	12.82	93.46	4.11
sample	Te	Tl	U	Th	Ge	Li	Be	Ni	Cd	Cs	Nb	Sn	Al (%)	Ba
boborak	0.04	0.88	4.58	9.23	1.86	51.11	1.25	89.58	0.28	5.77	15.80	3.02	8.66	159

جدول ۴- مقادیر عناصر موجود در رسوبات گلفشان درابول باختری که ارتباط بسیار خوبی با عناصر پوسته‌ای دارد.

sample.	Ag	As	Co	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Mo	Nd	P	Pb	Rb	Sm
derabul	0.13	8.12	15.68	3.86	1.97	1.16	16.36	4.94	0.35	26.65	622.6	12.92	106.4	4.62
sample	Te	Tl	U	Th	Ge	Li	Be	Ni	Cd	Cs	Nb	Sn	Al (%)	Ba
derabul	0.04	1.38	4.87	10.53	2.38	53.22	1.47	97.07	0.18	6.40	17.93	4.73	8.67	225

جدول ۵- ضرایب همبستگی میان عناصر گلفشان‌ها به روش اسپرمن.

	As	Co	Mo	P	Pb	U	Li	Be	Ni	Sn	Al	Ba	Ca
As	1	.339	-.049	-.584**	.643**	.450	.524*	.541*	-.207	.197	.443	.606**	-.547*
Co	.339	1	-.321	-.231	.365	.720**	.810**	.914**	.597**	.505*	.901**	.423	-.751**
Mo	-.049	-.321	1	.473*	.043	.038	-.273	-.231	.254	-.185	-.271	-.436	.377
P	-.584**	-.231	.473*	1	-.535*	-.060	-.446	-.420	.534*	-.073	-.428	-.667**	.657**
Pb	.643**	.365	.043	-.535*	1	.382	.557*	.562*	-.129	.039	.543*	.584**	-.596**
U	.450	.720**	.038	-.060	.382	1	.819**	.760**	.465*	.427	.669**	.407	-.638**
Li	.524*	.810**	-.273	-.446	.557*	.819**	1	.907**	.261	.374	.857**	.581**	-.893**
Be	.541*	.914**	-.231	-.420	.562*	.760**	.907**	1	.405	.476*	.970**	.556*	-.913**
Ni	-.207	.597**	.254	.534*	-.129	.465*	.261	.405	1	.270	.406	-.302	-.089
Sn	.197	.505*	-.185	-.073	.039	.427	.374	.476*	.270	1	.438	.492*	-.378
Al	.443	.901**	-.271	-.428	.543*	.669**	.857**	.970**	.406	.438	1	.525*	-.915**
Ba	.606**	.423	-.436	-.667**	.584**	.407	.581**	.556*	-.302	.492*	.525*	1	-.687**
Ca	-.547*	-.751**	.377	.657**	-.596**	-.638**	-.893**	-.913**	-.089	-.378	-.915**	-.687**	1

کتابنگاری

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

صمدیان، م.، ۱۳۷۶- بررسی‌های نئوتکتونیک در گستره‌های ساختاری مکران و زاگرس بیرونی، سازمان زمین‌شناسی کشور.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور.

نژادافضلی، ک. و لک ، ر.، ۱۳۸۹- بررسی گلفشان‌های سواحل شمالی دریای عمان، سازمان زمین‌شناسی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی.

نژادافضلی،ک.، لک، ر.، ثروتی، م. ر. و بیاتانی، ف.، ۱۳۹۰- بررسی سایت گلفشانی نژادافضلی و اهمیت زمین گردشگری آنها، فصلنامه علوم زمین کشور، زمستان ۹۰، سال بیست و یکم، شماره ۸۲

نگارش، ح.، ۱۳۷۶- طرح تحقیقاتی مطالعه گلفشان‌های استان سیستان و بلوچستان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

References

Barber, A. J., Tjokrosapoetro, S. & Charlton T. R., 1986- Mud volcanoes, shale diapirs, wrench fault and melanges in accretionary complexes, eastern Indonesia, Bull. Am. Assoc. Pet. Geol. 70, 1729-1741.

Dolati, A., 2010- Stratigraphy, structural geology and low-temperature termochronology across the Makran accretionary wedge in Iran, Diss ETH, No. 19151, 215pp.

Farhoudi, G. & Karig, D. E., 1977- Makran of Iran and Pakistan as an active arc system. Geology 5, 664–668.

Goubkin, I. M. & Fedorov, S. F., 1938- Mud volcanoes of the Soviet Union and their Connection with the genesis of petroleum fields in Crimean-Caucasus geologic province. USSR Academy of Science, Moscow (in Russian).

Guliyev, I. & Feizullayev, A., 2001- All About Mud Volcanoes, Geology Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences

Hedberg, H. D., 1980- Methane generation and petroleum migration. In: Roberts III, W.H.,Cordell, R.J. (eds.), Problems of petroleum migration, AAPG Studies in Geology 10, 179- 206.

Higgins, G. E. & Saunders J. B., 1973- Mud volcanoes - their nature and origin: contribution to the geology and paleobiology of the Carribbean and adjacent areas, Verh. Naturforsch.Geschel. Basel, 84, 101-152.

Kidd, R. G. W. & McCall, G. J. H., 1985- Plate tectonics and the evolution of Makran. In McCall, G. J. H. (ed) East Iran Project, Area No. I. Geological Survey of Iran, Report, 1, 564- 618.

Milkov, A. V., 2000- Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates, Mar. Geol. 167, 29-42.

Rakhmanov, R. R., 1987- Mud volcanoes and their importance in forecasting of subsurface petroleum potential. Nedra , Moscow (in Russian).

White, R. S., 1982- Recent fold development in the Gulf of Oman,Earth Planet. Sci. Lett. 36, 85–91.

Yakubov, A. A., Alizade, A. A. & Zeinalov, M. M., 1971- Mud volcanoes of Azerbajan SSR.Atlas. Elm, Baku (in Russian).

Determination, geochemical investigation and sediment provenance in the Makran coasts

K. Nezhadafzali [1*], S. Shayan [2], R. Lak [3], M. Yamani [4] & M. Ghorashi [5]

[1] Assistant Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanity Sciences, University of Jiroft, Jiroft, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[3] Assistant Professor, Reserch Institute for Earth Scinces, Geological Survey Of Iran, Tehran, Iran
[4] Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
[5] Associate Professor, Islamic Azad Unversity, North Theran Branch; Reserch Institute for Earth Scinces, Geological Survey Of Iran, Tehran, Iran

Received: 2013 December 07 Accepted: 2014 June 10

Abstract

Mud volcano is a natural and attractive phenomenonwhich is generally found as a dome-like feature and basin-shaped in some cases. Mud volcanoes comprise mixtures of water, mud and gas. They are found in most parts of the world particularly in the Alps and Himalaya belts. In Iran, most of the mud volcanoes appear in the coastal plains of the Caspian and Oman seas. Mud volcanoes are commonly considered as indicating presence of oil and gas reserves, and are used to predict subsurface hydrocarbon fields. One or two mud volcanoes were formerly found between Minab and Jask in the Hormozgan Province. Remote sensing study followed by a field work of 30 days in this research led, for the first time, to the identification of 15 mud volcanoes in the Hormozgan Province using clustering analysis. During the field study, a sediment sample was taken from each mud volcano, which was then geochemically analyzed by ICP-OES. In the meantime, grain size was also determinedfor each sample. The SPSS software was used to process the data.After determining correlation coefficients, clustering analysis,and relationship between different factors obtained from Scuter plot, it turned out that AL, Fe, Ni, V, Sc, Ti, Cr, Zn, CU, Mn, Na, K, Li and Be in the mud volcanoes aregeogenic/continentalin origin, while the source of Ca,Mn and S is marine/intra-basinal and biogenic.

Keywords: Mudvolcano, Geochmistry, Oman Sea, Subduction, Geogenic, Biogenic.

For Persian Version see pages 249 to 254

*Corresponding author: K. Nezhadafzali, E- mail: k_afzali2007@yahoo.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional