

بررسی تحولات رسوبی و اقلیم دیرینه بر اساس آنالیز عنصری و شاخص‌های آن در پلایای جازموریان

عارفه شعبانی عراقی: پژوهشگر پسادکتری اقلیم دیرینه، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
قاسم عزیزی*: استاد اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲۹)



چکیده

دریاچه‌های دیرینه یا پلایاهای امروز، بایگانی رسوبی مواد شیمیایی و فیزیکی است که تحت تأثیر الگوهای متنوع اقلیمی قرار گرفته و برای بازسازی ساختارهای اقلیم، رسوب و فرسایش این محیط‌ها همواره قابل توجه است؛ زیرا تغییرات کوچک در اقلیم می‌تواند به تغییرات بزرگ در محیط زیست و جوامع زیست‌شناختی منجر شود. بازیابی و بازسازی رخدادهای اقلیمی گذشته، از طریق بایگانی‌های رسوبات دریاچه‌ای برجای مانده از آنها امکان‌پذیر است. تغییرات اقلیمی که به فرسایش منجر می‌شود، سیگنال‌های ژئوشیمیایی را در رسوبات دریاچه‌ای به جای می‌گذارد که می‌توان از آن در تفسیر شرایط محیطی و اکولوژیکی گذشته استفاده کرد. چاله جازموریان در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان در نیمه جنوبی کشور واقع شده است. هدف از این پژوهش، بررسی تحولات اقلیم دیرینه در این پلایا با استفاده از داده‌های رسوبی، آنالیز دانه‌سنجی، آنالیز عنصری و شاخص‌های اقلیمی است. روش این پژوهش، میدانی، آزمایشگاهی و تحلیلی است که در آن با جمع‌آوری داده‌ها از سطح زمین، اجرای آنالیزهای مورد نیاز، تحلیل شرایط محیطی و عوامل تأثیرگذار، نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد. با توجه به میزان رسوب‌گذاری پلایای جازموریان و بررسی شواهد محیطی، عمق مغزه‌های این پژوهش سنی بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ سال را در بر می‌گیرد که دوره هولوسن را شامل می‌شود. نتایج تفسیر ژئوشیمی رسوبات (آنالیز عنصری، شاخص‌های آن و دانه‌سنجی)، نوسان‌های رطوبتی، خشکی و شرایط دمایی محیط را در توالی‌های زمانی مختلف به خوبی نشان می‌دهد. این آنالیزها در تفسیر محیط رسوبی منطقه جازموریان بسیار مفید است و شرایط اقلیم دیرینه را در این محیط پلایایی مشخص می‌کند. واژگان کلیدی: پلایا، تغییرات اقلیمی، جازموریان، ژئوشیمی، فرسایش محیطی.

۱- مقدمه

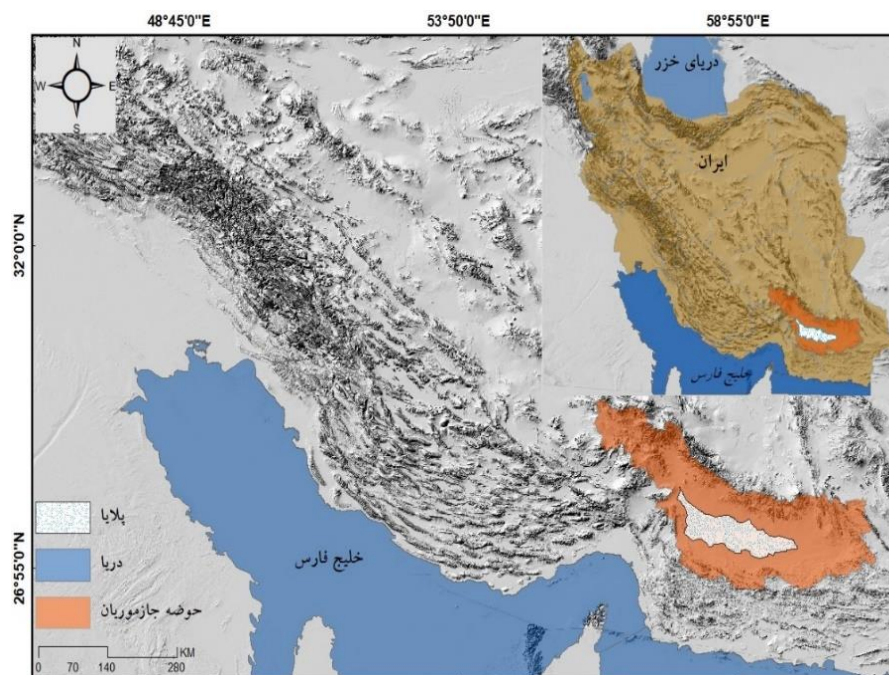
بر اساس اصل همسانی عملکرد سامانه‌های محیطی در طول زمان، انتظار می‌رود محیط طبیعی در مقابل تغییرات اقلیمی آینده واکنشی مشابه تغییرات اقلیمی گذشته داشته باشد؛ به همین دلیل، پرداختن و بازسازی اقلیم گذشته راهنمایی است برای پی‌بردن به آنچه در شرایط مشابه آینده می‌توان انتظار داشت. موقعیت جغرافیایی ایران بستر مناسبی برای نشان دادن تغییرات اقلیمی و محیطی به منظور بازسازی محیط‌های دیرینه و عوامل شکل‌دهنده آنهاست. باید بیان کرد که در مورد نحوه و میزان تغییرات محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی در آینده، آثار و شواهد قابل دسترسی وجود ندارد؛ براین اساس، بازیابی و بازسازی رخداد‌های اقلیمی گذشته، از طریق آرشیوهای رسوبات بر جای مانده از این دوره‌های اقلیمی دیرینه در محیط‌های رسوبی مختلف صورت می‌گیرد. یکی از این محیط‌های رسوبی، دریاچه‌های دیرینه اقلیمی است که در حوضه‌های مرکزی ایران، شواهد اقلیمی کواترنری را در خود ثبت کرده‌اند؛ به همین دلیل، مطالعه آنها برای تعیین اقلیم گذشته همواره قابل توجه بوده است (Abdi et al, 2010).

شرایط اقلیمی و تحولات آن، در شکل‌گیری نخستین تمدن‌های انسانی و گزینش سبک‌های مختلف زندگی همچون غارنشینی، شکار، جمع‌آوری دانه‌های خوراکی، یکجانشینی، اهلی‌سازی حیوانات و گیاهان و روی آوردن به زندگی‌های دامپروری، کشاورزی و ... نقش به‌سزایی داشت. ظهور و سقوط برخی از تمدن‌های دیرینه نیز به صورت مستقیم با تحولات اقلیمی در ارتباط بود (Weiss et al, 1993 & Cullen et al, 2000). همچنین در طول دوره هولوسن، اطلاعات جامع و فراگیری در مورد ایران وجود نداشت. گرچه محدوده‌ی خاورمیانه، نخستین محل کشاورزی و اهلی کردن حیوانات بود و همواره برای پژوهشگران مکانی جذاب به شمار می‌رفت (Safai rad, 2018)؛ با این حال، در مقایسه با سایر مکان‌ها کمتر مطالعه شده بود. مطالعات انجام شده در زمینه دیرینه اقلیم ایران، بیشتر مربوط به غرب و شمال غرب ایران است (Kneller, 2009)، اما بررسی‌های انجام شده در مورد تغییرات اقلیمی فلات ایران طی هولوسن بیانگر شواهدی است که نشان می‌دهد اقلیم این سرزمین به طور متناوب دچار تغییراتی شده که در ایجاد تمدن‌های دیرینه، انهدام و مهاجرت‌های آنان نقش مهمی داشته است. در همین راستا و به منظور آشکارسازی چنین تأثیرات و تغییراتی در گذشته و حال، این پژوهش در پی بررسی آب و هوای دیرینه در این منطقه است که از طریق ارزیابی آنالیزهای آزمایشگاهی (دانه‌سنجی، عنصری و شاخص‌های آنها) بر روی داده‌های رسوبی و تفسیر شرایط دیرینه صورت می‌گیرد. پژوهشگران زیادی تحقیقاتی را در این زمینه انجام داده‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Tayebi (2018) در بررسی رسوبات تالاب گاوخونی، وجود دوره‌های خشک و تر را در این تالاب اثبات کردند. زیاد شدن دو عنصر کلسیم و سدیم در عمق ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متری رسوبات این تالاب، دوره‌های خشک و زیاد شدن دو عنصر منگنز و منیزیم در اعماق شصت و دو سانتی‌متری دوره‌های مرطوب‌تر را نشان می‌داد. Taghavi و همکاران (2013)، به تحلیل اقلیم دیرینه بخش شمالی تالاب گاوخونی با استفاده از ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی با استفاده از داده‌های مغزه رسوبی پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که در مقاطع ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متری، دوره‌های خشک و در مقاطع ۶۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری، دوره‌های مرطوب تجربه شد و در بیست سانتی‌متر اول مغزه‌ها یعنی رسوبات زمان حاضر شرایط بینابین یا نیمه‌خشک وجود داشت. Shahbazi (2014) نیز با استفاده از داده‌های رسوبی و آنالیزهای ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی و سن‌سنجی، به مطالعه تحولات رسوبی دوره کواترنری به منظور تعیین الگوی بیابان‌زایی در پلایا - تالاب شادگان

پرداخت. نتایج حاکی از آن بود که مناطق بیابانی جنوب جلگه خوزستان، در اثر تداخل فرایندهای فعال رسوبی قاره‌ای با پیشروی‌ها و پسروی‌های مکرر آب دریا در طول هولوسن شکل گرفته‌است. Hamze و همکاران (2016) به بررسی رسوبات بادی نهشته شده در دریاچه هامون - که بیانگر فراوانی و شدت توفان‌های گرد و غبار سیستان از انتهای آخرین یخبندان تا کنون است - پرداختند. آنها با استفاده از مغزه‌های رسوبی و آنالیزهای مغناطیس‌سنج، توزیع ذرات و سنگ‌نگاری توالی رسوبات بادی را مشخص کردند. نتایج آنها نیز وجود توفان‌های گرد و غبار دیرینه را در این دوره در منطقه تأیید کرد. Safai rad (2017)، الگوی تغییرات آب و هوایی و محیطی زاگرس و جنوب شرقی ایران را بررسی کرد و با استفاده از داده‌های مغزه رسوبی و آنالیزهای ژئوشیمیایی به این نتیجه رسید که در حدود ۶۳۰۰ سال پیش از امروز، تغییری ناگهانی و شدید در سامانه‌های آب و هوایی غرب آسیا رخ داده است که به‌موجب آن، سامانه موسمی تابستانه هندوستان و بادهای غربی عرض‌های میانه به عرض‌های جغرافیایی جنوبی‌تری جابه‌جا شد. این تغییر به پایان نفوذ سامانه‌های موسمی به جنوب شرق ایران و استقرار طولانی‌مدت پرفشارهای جنب حاره‌ای بر آن انجامید که به حاکمیت آب و هوای خشک و گرد و غباری بر آن منجر شد. Sabok khiz و همکاران (2018) به بازسازی تغییرات اقلیمی دریاچه مهارلو از هولوسن تا عهد حاضر پرداختند. Shabani Eraghi (2021) نیز با تأکید بر ردیابی دوره‌های گرم و سرد با استفاده از داده‌های مغزه رسوبی و آنالیزهای ژئوشیمیایی، به بازیابی قلمرو دریاچه‌های پلوویال ایران طی هولوسن در پلایای جازموریان و دامغان پرداخت و در این بررسی از آنالیزهای رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی و ایزوتوپی استفاده کرد. همچنین شباهت‌ها و تفاوت‌های شرایط اقلیمی و ویژگی‌های مورفولوژیکی را در دو منطقه بیان و با هم مقایسه کرد. Azizi and Davoodi (2018) به بررسی تغییرات اقلیمی ایران در دوره هولوسن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بین دوره‌های گرم و سرد بازسازی شده در مطالعات مرتبط با آب و هوای دیرینه کره زمین در دیگر کشورها، به‌ویژه منطقه اروپا و آب و هوای دیرینه ایران ارتباط خوبی وجود دارد. فاصله زمانی بازسازی شده این دوره در ایران با شمال اروپا و آمریکا، تفاوت زمانی تقریباً ۲۰۰-۳۰۰ ساله را نشان می‌دهد که این دوره‌ها با تأخیر در ایران آغاز شده‌است. Feldet و همکاران (2000) در سوئد با بررسی دریاچه ایکسیناس در مرکز کشور یونان، مقدار عناصر شیمیایی رسوبات و مغناطیس‌کانی‌ها را ارزیابی کردند. سن‌سنجی لایه‌ها بر اساس تعیین سن رادیو کربن صورت گرفت و تغییرات سطح این دریاچه را از حدود چهل هزار سال قبل بررسی کرد. نتایج آنان نشان داد که بیشترین تغییر برجسته سطح دریاچه یعنی پایین رفتن آن، در حدود ۳۲۰۰۰ سال قبل رخ داده‌است. Gonzaliz Saperiyerz و همکاران (2006)، تغییر اقلیم را در کوه‌های پیرنه اسپانیا طی سی هزار سال گذشته بررسی کردند و با استناد به شواهد ژئومورفولوژیکی، داده‌های رسوبی و آزمایش‌های ژئوشیمی، به بیان تحولات اقلیمی این دوره در این سیر زمانی پرداختند. Carmen Castañeda و همکاران (2017) به بررسی منشأ و تکامل دریاچه سارینینا در حوضه مرکزی ابرو پرداختند و با استفاده از داده‌ها و شواهد محیطی در بازدیدهای میدانی و آنالیزهای گوناگون رسوبی، نحوه تشکیل و تکامل را در گذر زمان شرح دادند. Vaezi و همکاران (2019)، نیز به بررسی شواهد تنوع آب و هوایی در دوره پلیوستوسن - هولوسن در جازموریان واقع در جنوب شرقی پلایا پرداختند و با استناد به آنالیزهای گوناگون ژئوشیمی و تحلیل آنها، موضوع را شرح داد. نتایج نیز بیانگر همزمانی بین خشکسالی ۴/۲ هزار سال پیش در پلایای جازموریان و افول تمدن عصر برنز جیرفت بود.

۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

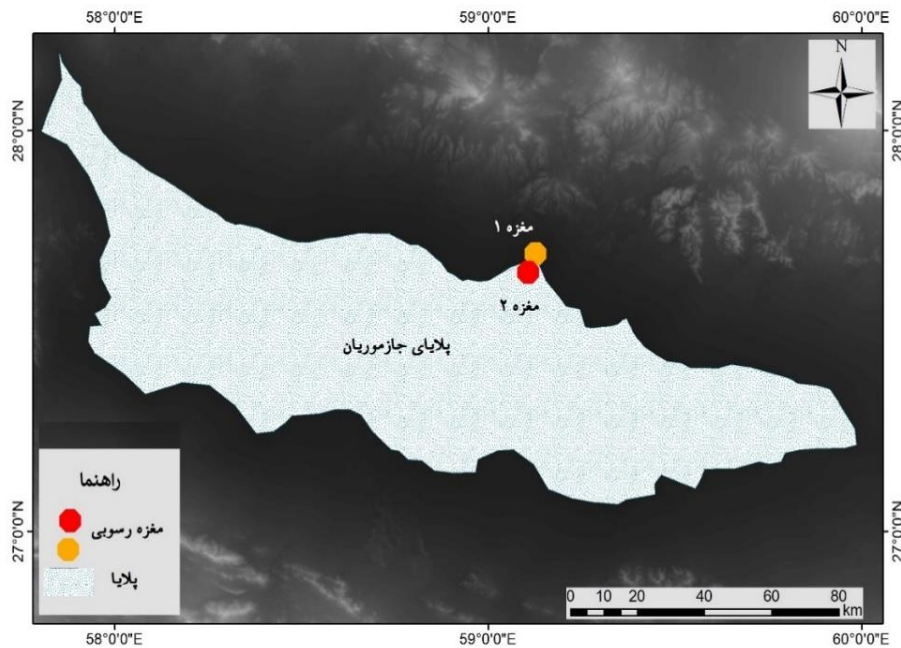
چاله جازموریان در استان کرمان و سیستان و بلوچستان و در نیمه جنوبی کشور واقع شده است. حوضه آبریز جازموریان از شمال توسط کوه‌های لاله‌زار، کوه‌های بارز و کوه شهسواران از حوضه آبریز کویر لوت و از جنوب توسط کوه‌های بشاگرد از حوضه آبریز دریای عمان و خلیج فارس جدا می‌شود. آب و هوای این منطقه به شدت تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی است. بلندترین نقطه حوضه نیز که در دیواره‌های کوهستانی شمال آن واقع است، حدود ۴۴۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد؛ این ارتفاع در فرونشست جازموریان در نواحی مرکزی به حدود ۳۵۰ متر کاهش می‌یابد و از آنجا مجدداً در جهت جنوب بر ارتفاع اراضی افزوده می‌شود تا آنکه بر بلندی‌های بشاگرد پایان می‌یابد (Shabani and Sahebzade, 2020). شرایط آب و هوایی در شکل‌گیری خصوصیات محیط طبیعی و انسانی نقش بسیار تأثیرگذاری دارد. منطقه جازموریان به واسطه شرایط آب و هوای خشک و گرم در طول سال، عموماً خشک و کم‌آب است. بالا بودن میزان دمای هوا، تبخیر و تعرق، در خشک بودن و کم‌آبی جازموریان اهمیت دارد؛ به خصوص دمای بیشینه هوا در تمام فصول سال، توان تبخیر و تعرق بالایی را نشان می‌دهد. بیشترین نوسانات دمایی در منطقه به فصل سرد سال بازمی‌گردد که به دلیل شرایط آب و هوایی خشک منطقه مورد مطالعه است، ولی در فصل بهار که شرایط آب و هوایی بهتر است، نوسانات دمایی کاهش می‌یابد و تغییرات فصلی کمتر می‌شود. رود هلیل‌رود و بمپور، مهم‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز جازموریان است که به تالاب جازموریان وارد می‌شود (Neghresh and Latifi, 2000).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

روش این پژوهش، میدانی، آزمایشگاهی و تحلیلی است که در آن، داده‌ها از سطح زمین جمع‌آوری می‌شود سپس آنالیزهای موردنظر اجرا و در نهایت، تحلیل آنها و بررسی عوامل تأثیرگذار با ادغام نتایج صورت می‌گیرد. داده‌های پژوهش نیز عبارتند از: داده‌های کتابخانه‌ای و منابع نوشتاری، تصویری، داده‌های رسوبی برداشت شده در بازدید میدانی منطقه و آنالیزهای آزمایشگاهی. از داده‌های کتابخانه‌ای و منابع نوشتاری برای تدوین پیشینه پژوهش مبانی نظری، روش‌شناسی و تجزیه و تحلیل استفاده می‌شود. داده‌های تصویری نیز به دو دسته تقسیم می‌شود: منابع چاپی و منابع رقمی که شامل نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰، نقشه ژئومورفولوژی، مدل رقمی ارتفاع ۱۰-۳۰ متر و تصاویر ماهواره‌ای (Google Earth) است.



شکل ۲: موقعیت مغزه‌های رسوبی در پلایای جازموریان

داده‌های میدانی: در این پژوهش، مطالعات میدانی به‌عنوان پایه و اساس قرار گرفته‌است. مراحل این مطالعات به‌طور خلاصه عبارتند از: بازدید اولیه و نمونه‌برداری. در زمینه بررسی شواهد اقلیمی و آب و هوای مناطق مورد مطالعه، در بازدید میدانی به شناسایی مکان مناسب برای حفر گمانه‌های رسوبی و برداشت نمونه در فواصل مختلف برای بررسی دوره‌های مختلف اقلیمی پرداخته شد. در پلایای جازموریان، مغزه اول با عمق ۲۰۵ سانتی‌متر از عمق ۵۳ سانتی‌متر زمین و در سیزده طبقه، و مغزه دوم جازموریان با عمق ۲۰۰ سانتی‌متر از عمق ۶۰ سانتی‌متری زمین در شش طبقه برداشت شد. هر دو مغزه از حاشیه پلایای فعلی در قسمت شمالی برداشت شد و موقعیت مکانی آنها حدود پنج کیلومتر از هم فاصله داشت. موقعیت و مختصات آنها در شکل ۲ مشخص شده‌است.

داده‌های آزمایشگاهی: در این پژوهش، مطالعات آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های رسوبی (مغزه‌های رسوبی) برداشت شده در بازدیدهای میدانی انجام شد. آنالیزهای اجرا شده بر روی نمونه‌ها، برداشت شد و شاخص‌های اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش عبارت است از:

آزمایش دانه‌سنجی^۱.

آزمایش دانه‌سنجی: از این مرحله برای مشخص کردن محیط رسوب گذاری و نحوه رسوب گذاری در محیط‌های کم یا پرانرژی استفاده می‌شود. در واقع اندازه ذرات موجود در رسوبات، انرژی عامل حمل و نقل را تأیید می‌کند. چنانچه در یک توده از رسوبات، فراوانی با دانه‌های درشت (در حد گراول) باشد، این فراوانی می‌تواند حداکثر سرعت جریان را در هنگام رسوب گذاری نشان دهد. همچنین مسافتی که این رسوبات طی کرده‌اند، اندک است؛ چون با زیاد شدن مسافت حمل و نقل، از انرژی و عامل حمل و نقل کاسته می‌شود و ذرات درشت‌تر رسوب می‌کنند و به دلیل برخورد با یکدیگر یا با بستر، شکسته و ریز می‌شوند. در واقع با تعیین مقدار ذرات گراولی، ماسه‌ای و گلی، تعبیر و تفسیر انرژی محیط امکان‌پذیر می‌شود. در ابتدا با استفاده از الک شیکر، نمونه‌های رسوبی به سه طبقه زیر ۶۳ میکرون، طبقه ۲۰۰ تا ۶۳ میکرون و بالای ۲۰۰ میکرون طبقه‌بندی و بر اساس مثلث فولک، تیپ رسوبی نمونه‌ها مشخص شد.

آنالیز (ICP^۲): برآورد نوع و مقدار وجود عناصر مختلف در هر نمونه در روش ICP به غیر از گازها شناسایی‌پذیر است (Potz, 1987). در این روش مقداری از نمونه پودر شده در درون یک پلاسمای آرگونی القا شده با فرکانس بالا و درجه حرارت ده هزار درجه کلوین قرار می‌گیرد. نمونه‌ها تحت تأثیر این درجه حرارت تحریک می‌شود و از خود نور ساطع می‌کند که هر عنصری، نوع مشخصی از نور را تولید می‌کند که نور تابیده شده با مقدار عنصر موجود در نمونه متناسب است. این آنالیز توسط آزمایشگاه زمین‌شناسی کشور انجام شد. استفاده از ژئوشیمی عنصری برای تعیین شرایط محیط دیرینه اهمیت ویژه‌ای دارد. توزیع عناصر اصلی و فرعی در رسوبات به ترکیب کانی‌شناسی، دما، ترکیب سیالات، شرایط اکسیداسیون و احیا بستگی دارد (Adabi, 2005). از درصد عناصر گوناگون و شاخص‌های اقلیمی عناصر در هر نمونه رسوبی می‌توان به آب و هوای دیرینه و تغییر آن در طول زمان پی برد و از آن در مطالعات پالئوژئومورفولوژی و پالئوکلیماتولوژی استفاده کرد. رسوب‌ها با روشن کردن پراکندگی و توزیع آنها، راه را برای درک شرایط محیطی رسوب گذاری‌شان باز می‌سازد. در این پژوهش از عناصر Mg, Na, Mn, Ca, Sr, Ti, Al و شاخص‌های اقلیمی K/Al, Ti/Al, Ti/k Mg/Ca, Sr/Ca, Mn/Ca استفاده شده است.

۴- یافته‌ها

فقدان مواد کربن‌دار مناسب برای سن‌سنجی رادیوکربن مغزه و توالی‌های رسوبی مناطق خشک، در بسیاری از موارد محدودیت بزرگی را در پژوهش‌های دیرینه محیط‌شناسی این مناطق ایجاد کرده‌است و سبب شده شواهد یافت شده در بایگانی‌های رسوبی از نظر زمانی فاقد استناد باشد. در این پژوهش در منطقه جازموریان، یک نمونه سن‌سنجی کربن ۱۴ برای آنالیز ارسال شد که به دلیل کمبود میزان کربن، سن‌یابی با خطا مواجه شد و تعیین سن ممکن نبود؛ به همین دلیل، از داده‌های واعظی و همکاران – که در سال ۲۰۱۹ دوازده نمونه رسوبی را از پلایای جازموریان سن‌سنجی کردند – استفاده شد. این امر به دلیل نزدیکی موقعیت مکانی مغزه رسوبی مورد مطالعه آنها با مغزه‌های این پژوهش برای تقریب میزان رسوب گذاری در این منطقه بود (Vaezi et al, 2019). در این محدوده با توجه به میزان رسوب گذاری و

¹ Granolomery² Inductively Coupled Plasma

بررسی شرایط محیطی نمونه‌های سن‌سنجی شده، سن دو مغزه رسوبی برداشت شده در این پژوهش با احتیاط زمانی حدود ۱۰۰۰۰-۱۲۰۰۰ سال یعنی دوره هولوسن را در برمی‌گیرد.

نتایج و تحلیل آنالیز دانه‌سنجی گمانه‌های رسوبی

اندازه ذرات رسوب، شرایط بیرونی و ذاتی محیطی را نشان می‌دهد که در پاسخ به تغییرات ژئومورفولوژیکی محیط رسوبی است (Gupta et al, 2002). جنس سنگ‌ها، فعالیت‌های تکتونیکی، ساختارهای زمین‌شناسی و آب و هوا نیز از جمله عواملی است که در تشکیل محیط رسوبی دریاچه‌ها و بار رسوبی حاصل از آن تأثیرگذار می‌باشد (Di Giulio et al, 2003). با توجه به اینکه دانه‌ها، اندازه آنها و شکل عمومی‌شان با یکدیگر متفاوت است؛ بنابراین، دانه‌سنجی و تحلیل نمونه‌های رسوبی و مطالعه آنها در بستر دریاچه‌ها می‌تواند اطلاعات اقلیمی و محیطی مناسبی را از شرایط رسوب گذاری آنها در اختیار پژوهشگران قرار دهد (Vendenbergh, 2003). بر اساس هدف پژوهش، اندازه و درصد رسوبات نمونه‌ها به طبقات (زیر ۶۳ میکرون، ۶۳ تا ۲۰۰ میکرون و بالای ۲۰۰ میکرون) طبقه‌بندی شد. سپس بر اساس معیارهای طبقه‌بندی بر اساس مثلث (Folk, 1960, 1980)، تیپ رسوبی هر نمونه تعیین شد. جدول ۱، اندازه ذرات و تیپ رسوبی نمونه‌های مغزه ۱ را با عمق هر نمونه نشان می‌دهد. از عمق ۹۵-۵۳ سانتی‌متر، تیپ رسوبی از نوع گل ماسه‌ای است و در عمق ۹۵-۱۱۰ سانتی‌متر، تیپ رسوبی به گل ماسه‌ای با کمی گراول تغییر می‌کند. سپس عمق ۱۱۰-۱۱۵ سانتی‌متر، تیپ رسوبی گل ماسه‌ای و در عمق ۱۱۵-۱۲۵ سانتی‌متر، از نوع ماسه سیلتی است. از عمق ۱۲۵-۱۶۰ سانتی‌متر نیز تیپ رسوبی گل ماسه‌ای است، از ۱۶۰-۱۹۰ سانتی‌متر، گل گراولی و از عمق ۱۹۰-۲۰۵ سانتی‌متر عمق، تیپ رسوبی ماسه گلی با کمی گراول است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تیپ رسوبی نمونه‌های برداشت شده، گل ماسه-ای، گل ماسه‌ای با کمی گراول، ماسه سیلتی و گل گراولی است. زمانی که ذرات درشت‌دانه‌تر باشند، افزایش انرژی محیطی را نشان می‌دهند و زمانی که ذرات ریزدانه‌تر باشند، کاهش انرژی محیطی را نشان می‌دهند. با توجه به موقعیت مغزه ۱ که فاصله کمی با کوهستان دارد، اندازه ذرات درشت‌دانه‌تر است.

جدول ۱: اندازه ذرات و تیپ رسوبی نمونه‌های مغزه ۱ جازموریان

نام نمونه)	عمق (سانتی‌متر)	مثلث فولک
۱	۵۳-۶۸	گل ماسه‌ای
۲	۶۸-۸۲	گل ماسه‌ای
۳	۸۲-۹۵	گل ماسه‌ای
۴	۹۵-۱۱۰	گل ماسه‌ای با کمی گراول
۵	۱۱۰-۱۱۵	گل ماسه‌ای
۶	۱۱۵-۱۲۵	ماسه سیلتی
۷	۱۲۵-۱۴۵	گل ماسه‌ای
۸	۱۴۵-۱۶۰	گل ماسه‌ای
۹	۱۶۰-۱۷۵	گل گراولی
۱۰	۱۷۵-۱۸۰	گل گراولی

گل گراولی	۱۸۰-۱۹۰	۱۱
ماسه گلی با کمی گراول	۱۹۰-۱۹۵	۱۲
ماسه گلی با کمی گراول	۱۹۵-۲۰۵	۱۳

جدول ۲، اندازه ذرات و تیپ رسوبی نمونه‌های مغزه ۲ را با عمق هر نمونه نشان می‌دهد. طبقه اول از عمق ۶۰-۸۰ سانتی‌متر، تیپ رسوبی ماسه رسی است و از ۸۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر، تیپ رسوبی سیلت ماسه‌ای. تیپ رسوبی این مغزه شامل ماسه رسی و سیلت ماسه‌ای است. زمانی که ذرات درشت‌دانه‌تر باشند، افزایش انرژی محیطی، غلبه فرایندهای فرسایشی بالا و تولید مقدار رسوب را نشان می‌دهند و زمانی که ذرات ریزدانه‌تر باشند، کاهش انرژی محیطی را نشان می‌دهند.

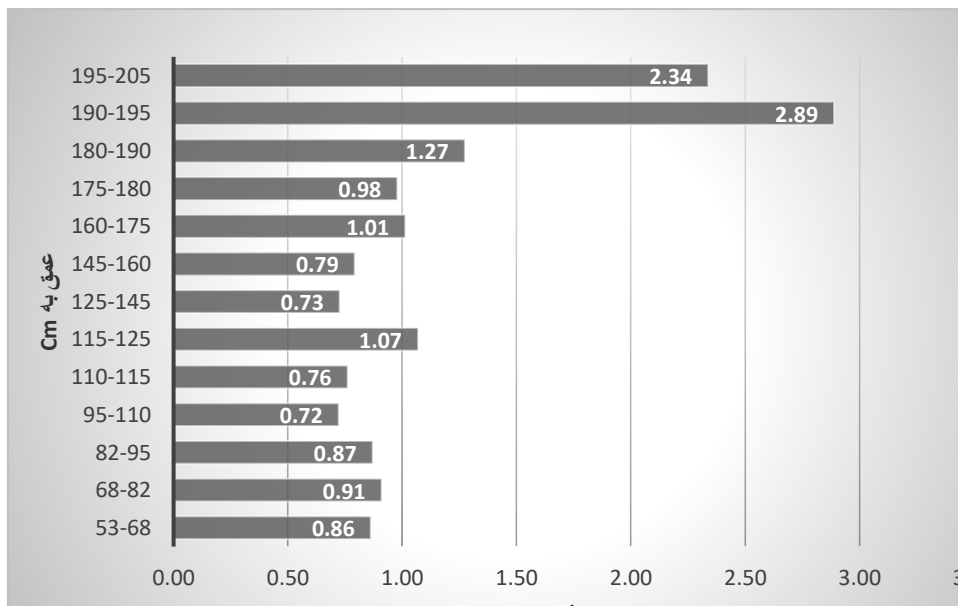
جدول ۲: اندازه ذرات و تیپ رسوبی نمونه‌های مغزه ۲ جازموریان

مثلت فولک	عمق (سانتی‌متر)	نام نمونه)
ماسه رسی	۶۰-۸۰	۱
سیلت ماسه‌ای	۸۰-۱۲۵	۲
سیلت ماسه‌ای	۱۲۵-۱۵۰	۳
سیلت ماسه‌ای	۱۵۰-۱۷۰	۴
سیلت ماسه‌ای	۱۷۰-۱۸۰	۵
سیلت ماسه‌ای	۱۸۰-۲۰۰	۶

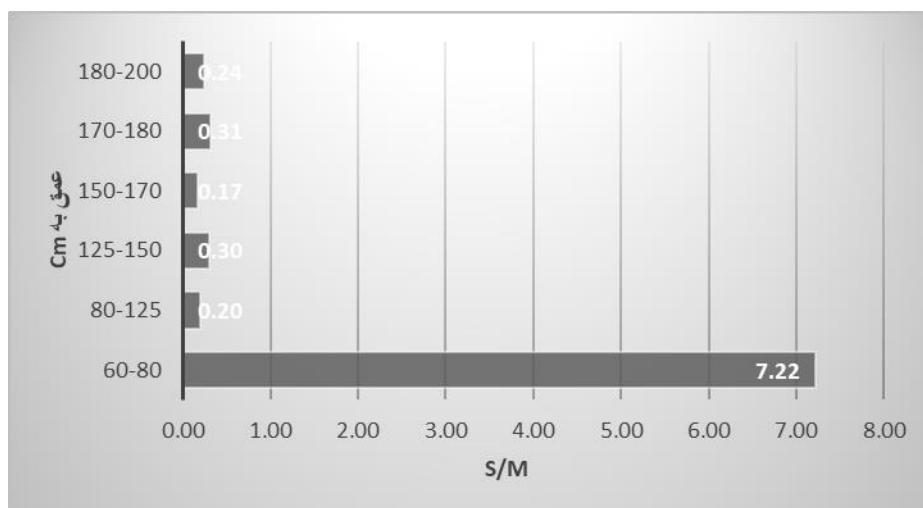
شاخص S/M (نسبت ماسه‌ای بودن) و نتایج گمانه‌های رسوبی

شاخص S/M که اصطلاحاً به آن نسبت ماسه‌ای بودن می‌گویند، از تقسیم مقدار درصد بالای ۶۳ میکرون به مقدار درصد زیر ۶۳ میکرون به دست می‌آید و عدد نهایی هر قدر بزرگ‌تر باشد، رسوب ماسه‌ای‌تر و هر قدر کوچک‌تر باشد، رسوب گلی‌تر است. اگر رسوب از نوع ماسه‌ای باشد، به دلیل درشت‌دانه بودن به انرژی بیشتری برای حمل نیاز دارد و در نتیجه نشان می‌دهد که ورودی آب‌ها بیشتر و اقلیم مرطوب‌تر است؛ اما اگر رسوب گلی بیشتر باشد، ورودی آب‌ها کم است؛ زیرا رسوبات در محیطی آرام رسوب کرده‌اند و آب‌های ورودی تلاطمی را به وجود نیاورده و در نتیجه، اقلیم با کاهش رطوبت همراه است. نمودار مغزه ۱ جازموریان (شکل ۳) نشان می‌دهد که از عمق ۵۳ تا ۱۸۰ سانتی‌متر، نسبت S/M در محدوده رسوبات گلی با اندکی جابه‌جایی در عمق‌های مختلف قرار دارد و شرایط محیطی شرایط یکسانی را نشان می‌دهد؛ اما از عمق ۱۸۰ جریان رسوبات به سمت ماسه‌ای شدن پیش می‌رود که از افزایش ورودی آب و انرژی بیشتر محیطی حکایت دارد. تفاوت روند نهشته‌گذاری رسوبی در این دو، بیانگر تغییر شرایط اقلیمی آن دوره است. نمودار مغزه ۲ جازموریان (شکل ۴) نیز نشان می‌دهد که نسبت S/M در عمق ۶۰-۸۰ سانتی‌متر رسوبات ماسه‌ای و ورودی آب‌ها بسیار زیاد است. البته باید بیان کرد که تحلیل صرفاً بر اساس دانه‌سنجی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های ژئوشیمیایی امکان‌پذیر نیست؛ زیرا ممکن است روند ماسه‌ای شدن به دلیل یک دوره سیلابی بوده باشد که حتی در مواقع اقلیم خشک نیز گاهی اوقات اتفاق می‌افتد. اما در عمق هشتاد تا دویست سانتی‌متر در مقاطع

مختلف، روند رسوبی کاملاً با روند افزایشی به سمت رسوبات گلی ادامه می‌یابد که البته روند آنها نیز تغییراتی را به سمت کاهش و مجدداً افزایش نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمودار نسبت ماسه‌ای بودن نمونه‌های مغزه ۱ جازموریان



شکل ۴: نمودار نسبت ماسه‌ای بودن نمونه‌های مغزه ۲ جازموریان

تحلیل آنالیز عنصری (ICP) نمونه‌های گمانه‌های رسوبی

یکی از اهداف آزمایش‌های ژئوشیمی، تفسیر محیط رسوب‌گذاری است. از داده‌های ICP با هدف تعیین عناصر موجود در رسوبات دریاچه‌ای و تفکیک محیط‌های آواری، تبخیری و دریاچه‌ای استفاده شد. از میان عناصری که در نمونه‌ها وجود داشت از برخی از آنان با توجه به اهداف پژوهش استفاده شد. مطالعات نشان داد که ترکیب و میزان عناصر، به شرایط محیطی حساس است (Saie, 2004). تحلیل عناصر Mg, Ca, Na, Mn, Sr رسوب‌ها با روشن کردن پراکندگی و توزیع آنها، راه را برای درک شرایط محیطی رسوب‌گذاری‌شان باز می‌سازد؛ مثلاً بالا بودن میزان Mn بیانگر محیط احیایی است (Nekokho, 2004). همچنین عنصر سدیم بالا به دلایلی چون تبخیر زیاد، ورودی کم آب به حوضه، کمبود بارش یا مجموعه‌ای از این عوامل است. عنصر کلسیم نیز مانند سدیم، خشکی محیط را نشان می‌دهد و

وجود هر دو در کنار هم بیانگر خشکی محیطی بیشتر و تبخیر شدید است. دو عنصر منگنز و منیزیم نیز شرایط احیایی، بارش بیشتر، ورود آب بیشتر و تبخیر کمتر را نشان می‌دهد (pormaafi, 2009). افزایش تمرکز عنصر منگنز بیانگر شرایط احیایی و مرطوب در محیط دریاچه است. تمرکز عنصر استرانسیم نیز ارتباط مستقیمی با دمای آب دارد. میزان Sr/Ca تنها با شرایط محیطی کنترل نمی‌شود، بلکه از آب دریا و تأثیرات بیولوژیکی در کربنات‌ها نیز تأثیر می‌پذیرد. با کم کردن تأثیرات بیولوژیکی می‌توان تغییرات شرایط محیطی دیرینه را مشخص کرد. همچنین بین نسبت Sr/Ca و دمای آب همبستگی مثبتی وجود دارد (Adabi, 2005). عناصر مختلف با هوازدهگی پوسته قاره‌ها و فرسایش، به دریاها و دریاچه‌ها اضافه می‌شود و به صورت کربنات‌های مختلف رسوب می‌کند. معمولاً افزایش استرانسیوم را با ورودی از خشکی و ناشی از فرسایش در سرزمین‌های منشأ در نظر می‌گیرند. جانشینی استرانسیم به کربنات کلسیم، به طور خطی با افزایش دما کاهش می‌یابد. از طرفی با افزایش بارش، Sr افزایش و Ca کاهش می‌یابد. پس میزان Sr/Ca با افزایش بارش افزایش می‌یابد، مقدار بالای آن را به شرایط گرم و مرطوب و مقدار پایین آن را به شرایط سرد و خشک نسبت می‌دهند (Faiznia, 2011). با افزایش بارش و دوره‌های احیایی یا دیاژنز متاتئوریک، مقدار Mg افزایش و در این شرایط کلسیم کاهش می‌یابد، سپس با افزایش بارش، Mg/Ca زیاد می‌شود. بین مقدار Mg/Ca و دمای آب همبستگی مثبتی وجود دارد؛ بنابراین، این نسبت می‌تواند شاخص دمای دیرینه باشد. با افزایش بارش و افزایش تأثیر دیاژنز متاتئوریک، میزان Mn/Ca با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد، نسبت Sr/Mn در مقابل Mn ، شاخص مهمی برای شرایط آب و هوایی است (Mosavian, 2019). افزایش عنصر Ti تیتانیوم نیز می‌تواند ناشی از فرسایش باشد. Al شاخصی قابل‌اعتماد برای بازسازی تغییرات دیرینه محیطی است؛ زیرا بینشی را در مورد شرایط آب و هوایی غالب و مکانیسم‌های دیگر در حمل و نقل مواد در حوضه فراهم می‌کند. افزایش مقادیر Al در رسوبات بیانگر افزایش در نتیجه ورود بیشتر مواد آواری به محیط است (Taghavi et al, 2016). شاخص Ti/k نیز رژیم هوازدهگی تغییرات مواد آواری حمل شده به حوضه رسوبی را نشان می‌دهد. افزایش در نسبت این شاخص، از افزایش ورود رسوبات آواری به دریاچه‌ها به واسطه فرسایش زیاد در بالادست رودخانه‌ها در نتیجه بارش‌های مناسب در منطقه حکایت دارد و کاهش آن نیز دوره خشک یا کاهش ورود مواد آواری را نشان می‌دهد. شاخص K/Al شاخصی برای افزایش رسوبات رودخانه‌ای در پلایا است (Gavin et al, 2012). در دوره‌های مرطوب، میزان هوازدهگی شیمیایی افزایش می‌یابد و در نتیجه، این نسبت در رسوبات بیشتر می‌شود. شاخص Ti/Al در دوره گرم و مرطوب افزایش می‌یابد و برعکس (Chen et al, 2013).

جدول ۳: مقدار عناصر نمونه‌های مغزه ۱ جازموریان

Al (%)	Ti (ppm)	Sr (ppm)	Ca (%)	Mn (ppm)	Na (%)	Mg (%)	عمق Cm	نام نمونه
۷.۹۸	۴۵۳۶	۳۴۵	۶.۱۶	۹۶۰	۱.۷۱	۱.۹۵	۵۳-۶۸	۱
۸.۲۹	۴۶۵۵	۳۵۶	۶.۲۸	۹۹۶	۱.۷۷	۱.۹۷	۶۸-۸۲	۲
۷.۱۰	۴۲۵۰	۳۱۸	۶.۰۴	۹۱۶	۱.۵۵	۱.۸۶	۸۲-۹۵	۳
۷.۴۴	۴۳۷۵	۳۳۴	۶.۴۵	۹۵۲	۱.۶۰	۱.۸۸	۹۵-۱۱۰	۴
۷.۴۵	۴۱۹۴	۳۵۴	۷.۲۶	۸۸۱	۱.۶۰	۱.۸۱	۱۱۰-۱۱۵	۵
۷.۴۳	۴۱۵۰	۳۸۰	۷.۴۷	۸۵۵	۱.۶۲	۱.۸۰	۱۱۵-۱۲۵	۶
۷.۰۴	۳۹۲۰	۴۰۸	۸.۸۸	۸۱۷	۱.۵۰	۱.۷۵	۱۲۵-۱۴۵	۷
۷.۰۸	۳۹۴۸	۳۹۳	۸.۴۸	۸۲۱	۱.۵۰	۱.۷۵	۱۴۵-۱۶۰	۸
۷.۴۴	۴۱۲۱	۳۹۴	۸.۶۲	۸۳۹	۱.۶۲	۱.۷۶	۱۶۰-۱۷۵	۹
۷.۲۹	۴۰۷۴	۳۸۵	۸.۹۶	۸۲۸	۱.۶۳	۱.۷۹	۱۷۵-۱۸۰	۱۰
۷.۴۶	۴۱۹۶	۳۹۲	۸.۹۳	۸۴۵	۱.۶۵	۱.۷۹	۱۸۰-۱۹۰	۱۱
۷.۹۶	۴۵۶۱	۳۸۶	۷.۴۷	۸۸۹	۱.۸۵	۱.۹۲	۱۹۰-۱۹۵	۱۲
۸.۶۷	۴۸۵۰	۴۲۶	۷.۶۶	۹۲۶	۲.۰۰	۱.۹۰	۱۹۵-۲۰۵	۱۳

جدول ۴: مقدار شاخص‌های آنالیز عنصری مغزه ۱ جازموریان

Ti/k	Ti/Al	K/Al	Mn/Ca	Sr/Ca	Mg/Ca	عمق	نام نمونه
۳۴۲۹	۵۶۸.۶۶	۰.۱۷	۱۵۵.۹۶	۵۶.۱۲	۰.۳۲	۵۳-۶۸	۱
۳۳۴۹	۵۶۱.۵۳	۰.۱۷	۱۵۸.۶۶	۵۶.۷۰	۰.۳۱	۶۸-۸۲	۲
۳۲۰۵	۵۹۸.۵۲	۰.۱۹	۱۵۱.۶۹	۵۲.۶۹	۰.۳۱	۸۲-۹۵	۳
۳۲۸۸	۵۸۷.۹۴	۰.۱۸	۱۴۷.۴۹	۵۱.۷۸	۰.۲۹	۹۵-۱۱۰	۴
۳۱۹۲	۵۶۲.۸۶	۰.۱۸	۱۲۱.۳۵	۴۸.۷۹	۰.۲۵	۱۱۰-۱۱۵	۵
۳۳۴۳	۵۵۸.۸۵	۰.۱۷	۱۱۴.۴۶	۵۰.۹۰	۰.۲۴	۱۱۵-۱۲۵	۶
۳۲۷۰	۵۵۶.۸۱	۰.۱۷	۹۱.۹۰	۴۵.۹۸	۰.۲۰	۱۲۵-۱۴۵	۷
۳۲۵۵	۵۵۷.۲۷	۰.۱۷	۹۶.۸۴	۴۶.۳۱	۰.۲۱	۱۴۵-۱۶۰	۸
۳۴۸۸	۵۵۳.۶۱	۰.۱۶	۹۷.۳۵	۴۵.۷۷	۰.۲۰	۱۶۰-۱۷۵	۹
۳۴۰۸	۵۵۸.۷۳	۰.۱۶	۹۲.۴۰	۴۲.۹۵	۰.۲۰	۱۷۵-۱۸۰	۱۰
۳۷۷۳	۵۶۲.۳۴	۰.۱۵	۹۴.۶۷	۴۳.۸۸	۰.۲۰	۱۸۰-۱۹۰	۱۱
۴۲۸۹	۵۷۲.۷۲	۰.۱۳	۱۱۹.۰۲	۵۱.۶۵	۰.۲۶	۱۹۰-۱۹۵	۱۲
۴۷۶۳	۵۵۹.۲۷	۰.۱۲	۱۲۰.۸۶	۵۵.۵۲	۰.۲۵	۱۹۵-۲۰۵	۱۳

سطح سیزدهم در عمق ۱۹۵-۲۰۵ سانتی متر است. مقدار عنصر سدیم بیشترین مقدار خود را در این مغزه نشان می‌دهد، اما کلسیم نسبت به مقدار میانگین مغزه روند متوسطی دارد. عنصر منگنز و منیزیم نیز روند متوسطی دارند، اما عنصر تیتانیم و آلومینیوم در بیشترین مقدار خود هستند. مقدار شاخص Mg/Ca و Mn/Ca تقریباً نسبت به میانگین مغزه بالاترند و شاخص Sr/Ca نیز چنین حالتی دارد. شاخص K/Al کمترین مقدار خود را در این مغزه نشان می‌دهد و شاخص Ti/Al دارای حد متوسطی است، اما شاخص Ti/k در بیشترین مقدار خود در مغزه قرار دارد. سطح دوازدهم در عمق ۱۹۰-۱۹۵ سانتی متر است. در این سطح مقدار عنصر سدیم، منیزیم، منگنز و کلسیم نیز کاهش داشته‌است. همچنین در آلومینیوم و تیتانیم نیز کاهش دیده می‌شود. شاخص‌های رطوبتی Mg/Ca و Mn/Ca نوسان محسوسی را نشان نمی‌دهند و کاهش ناچیزی دارند، اما Sr/Ca کاهش دارد. شاخص‌های K/Al و Ti/A اندکی افزایش دارند، اما شاخص Ti/k کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. سطح یازدهم در عمق ۱۸۰-۱۹۰ سانتی متر است. مقدار عنصر سدیم در آن روند کاهشی را ادامه می‌دهد، اما کلسیم افزایش ناچیزی دارد. مقدار عنصر منگنز، آلومینیوم و منیزیم نیز کاهشی است و با شاخص Mg/Ca و Mn/Ca همخوانی و از شرایط کم‌بارش تری نسبت به گذشته حکایت دارد. شاخص Sr/Ca نیز کاهش یافته‌است و مطلب فوق را تأیید می‌کند. میزان عنصر تیتانیم نیز کم شده‌است. شاخص‌های Ti/Al و Ti/k کاهش را نشان می‌دهند و شاخص K/Al اندکی افزایش دارد. سطح دهم در عمق ۱۷۵-۱۸۰ سانتی متر است. در این سطح، مقدار عنصر سدیم، کلسیم و منیزیم نوسانی نشان نمی‌دهند. عنصر منگنز نیز کاهش بسیار کمی داشته‌است. عنصر تیتانیم و آلومینیوم نیز روند کاهشی کمی در این سطح دارند. شاخص‌های Sr/Ca ، Mn/Ca و Mg/Ca نیز تفاوت آشکاری با گذشته ندارند و کاهش اندکی نشان می‌دهند. شاخص‌های Ti/Al و Ti/k نیز کاهش دارند و شاخص K/Al اندکی افزایش نشان می‌دهد. سطح نهم در عمق ۱۶۰-۱۷۵ سانتی متر است. این سطح نیز مانند قبل در مقدار عنصر سدیم و منیزیم نوساناتی را نشان نمی‌دهد. عنصر تیتانیم، آلومینیوم و منگنز افزایش ناچیزی دارند. مقدار کلسیم نیز کاهش یافته‌است. مقدار Mg/Ca و K/Al تفاوتی را نشان نمی‌دهد، اما شاخص Mn/Ca و Sr/Ca افزایش دارند و شرایط ملایم‌تری نسبت به گذشته نشان می‌دهند. همچنین شاخص Ti/Al کاهش و شاخص Ti/k افزایش نشان می‌دهد. سطح هشتم در عمق ۱۴۵-۱۶۰ سانتی متر است. در این مقطع عنصر سدیم، کلسیم، منیزیم، منگنز و تیتانیم کاهش ناچیزی داشته و عنصر آلومینیوم نیز با کاهش همراه بوده‌است. شاخص‌های Mn/Ca ، Ti/Al ، Sr/Ca و Mg/Ca همان روند قبلی را ارائه می‌دهند. K/Al اندکی افزایش و شاخص Ti/k کاهش را نشان می‌دهد. سطح هفتم در عمق ۱۱۵-۱۲۵ سانتی متر است. مقدار عنصر آلومینیوم، سدیم و منیزیم ثابت باقی مانده‌است. مقدار عنصر کلسیم اندکی افزایش و عنصر منگنز اندکی کاهش دارد. اما در مجموع، همه عناصر در این توالی با مقطع قبل تفاوت خاصی ندارند. در شاخص Sr/Ca ، Mn/Ca و Ti/k نیز کاهش وجود دارد. شاخص Mg/Ca و K/Al ثابت باقی مانده‌است، اما شاخص Ti/Al افزایش را نشان می‌دهد. سطح ششم در عمق ۱۱۵-۱۲۵ سانتی متر است. در این لایه، توالی عنصر سدیم کمی افزایش دارد اما در کلسیم روند کاهشی دیده می‌شود. عنصر منگنز، آلومینیوم و منیزیم ناشی از رطوبت است و روند افزایشی را نشان می‌دهد. عنصر تیتانیم که ناشی از فرسایش است نیز حالت افزایشی دارد. افزایش رطوبت با افزایش شاخص‌های Mg/Ca و Mn/Ca همخوانی دارد و شاخص Sr/Ca نیز شرایط مرطوب‌تر و احتمالاً گرم‌تری را نشان می‌دهد. این سه شاخص

K/Al، Ti/Al و Ti/k اندکی افزایش نشان می‌دهند. سطح پنجم در عمق ۱۱۰-۱۱۵ سانتی‌متر است. مقدار عنصر سدیم، کلسیم، آلومینیوم، منیزیم و تیتانیم تقریباً روند قبلی را دارد. عنصر منگنز کمی افزایش نشان می‌دهد. شاخص‌های K/Al، Ti/Al، Sr/Ca، Mn/Ca و Mg/Ca افزایش بسیار کم و شاخص Ti/k افزایش را نشان می‌دهد. سطح چهارم در عمق ۹۵-۱۱۰ سانتی‌متر است. عنصر تیتانیم، آلومینیوم و سدیم روند قبلی را دارد، اما مقدار کلسیم کاهش یافته‌است. همچنین منیزیم و منگنز نیز کمی افزایش نشان می‌دهد. شاخص‌های Mg/Ca و Mn/Ca افزایش رطوبت یا بارش‌های محیطی را نشان می‌دهد. شاخص Sr/Ca نیز افزایش یافته‌است که از شرایط مرطوب‌تر حکایت دارد. افزایش این دو شاخص Ti/Al و Ti/k نیز بیانگر رطوبت بیشتر است؛ حال آنکه شاخص K/Al روند قبلی را دارد. سطح سوم در عمق ۸۲-۹۵ سانتی‌متر است. در این لایه، همه عناصر روند کاهشی داشته، اما روند همه شاخص‌ها افزایشی است. سطح دوم در عمق ۶۸-۸۲ سانتی‌متر است. در این لایه، عنصر سدیم، کلسیم و شاخص‌های خشکی و تبخیر محیطی افزایش داشته‌است. در مقابل، عنصر منگنز، آلومینیوم، منیزیم و تیتانیم افزایش دارد که حاکی از رطوبت و فرسایش بیشتر محیطی است. شاخص‌های Ti/k، Sr/Ca، Mn/Ca و Mg/Ca نیز روند افزایشی داشته‌است، اما شاخص‌های K/Al و Ti/Al روند کاهشی را نشان می‌دهد. سطح اول در عمق ۵۲-۶۸ سانتی‌متر است. مقدار عنصر سدیم، تیتانیم، آلومینیوم، منیزیم، منگنز و کلسیم اندکی کاهش دارد، شاخص Mg/Ca کمی افزایش اما Mn/Ca کاهش دارد و روند شاخص Sr/Ca و K/Al نیز دارای همان روند قبلی است. دو شاخص Ti/Al و Ti/k اندکی افزایش دارد.

جدول ۵: عناصر نمونه‌های مغزه ۲ جازموریان

نام نمونه	عمق Cm	Mg (%)	Na (%)	Mn (ppm)	Ca (%)	Sr (ppm)	Ti (ppm)	Al (%)
۱	۶۰-۸۰	۱.۸۳	۱.۸۲	۸۱۳	۸.۴۹	۴۰۰	۴۰۷۶	۷.۵۶
۲	۸۰-۱۲۵	۲.۵۳	۱.۸۶	۹۲۵	۶.۶۲	۳۳	۴۰۳۸	۷.۱۱
۳	۱۲۵-۱۵۰	۲.۴۴	۱.۸۱	۸۹۲	۷.۲۲	۳۷۷	۳۹۰۲	۶.۹۰
۴	۱۵۰-۱۷۰	۲.۳۵	۱.۶۹	۸۷۲	۷.۷۰	۳۲۰	۳۸۳۷	۶.۸۴
۵	۱۷۰-۱۸۰	۲.۳۷	۱.۵۷	۹۱۹	۶.۱۰	۲۶۹	۳۸۷۵	۶.۹۸
۶	۱۸۰-۲۰۰	۲.۴۰	۱.۶۲	۸۴۵	۷.۳۹	۲۶۹	۳۸۲۸	۶.۴۸

جدول ۶: شاخص‌های آنالیز عنصری مغزه ۲ جازموریان

نام نمونه	عمق	Mg/Ca	Sr/Ca	Mn/Ca	Ti/Al	K/Al	Ti/k
۱	۶۰-۸۰	۰.۲۲	۲.۶۰	۹.۹۸	۵۳۷.۸۲	۰.۱۷	۳۲۴۹
۲	۸۰-۱۲۵	۰.۳۸	۱.۵۸	۲.۷۱	۵۶۸.۱۹	۰.۲۵	۲۳۰۳
۳	۱۲۵-۱۵۰	۰.۳۴	۱.۶۳	۳.۲۵	۵۶۵.۳۹	۰.۲۳	۲۴۱۱
۴	۱۵۰-۱۷۰	۰.۳۱	۱.۶۶	۳.۷۹	۵۷۵.۸۲	۰.۲۳	۲۴۹۱
۵	۱۷۰-۱۸۰	۰.۳۹	۱.۵۹	۳.۰۰	۵۵۵.۴۹	۰.۲۵	۲۲۱۵
۶	۱۸۰-۲۰۰	۰.۳۲	۱.۶۲	۳.۳۷	۵۹۰.۸۸	۰.۲۶	۲۲۶۰

بررسی مغزه‌های جازموریان نشان می‌دهد که دامنه نوسانات آنالیز عنصری زیاد نیست. مقدار عناصر مختلف و شاخص‌های آنها، نوسانات بسیار محدودی دارد که تفاوت چشمگیری در شرایط آب و هوایی این مغزه دیده نمی‌شود. سطح انتهایی این مغزه به عنوان سطح مبنا در نظر گرفته و کم و بیش شدن عناصر و شاخص‌ها با آن سنجیده می‌شود. سطح ششم در عمق ۱۸۰-۲۰۰ سانتی‌متر است. مقدار عنصر Al در کمترین سطح، Na نیز تقریباً در کمترین مقدار خود در این گمانه، Ti در کمترین مقدار خود و مقدار عنصر Ca از میانگین این گمانه بالاتر است. شاخص Mg/Ca و Ti/k تقریباً کمترین مقدار خود را در این گمانه دارد، اما شاخص K/Al و Ti/Al بیشترین مقدار خود را در این گمانه دارد. همچنین Sr/Ca و Mn/Ca از مقدار میانگین این گمانه کمتر است. Mg در مقدار میانگینی در سطح گمانه قرار دارد و Mn با اختلاف کمی از یک سطح در کمترین مقدار گمانه. سطح پنجم در عمق ۱۷۰-۱۸۰ سانتی‌متر است. مقدار عنصر سدیم و کلسیم روند کاهشی ملایمی را نشان می‌دهد. مقدار منگنز افزایش دارد، اما منیزیم کمی کاهش نشان می‌دهد. شاخص Mg/Ca افزایش، اما شاخص Mn/Ca کاهش دارد و شاخص Sr/Ca نیز با اندکی کاهش تقریباً روند قبلی را دنبال می‌کند. عنصر تیتانیم و آلومینیوم اندکی افزایش دارد. مجموع شاخص‌های Ti/Al، K/Al و Ti/k نیز روند کاهشی را دنبال می‌کند. سطح چهارم در عمق ۱۵۰-۱۷۰ سانتی‌متر است. مقدار سدیم و کلسیم کمی افزایش دارد که خشکی محیط را نشان می‌دهد و این خشکی با کاهش اندک منیزیم، آلومینیوم و منگنز همراه می‌باشد (کاهش رطوبت). این کاهش رطوبت با شاخص Mg/Ca همخوانی دارد، اما افزایش شاخص Mn/Ca و Sr/Ca افزایش بارش را نشان می‌دهد. البته افزایش شاخص Mg/Ca می‌تواند با افزایش درجه حرارت محیط تحلیل شود. عنصر تیتانیم نیز روند افزایشی را دنبال می‌کند. همچنین کاهش شاخص K/Al با افزایش شاخص‌های Ti/Al و Ti/k در این سطح همراه است. سطح سوم ۱۲۵-۱۵۰ سانتی‌متر است. روند همه عناصر و شاخص‌ها تقریباً با روند قبل همخوانی دارد و تفاوت‌ها بسیار نامحسوس و کم است. این سطح، افزایش ناچیز عنصر سدیم و کاهش عنصر کلسیم را به همراه دارد. عنصر منیزیم، آلومینیوم و منگنز اندکی افزایش نشان می‌دهد. شاخص Mg/Ca اندکی افزایش اما شاخص Mn/Ca کاهش اندکی را نشان می‌دهد. شاخص Sr/Ca نیز فاقد تغییر محسوس است و عنصر تیتانیم هم کمی کاهش دارد. همچنین شاخص K/Al ثابت و کاهش شاخص‌های Ti/Al و Ti/k در این سطح مشخص است. سطح دوم در عمق ۸۰-۱۲۵ سانتی‌متر است. مقدار عنصر سدیم به مقدار ناچیز افزایش یافته، اما کلسیم کاهش داشته‌است. مقدار عنصر منیزیم، آلومینیوم و منگنز نیز افزایشی است و با شاخص Mg/Ca - که افزایش رطوبت را نشان می‌دهد - همخوانی دارد، اما شاخص Mn/Ca و Sr/Ca شرایط خشک و سرد را نشان می‌دهد. عنصر تیتانیم نسبت به قبل افزایش داشته‌است و فرسایش بیشتر محیطی را نشان می‌دهد. شاخص‌های K/Al و Ti/Al افزایش داشته‌است، اما شاخص K/Al کاهش نسبتاً زیادی را نشان می‌دهد. سطح اول در ۶۰-۸۰ سانتی‌متر است. مقدار عنصر سدیم کاهش یافته‌است، اما کلسیم روند افزایشی دارد. عنصر منیزیم و منگنز نیز کاهش ورودی آب یا رطوبت را نشان می‌دهد. شاخص Mg/Ca کاهش اما شاخص Mn/Ca افزایش قابل توجهی دارد و به نظر می‌رسد شرایط محیطی به شرایط گرم و با اندکی رطوبت بیشتر نزدیک است. عنصر تیتانیم و آلومینیوم نیز همچنان در حال افزایش کمی است و فرسایش محیطی را نشان می‌دهد. مجموع شاخص‌های Ti/Al و K/Al و Ti/k روند کاهشی را دنبال می‌کند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، میزان رسوب‌گذاری براساس نتایج سن‌سنجی کربن ۱۴ در پژوهش Vaezi و همکاران (2019) تعیین شد که نشان می‌دهد مغزه‌های رسوبی سنی حدود دوازده هزار تا ده هزار را شامل می‌شود. در این پژوهش انتهای گمانه‌ها دوره هولوسن پیشین (۸-۱۲ هزار سال پیش)، قسمت میانی آنها را هولوسن میانی (۴-۸ هزار سال پیش) و قسمت ابتدایی این دوره (۴-۰ هزار سال پیش) است. با توجه به بررسی مغزه‌های رسوبی در پلایای جازموریان، شاخص S/M نشان می‌دهد که در مغزه ۱، رسوبات از سطح تا اواسط مغزه گلی است و شرایط آرام‌تر محیطی را نشان می‌دهد، در میانه مغزه اندکی ماسه‌ای می‌شود و تا عمق ۱۸۰ سانتی‌متری روند مجدداً گلی دارد و بعد از آن، شرایط مرطوب‌تر می‌شود. در مغزه ۲ دامنه تغییرات کمتر است، اما تقریباً در میانه مغزه و عمق ۱۷۰ سانتی‌متر، روند ماسه‌ای است که حاکی از شرایط مرطوب محیطی می‌باشد و با مغزه ۱ تشابه دارد. باید بیان کرد که گمانه اول به این دلیل که در سیزده سطح بررسی می‌شود، نوسانات بیشتری نسبت به گمانه دوم - که شش سطح است - نشان می‌دهد. همچنین آنالیز عنصری ICP و شاخص‌های اقلیمی در مغزه‌های رسوبی به خوبی نوسانات رطوبت، خشکی و دمای محیط را در توالی‌های مختلف در منطقه جازموریان نشان می‌دهد و این نوسانات در این منطقه بسیار بالا می‌باشد. شرایط اقلیمی در این منطقه نیز نشان می‌دهد که در هولوسن پیشین، شرایط نسبتاً مرطوبی حاکم است و با گذر زمان، شرایط به سمت خشکی بیشتر پیش می‌رود. در رکوردهای میانی دو مغزه رسوبی در بازه زمانی هولوسن میانی، دوره گرم و مرطوبی مشخص شد که احتمالاً با دوره شکوفایی تمدن‌های بشری در دوره بهینه اقلیمی هماهنگ است که حدود ۵۵۰۰ سال پیش به پایان رسیده است. در هولوسن پسین (۴-۰ هزار سال پیش) نیز نوسانات آب و هوایی بیشتری در منطقه جازموریان وجود داشته است، اما اقلیم با افزایش خشکی محیط مواجه شده که در نهایت، به خشک شدن کامل دریاچه و ایجاد پلایا در شرایط فعلی منجر شده است. این داده‌ها با پژوهش Krinsly در سال ۱۹۷۲ - که بیان کرد در عصر گذشته در چاله جازموریان، دریاچه‌ای بزرگ با گستره و عمق متغیر وجود داشته است که نتایج این پژوهش مبنی بر نوسانات اقلیمی و افزایش و کاهش رطوبت را بیان می‌کند - هماهنگی دارد. همچنین Vaezi و همکاران در ۲۰۱۹ با استناد به واکاوی‌های گوناگون ژئوشیمی، به بررسی شواهد تنوع آب و هوایی در این منطقه پرداختند و نتایج آنها، وجود شرایط اقلیمی مرطوب‌تر را در گذشته در این منطقه تأیید کرد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

۶- سپاس‌گزاری

این مقاله از طرح پسادکتری به شماره ۹۹۰۲۹۶۶۸، با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) در دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران انجام شد؛ بدین وسیله، از حمایت این صندوق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abdi, L., & H. Rahimpour Bonab., (1389). Hydrogeochemical origin and evolution of shourabe in Miqan Arak playa. *Stratigraphic and Sedimentological Researches*. year 26. 38(1), 25-44.
2. Adabi, M. H., 2005. *Sedimentary Geochemistry*, Aryan earth Published, Tehran.
3. Azizi, Gh., 2013. *climate change*, Qoms publications.
4. Azizi, Gh., & M. Davodi., (2018). Iran's climatic changes in the Holocene period. *Jornal of Iran Quaternary*. 5(1), 1-25.

5. Carmen Castañeda, F.; Graciab, J.; Rodríguez-Ochoac, R.; Zarroca, M.; Roqué, C.; Linares, R.; & G. Desi, 2017. Origin and evolution of Sariñena Lake (central Ebro Basin) A piping-based model.
6. Chen, F.; Liu, J.; Xu, Q.; Li, Y.; Chen, J.; Wei, H.; et al, 2013. Environmental magnetic studies of sediment cores from Gonghai Lake: implications for monsoon evolution in North China during the late glacial and Holocene, *J. Paleolimnol*, 49, 447-464.
7. Di Giulio, A.; Ceriani, A.; Ghia, E.; & F. Zucca, 2003. Composition of modern stream sand derived from sedimentary source rocks in a temperate.
8. Faiz Nia, S., 1377. Carbonate Sedimentary Rocks, Astan Quds Razavi Publications, Imam Reza University, Mashhad, 1-112.
9. Folk, R. L., 1960. "Petrology and origin of the Tuscarora, Rose Hill, and Keefer Formations, Lower and Middle Silurian of Eastern West Virginia", *Journal of Sedimentary Petrology*, 30, 1-58.
10. Folk, R. L., 1980. "Petrology of Sedimentary Rocks", 3rd ed., Hemphill Publication Co, Austin, Texas, 182 p.
11. Govin, A.; Holzwarth, U.; Heslop, D.; Ford Keeling, L.; Zabel, M.; Mulitza, S.; Collins, J. A.; & C. M. Chiessi, 2012. Distribution of major elements in Atlantic surface sediments (36 N 49 S): Imprint of terrigenous input and continental weathering, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13(1).
12. Gupta, A.; Hock, L.; Xiaojing, H.; & C. Ping, 2002. Evaluation of part of the Mekong River using satellite imagery, *Geomorphology*, 44, 221-239.
13. Jamali, M., 2016. wind sediments deposited in Lake Hamon that indicate the frequency and intensity of dust storms in Sistan since the end of the last ice age, *Research Journal of Stratigraphy and Sedimentology*, 33(66), 1-24.
14. Kneller, M., 2009. Pollen Analysis. In: Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments. V. Gornitz, Ed., *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, Springer, 815-823.
15. Krinsky, 1970. Deserts of Iran and its geomorphological and paleoclimatological characteristics, translated by Abbas Pashaei, *Geographical Organization of the Armed Forces*, second edition, 2018.
16. Moosavian, S. M.; Karbassi, A. R.; Sabzalipour, S.; Amirnezhad, R.; & J. Daneshian, 2019. Determination of sedimentation rate of Hoor-Al-Azim wetland by carbon-14 method and analysis of its past climate using element geochemistry, *Environmental Earth Sciences*, 78, 658. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8666-5>.
17. Nekokho, M., 2004. Geochemistry and Sedimentary Environment of Permian Carbonate Deposits in Southeast of Shahreza, Master's Thesis in Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University.
18. Pour Maafi, M., 2000. Geochemistry, Aryan earth Published, Tehran, pp. 211-18.
19. Sabokhiz, F.; Saif, A.; Ramesht, M. H.; & M. Jamali, 2018. reconstruction of the climate changes of Maharlo Lake from the Holocene to the present era with an emphasis on tracking warm and cold periods, *Iran Quaternary Journal*, 5(2), 143-161.
20. Safayi Rad, R., 2017. the pattern of climatic and environmental changes of Zagros and Southeast Iran in the Holocene, PhD thesis, supervisor Dr. Ghasim Azizi, Department of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran.
21. Sai, K., 2004. Geochemistry of Lake Sediments as a Record of Environmental Change in a High Arctic Watershed, *Chemie der Erde*, 64, 257-275.
22. Shabani Eraqi, A., 2019. restoration of Iran's pluvial lakes territory during the Holocene and its potential in dust production, a case study (Jazmuriyan and Damghan playas), doctoral thesis under the guidance of Mojtabi Yamani and Razie Lak, Department of Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran.

23. Shabani Eraqi, A.; Yamani, M.; Goorabi, A.; & R. Lak, 2022. reconstruction of ancient lake sequences and extent in Jazmurian playa based on Quaternary lake outposts, *Environmental Erosion Research*, 11(2), 27-46.
24. Shahbazi, R., 2014. study of Quaternary period sedimentary changes in order to determine the natural pattern of desertification in Shadegan lagoon-playa, doctoral thesis under the guidance of Sadat Faiznia and Razieh Lak, Department of Natural Resources Engineering, Department of Desertification, University of Tehran.
25. Taqhavi, L.; Tayebi, S.; Tayebi, S.; & B. Karimian, 2013. Paleoclimate analysis of Gavkhoni Wetland using geochemistry of major and minor elements, Wetland Ecobiology Scientific Research Quarterly, Ahvaz Islamic Azad University.
26. Tayebi, S., 2018. using sedimentological indicators to describe the paleoclimatic conditions in the northern part of the Gavkhoni lagoon, master's thesis, climatology trend in environmental planning, Shahid Beheshti University.
27. Vaezia, A.; Ghazbana, F.; Tavakolib, V.; Routhc, J.; Naderi Benid, A. M.; Bianchie, T. S.; Curtise, J. H.; & H. Kyline, Late Pleistocene-Holocene multi-proxy record of climate variability in the Jazmurian playa, southeastern Iran.
28. Vendenberghe, J., 2003. Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas, *Quaternary Science Reviews*, 22, 2053-2060.
29. Weiss, H.; Courty, M-A.; Wetterstrom, W.; Guichard, F.; Senior, L.; Meadow, R.; & A. Curnow, 1993. The genesis and collapse of third millenium North Mesopotamian civilization, 261, 995-1004.

Investigating Sedimentary Changes and Paleoclimate based on Elemental Analysis and its Indicators in Jazmurian Playa

Arefe Shabani Eraghi :*Postdoctoral Researcher in Paleoclimatology, Faculty of Geography, University of Tehran*
Ghasem Azizi¹ :*Professor of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran*

Received: 2022/10/21

Accepted: 2023/07/29



Extended abstract

1- Introduction

Considering that there are no accessible works and evidence regarding the nature and extent of environmental changes caused by climate changes in the future, it is possible to reconstruct past climatic events through the archives of lake sediments left over from these climatic periods. Reconstruction of the past climate is a guide to understanding what can be expected in the future under similar conditions. According to the geographical location of Iran, climatic and environmental changes are a suitable platform for paleoclimatological research in order to reconstruct ancient environments and their shaping factors. Climatic conditions and their changes have played a significant role in the formation of the first human civilizations. The rise and fall of some ancient civilizations have been directly related to climatic changes. There is no comprehensive information about the conditions of Iran during the Holocene. Although the Middle East has always been an interesting place for researchers because it was the first place for agriculture and domestication of animals, compared to other places, this region has been less studied. However, the studies conducted on the climatic changes of the Iranian Plateau during the Holocene present evidence that shows that the climate of this land has changed intermittently, which has played an important role in the creation and destruction of ancient civilizations and their migrations.

2- Methodology

In order to reveal the changes in climatic conditions in the past and present, this research investigates the paleoclimate in this region through the evaluation of laboratory analyses (i.e., granulometry, elemental analysis and its indices) on sedimentary data and the interpretation of paleoclimate conditions. The method of this research is a field, laboratory and analytical method conducted based on collecting data from the surface of the earth, performing the analysis, analyzing them and examining the influencing factors by integrating the results. The research data consists of library data and written sources, image data, sediment data collected during the field visit of the region and laboratory analyses.

3- Results

According to the study of sedimentary cores in Jazmurian playa which were taken from the northern margin, the sedimentary type of the samples of the first core is generally closer to the mountains than the sandstone type, and in some samples, it is sandstone with a little Gravel is formed, and the samples of the second borehole, which is closer to the center of the playa, are generally composed of sandy silt. The process of sandification in these sediments is the same from the surface to the depth, and in the middle facies of the sedimentary core, it shows a periodic increase and again follows a decreasing trend, which indicates a wetter period compared to the previous period. It is self-dimensional and this facet is clear in both cores. Of course, it should be mentioned that the first core, because 13 facies are investigated, shows more fluctuations than the

¹ Responsible author: ghazizi@ut.ac.ir

second core, which has 6 layers at a depth of 200 cm. Fluctuations in facies have become less apparent. The S/M index shows that in core number 1, the sediments from the middle surface of the core are muddy and it shows calmer environmental conditions, it becomes a little sandy in the middle, and then up to a depth of 180 cm, the trend is muddy again, and after that, the conditions are more humid and the S/M index is sandy. In core number 2, the range of changes is less, but almost in the middle of the core and at a depth of 170 cm, sands flow, which indicates a humid environment, similar to core number 1. The elemental analysis of ICP and climatic indicators in sedimentary cores determine the fluctuations of humidity, dryness and ambient temperature in different sequences in the Jazmurian region. For example, the high level of Mn indicates a reductive environment, while the calcium element, like sodium, indicates the dryness of the environment. Also, the two elements of manganese and magnesium indicate regeneration conditions, more precipitation, more water entering and less evaporation. The increase in Al values in the sediments indicates an increase as a result of more debris entering the environment.

4- Discussion & Conclusions

The results show that these elements and indicators well determine the paleoclimate fluctuations in the Jazmurian sedimentary environment in the sedimentary cores collected from the region during the Holocene period and in general, the range of climatic fluctuations in Jazmurian is very high. Also, the grain size and sediment indicators have been very useful in the interpretation of the sedimentary environment in the Jazmurian region and they have clarified the ancient climatic conditions in this sedimentary environment.

Key Words: Playa, Climatic changes, Jazmurian, Sedimentology, Geochemistry