بررسی اقلیم دیرینه در رسوبات دریاچه‌ای بر اساس مطالعات بقایای بیولوژیکی در طول هولوسن پسین (زاگرس چین‌خورده)

حمیده نوروزپور[1*] و جواد درویشی‌خاتونی[2]

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۲- دکترا ژئومورفولوژی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

نویسنده مسئول: hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۴/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

منطقه مورد مطالعه در شمال‌خاوری استان خوزستان و در دامنهٔ ارتفاعات زاگرس چین‌خورده و در تقسیم‌بندی ژئومورفولوژیکی در زیرواحد ایذه واقع شده است. موضوع پژوهش حاضر بررسی تاریخچهٔ رسوب‌گذاری، تغییرات اقلیم دیرینه و شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب در بازه زمانی هولوسن پسین است. در این پژوهش یک مغزهٔ رسوبی دست‌نخورده با ژرفای ۷۲۰ سانتی‌متر از رسوبات زیر بستر دریاچه چگارمان با استفاده از مغزه‌گیر دستی برداشت و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. باتوجه به مطالعات رسوب‌شناسی، بررسی فراوانی و نوع بقایای بیولوژیکی، شناسایی تحولات اقلیمی و محیطی در منطقه صورت گرفت. نرخ رسوب‌گذاری در این دریاچه براساس مطالعات درویشی و همکاران (۱۳۹۸) در تالاب آبزالو با فاصله حدود ۱۰ کیلومتر از دریاچه چگارمان، حدود ۱/۴ میلی‌متر در سال گزارش شده است. با وجود این، میزان رسوب‌گذاری برای ژرفاها و زمان‌های مختلف متفاوت است، لذا سن‌های ارائه شده در این مقاله بصورت تقریبی است. در توالی رسوبی بررسی شده، دست‌کم دو دورهٔ مرطوب تا نسبتا مرطوب، از حدود ۴ هزار تا ۳۱۰۰ سال پیش و ۱۲۵۰ تا ۲۰۰ سال پیش و دو دوره خشک از حدود ۴۵۰۰ تا ۴۳۰۰ سال پیش (گرم و خشک) و از حدود ۳۱۰۰ تا ۱۲۵۰ سال پیش (سرد و خشک) در طول هولوسن پسین شناسایی شده است. شدیدترین دوره خشک از حدود ۴۵۰۰ تا ۴۳۰۰ سال پیش در ابتدای هولوسن پسین رخ داده است. با توجه به تغییر نوع رخساره‌های رسوبی، دوره خشک یک‌باره در منطقه ظاهر شده و به صورت تدریجی به پایان رسیده و دوره‌های مرطوب به‌تدریج شروع شده و ناگهان پایان پذیرفته‌اند. دوره خشک نسبت به دوره‌های مرطوب با شدت بیشتر و مدت زمان کوتاه‌تر در منطقه ظاهر شده‌اند.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، زیرپهنه ایذه، مغزهٔ رسوبی، رسوب‌شناسی، کواترنری پایانی

۱- پیشگفتار

درک تغییرات آب و هوایی در طول دوره کواترنری، نه تنها برای درک اهمیت ویژگی‌های محیط طبیعی، بلکه برای درک بهتر آب‌وهوای کنونی ما ضروری است. در این میان حوضه‌های بسته به دلیل حساسیت بسیار زیاد نسبت به بالانس تبخیر و بارش، مناسب‌ترین سیستم جهت بررسی‌های آب و هوای دیرینه می‌باشند. حوضه‌های دریاچه‌ای به عنوان یک حوضه بسته الگوهای شاخصی از نظر مکانی و زمانی دارند (گیرلوسکی-کوردش و کلتس،۲۰۰۰) و نگاشت‌های ارزشمندی از تاریخچه فیزیکی و شیمیائی را ارائه می‌دهند (لوونستین و همکاران، ۱۹۹۹؛ انزل و همکاران، ۲۰۰۳). نهشته‌های دریاچه‌ای به دلیل ثبت دوره‌های اقلیمی مختلف با حساسیت و وضوح بالا بایگانی‌های ارزشمندی از شرایط محیطی دیرینه ارائه می‌دهد (آن و همکاران، ۲۰۱۲؛ پیک و کیم، ۲۰۰۶). بررسی رسوبات دریاچه‌ای اطلاعات با ارزشی درخصوص ماهیت، شدت و فراوانی عوامل ایجاد بلایای طبیعی در طول دوره‌های گذشته در اختیار قرار می‌دهد (پاریس و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش درباره تالاب‌ها و دریاچه‌ها با نگاه تغییرات اقلیمی، منابع اقتصادی و معدنی و بررسی محیط‌های رسوبی دیرینه، در دهه‌های اخیر به طور جدی مورد توجه قرار گرفته است (سولوتچینا و همکاران، ۲۰۱۴؛ روپ و همکاران، ۲۰۱۴). بررسی تغییرات اقلیمی در طول هولوسن براساس رسوب‌شناسی رسوبات دریاچه‌ای (کلتس، ۱۹۷۸)، طبقه‌بندی رسوبات دریاچه‌ای با استفاده از تحلیل‌های آماری (سای، ۲۰۰۴)، بازسازی شرایط

اقلیمی براساس وجود رسوبات گردوغباری موجود در مغزه‌ها (مارکس، ۲۰۰۵) از جمله مطالعات متعددی است که در این حوزه انجام شده است. در کشور ایران مطالعات انجام شده برروی رسوبات عهدحاضر غالبا در محیط‌های دریایی، دریاچه‌ای، پلایایی و بیابانی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش جمالی (۲۰۰۸) در زمینه تعیین شرایط اقلیم دیرینه دریاچه ارومیه با استفاده از بررسی پولن‌ها و پلت‌های دفعی آرتمیا مطالعاتی انجام داده است. وجود یک دوره خشک عمده در دریاچهٔ ارومیه در حدود ۱۳۰۰۰ سال پیش، با رسوبات قرمزرنگ در مغزه‌های برداشت شده گزارش شده است (درویشی خاتونی، ۱۳۹۰). شریفی و همکاران (۲۰۱۸) مطالعاتی بروی شواهد تغییر منشا غبارهای کمربند آفریقا-آسیا با استفاده از مغزه‌های برداشت شده از دریاچه نئور در شمال‌باختری ایران داشته‌اند. واعظی و همکاران (۲۰۱۹) مطالعاتی در پلایای جازموریان با استفاده از مغزه‌های رسوبی انجام داده‌اند که در این مطالعات با استفاده از رسوب‌شناسی و ژئوشیمی غیرآلی- آلی اقدام به بازسازی شرایط اقلیمی و محیطی در ۲۰ هزار سال گذشته کردند. در پلایای جازموریان در طول حدود ۲۰ هزار سال گذشته غالبا شرایط پلایایی برقرار بوده است. با توجه تغییرات رخساره‌های رسوبی در طول مغزه‌های رسوبی برداشت شده، دوره‌های خشک ۸/۲ و ۴/۲ هزار سال پیش غالبا با گسترش ماسه‌های بادی در بستر پلایا و دوره‌های مرطوب با گسترش رخساره‌های آبرفتی گاها تا مرکز پلایا مشاهده می‌شود (بیات و همکاران، ۱۴۰۱). در پلایای گاوخونی دست کم چهار دوره خشک در حدود ۱۱۶۰۰، ۸۲۰۰، ۴۲۰۰ و ۱۰۰۰ سال پیش در رسوبات بستر پلایا ثبت شده است و شرایط رطوبتی در پلیستوسن نسبت به هولوسن مساعدتر است (جلیلیان و همکاران، ۲۰۲۱).

در محدوده زاگرس نیز می‌توان به مطالعه جامع تحولات محیط‌های رسوبی در طول کواترنری پایانی در جنوب دشت خوزستان با استفاده از مغزه‌های رسوبی توسط بوگمانز و همکاران (۲۰۱۶، ۲۰۱۷) اشاره کرد. مطالعه انجام شده توسط لک (۱۳۸۶) بر روی رسوبات دریاچه مهارلو نشان‌دهنده وجود دو فاز خشکی در طی هولوسن پسین است. مطالعه مغزه‌های رسوبی براساس نتایج ژئوشیمیایی بریست و همکاران (۲۰۱۸) بر روی دریاچه مهارلو نشان داد که در ۳۸۰۰ تا ۲۰۰۰ سال قبل مقدار بار رسوبی حمل‌شده به دریاچه افزایش داشته و در۳۷۰۰-۳۶۵۰، ۳۵۰۰-۳۴۵۰، ۳۴۰۰-۳۲۵۰ سال قبل به بیش‌ترین مقدار خود رسیده است. نتایج آنالیز کانی رسی انجام شده بر روی مغزه‌های رسوبی دریاچه بختگان نشان‌دهنده وجود دو دوره آب و هوای گرم و معتدل، دو دوره آب‌وهوای سرد و معتدل یا خشک، دو دوره آب‌وهوای سرد و معتدل و پنج دوره آب‌وهوای گرم و خشک در طول هولوسن پایانی بوده است (لشکری و همکاران، ۱۳۸۹). صفایی‌راد و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از شواهد گرده‌شناسی به بازسازی شرایط اقلیمی منطقه زاگرس مرکزی پرداخته و شرایط آب‌وهوایی پلستوسن پایانی را سرد و خشک و اقلیم دوره هولوسن را گرم و مرطوب معرفی نمود. در زاگرس شمال باختری نیز نتایج مطالعات دریاچه آلمالو نشان‌دهنده افزایش سطح کشت درختان دست کاشت به ویژه گردو بوده که نشان‌دهنده وجود شرایط اقلیمی مناسب جهت افزایش فعالیت‌های کشاورزی و باغداری در حدود ۴ هزار سال پیش بوده است (جمالی و همکاران، ۲۰۱۵). این شرایط اقلیمی مساعد در تشکیل حکومت‌های هخامنشی و شکوفایی این تمدن موثر بوده است. در این دوره بیش‌ترین پهنه تحت پوشش جنگلی دست کاشت در ایران وجود داشته است (رستمی و همکاران، ۱۴۰۰). در دریاچهٔ زریبار تغییر در ارگانیسم‌ها بیانگر افزایش دما در بازه‌های زمانی ۲۱۰۰۰، بین ۱۲۶۰۰ تا ۱۵۴۰۰، حدود ۱۲۰۰۰، و حدود ۱۱۷۰۰ سال پیش است. همچنین، مجموعه دیاتوم‌های موجود بیانگر افزایش شوری آب دریاچه در بازه‌های ۱۷۷۰۰-۱۵۷۰۰، ۱۲۶۰۰-۱۲۰۰۰، ۶۴۰۰-۵۹۰۰ و ۲۵۰۰ سال پیش است. کاهش سطح آب دریاچه در دو دورهٔ ۷۸۰۰-۷۵۰۰ و ۴۵۰۰-۳۸۰۰ سال پیش و با شواهد جزئی‌تر در بعضی زمان‌ها تاکنون گزارش شده است (واسیلیکوا و همکاران ۲۰۰۶).

با توجه به اینکه مطالعات دقیق همراه با سن‌سنجی‌های کافی در زمینه رخدادهای اقلیمی هولوسن در ایران بسیار اندک می‌باشد. لذا انجام مطالعات اقلیم دیرینه و تعیین تاریخچه تحولات آن در این منطقه می‌تواند به درک بهتر عوامل موثر بر روند تغییرات محیطی و سطح تراز دریاچه کمک نماید، تا با استفاده از روندیابی این تغییرات بتوان نسبت به تحلیل شرایط کنونی و تحولات آینده آن اقدام کرد و آن را به عنوان شاخص و الگویی برای بسط این مطالعات در سایر مناطق کشور ارائه داد. از سوی دیگر در

ایـن دریاچـه تاکـنون پژوهـش‌هـای پایه در زمیـنه رسوب‌شناسی و محیط‌های رسوبی زمان گذشته با استفاده از بررسی مغزه‌های رسوبی انجام نشده است. لذا در این پژوهش سعی شده است با انجام مطالعات رسوب‌شناسی، بررسی فراوانی و نوع پوسته‌های صدف موجود در توالی رسوبات به شناسایی محیط‌های رسوبی، تغییرات این محیط‌ها و بازسازی شرایط اقلیمی زاگرس چین‌خورده (زیرزون ایذه) پرداخته شود.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

دریاچه چگارمان در جنوب شهر قلعه‌خواجه، مرکز شهرستان اندیکا، در شمال‌خاوری استان خوزستان، در دامنهٔ ارتفاعات زاگرس چین‌خورده، زیر واحد ایذه، در تقسیم‌بندی ژئومورفولوژیکی واقع شده است. این دریاچه به دلیل وجود سازندهای تبخیری و کربناتهٔ میوسن (گچساران و میشان) در یک فروچاله تشکیل شده است (دایر و همکاران، ۱۳۹۷). در جدول ۱ خصوصیات مورفومتری دریاچه چگارمان آمده است. وجود لایهٔ تورب در بخش‌های عمیق و همچنین هاموک‌ها در سطح دریاچه نشان‌دهندهٔ الگویافتگی تورب‌زار یکپارچه‌ای است که در اثر عوامل محیطی، به‌ویژه فرسایش ناشی از حرکت آب‌های سطحی، تکوین یافته است.

جدول ۱. خصوصیات ریخت‌شناسی دریاچه چگارمان

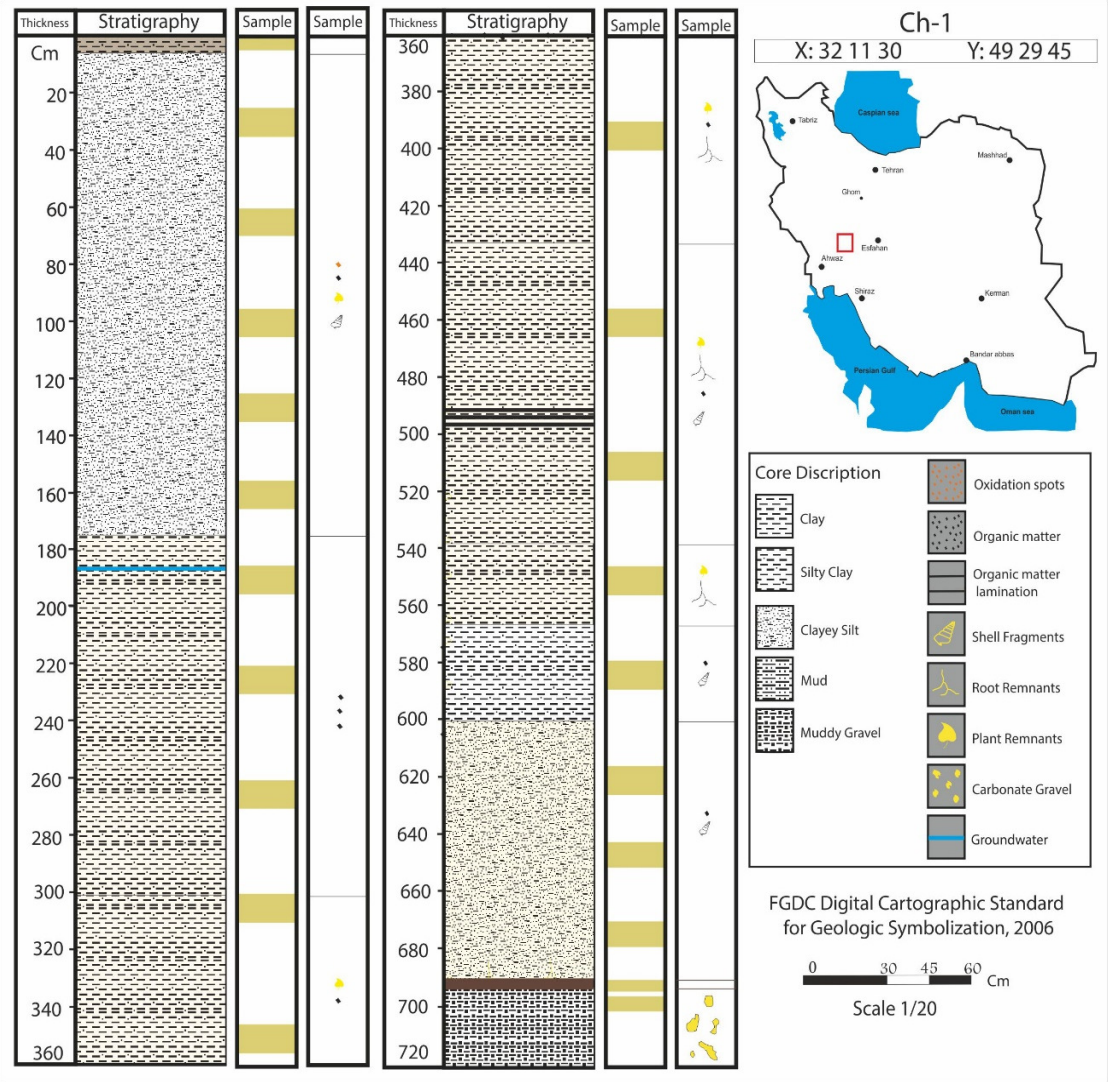
Table 1. Morphometric characteristics of Lake Chegarman

طول جغرافیایی	۳۰-۱۱-۳۲ شمالی	طول دریاچه (متر)	کمینه	۴۰۰
عرض جغرافیایی	۴۵-۲۹-۴۹ خاوری		متوسط	۳۵۰
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۷۳۰		بیشینه	۳۰۰
مساحت حوضهٔ آبخیز (مترمربع)	۳۵۰۰۰	عرض دریاچه (متر)	کمینه	۴۰۰
مساحت دشت حاشیه‌ای (مترمربع)	۱۰۰۰۰		متوسط	۳۵۰
اختلاف ارتفاع با زمین‌های اطراف (متر)	۵۰		بیشینه	۳۰۰
فاصله از شهر قلعه‌خواجه (متر)	۵۰۰۰	ژرفا دریاچه (متر)	کمینه	۲
فاصله از دشت خوزستان (کیلومتر)	۶۰		متوسط	۱۰
سازندهای دربرگیرنده	میشان و گچساران		بیشینه	۱۶
منبع تغذیه	بارش‌های فصلی و چشمه‌ها	مساحت (مترمربع)	کمینه	۴۵۰۰۰
تهدیدات	شکار- انتقال آب- ورود فاضلاب		متوسط	۶۰۰۰۰
ژنر	کارستی		بیشینه	۷۵۰۰۰

۳- مواد و روش کار

این پژوهش با جمع‌آوری اطلاعات، آمار منتشر شده، داده‌های اقلیمی، بررسی‌های دورسنجی، عملیات صحرایی و مغزه‌گیری، عملیات آزمایشگاهی، پردازش داده‌های صحرایی، آزمایشگاهی و سپس تفسیر و نتیجه‌گیری انجام گرفت. مغزه ch-1 در بخش خاوری دریاچه چگارمان به ژرفای ۷۲۰ سانتی‌متری به کمک مغزه‌گیر دستی از نوع Handy auger برداشت شد و رخساره‌های رسوبی در توالی برداشت شده براساس شواهد ماکروسکوپی مانند نوع سطوح لایه‌بندی، فرم هندسی رسوبات، ساخت‌های رسوبی، آثار و محتویات فسیلی، بقایای گیاهی، رنگ و تغییرات آن و نیز شرایط محیط رسوب‌گذاری مورد بررسی قرار گرفت. توصیف مغزه و رخساره‌های رسوبی با دقت انجام گردید و سپس نمونه‌برداری از داخل مغزه‌گیر براساس تغییرات رخساره‌های رسوبی و تکرار چند نمونه در رخساره‌های یکسان انجام گرفت. برای انجام آنالیز دانه‌بندی و مطالعات مورفوسکوپی برای تعداد ۲۱ نمونه صورت گرفت (شکل ۱). مقداری از نمونه‌ها جهت آنالیز دانه‌بندی به روش مرطوب در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور استفاده شدند و باقیمانده جهت بایگانی بسته‌بندی شدند. الک شیکر مرطوب مورد استفاده مدل Analysette 3 ساخت شرکت Fritsch آلمان بوده که در مدت متوسط ۳۰ دقیقه اندازه‌های مختلف ذرات از هم جدا شدند. این نمونه‌ها، پس از خشک‌شدن، وزن شدند و درصد ذرات تشکیل‌دهندهٔ رسوبات مشخص شد. مطالعه مورفومتری و مورفوسکوپی بعد از انجام دانه‌بندی برروی تعداد ۲۰ نمونه رسوبی انجام گرفت. این مطالعات به بررسی فرم، شکل و اندازه پوسته‌های صدفی و میکروارگانیسم‌های جانوری موجود در بخش‌های مختلف مغزه رسوبی پرداخته است.

مطالعات مورفومتری و مورفوسکوپی ذرات درشت تر از ۶۳ میکرون توسط بینوکولار مدل Nikon و میکروسکوپ الکترونی SEM مدل ∑IGMA-VP Ziess در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی- مرکز پژوهش‌های کاربردی البرز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مشاهدات میدانی و آزمایشگاهی منجر به تفکیک واحدهای رسوبی و ترسیم ستون چینه‌شناسی مغزه رسوبی شد (شکل ۱).



شکل ۱. ستون چینه‌ای مغزه برداشت شده از دریاچه چگارمان

Fig. 1. Stratigraphic column of Lake Chegarman cores

۴- نتایج

۴-۱- میزان رسوب‌گذاری در دریاچه‌های پهنه ایذه

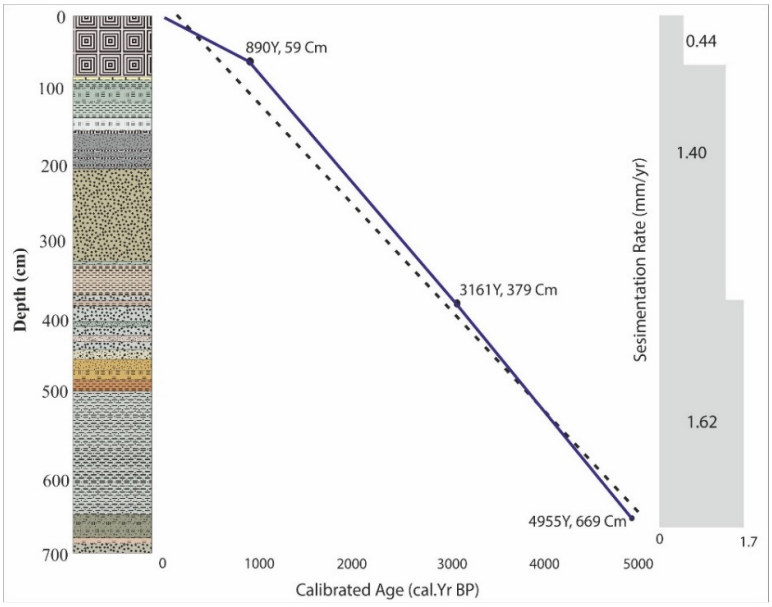
نرخ رسوب‌گذاری براساس جایگاه زمین‌شناسی، تکتونیک، نرخ فرسایش سازندهای دربرگیرنده و اقلیم منطقه متغییر است. نرخ رسوب‌گذاری در پهنه ایذه در زاگرس چین‌خورده قبلا در تالاب آبزالو با فاصله حدود ده کیلومتر از دریاچه چگارمان به میزان متوسط حدود ۱/۴ میلی‌متر در سال توسط درویشی خاتونی و همکاران (۱۳۹۸) ارائه شده است (جدول ۲). با توجه به نتایج سن‌سنجی مربوط به سه نمونه برداشت شده از توده رسوبات در تالاب آبزالو، حداکثر سن کف مغزه با ژرفای ۷۲۰ سانتی‌متر بطور میانگین برابر با ۵ هزار سال است (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۸)، لذا انتظار می‌رود بازه مطالعات انجام شده در این پژوهش در هولوسن پسین (۵ هزار سال گذشته) محدود شود (شکل ۲). این میزان از نرخ رسوب‌گذاری، با نرخ رسوب‌گذاری در تالاب زریبار

(استیونس و همکاران ۲۰۰۱؛ واسیلیکوا و همکاران ۲۰۰۶) با میزان ۱/۵ میلی‌متر تا ۱/۷ میلی‌متر در سال، کلاردشت (رمضانی، ۱۳۹۲) با میزان ۱/۳ میلی‌متر در سال و تالاب شادگان (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۴) با میزان متوسط ۱ میلی‌متر در سال قابل مقایسه است. میزان رسوب‌گذاری در ایران مرکزی و خاور ایران در مقایسه با زون ساختاری زاگرس کمتر است. از جمله مطالعات انجام شده در این پهنه‌ها می‌توان به نتایج سن‌سنجی واعظی و همکاران (۲۰۱۹) با نرخ متوسط رسوب‌گذاری در پلایای جازموریان حدود ۰/۴ میلی‌متر در سال ارائه شده اشاره نمود. سایر پژوهش‌ها نظیر پلایای میقان (یوسفی‌راد و همکاران، ۱۳۸۹) با نرخ ۰/۲۵ میلی‌متر در سال، پلایای گاوخونی با نرخ ۰/۴ میلی‌متر در سال (جلیلیان و همکاران، ۲۰۲۱)، تالاب هامون (حمزه، ۱۳۹۵) با نرخ متوسط ۰/۴ میلی‌متر در سال و دریاچه ارومیه (کلتس و شهرابی، ۱۹۸۶) با نرخ ۰/۱۷۵ تا ۰/۳ میلی‌متر در سال می‌باشند. لازم به ذکر است کلیه سن‌های ارائه شده در این مقاله بصورت میانگین نرخ رسوب‌گذاری و با احتمال همراه است.

جدول ۲. داده‌های سن رادیوکربن و سن کالیبره شده در تالاب آبزالو (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۸)، با فاصله حدود ده کیلومتر از دریاچه چگارمان

Table 2. Radiocarbon age data and calibrated age in the Abzaloo Wetland (Darvishi Khatouni et al., 2019), about 10 kilometers away from Lake Chegarman

میزان رسوب‌گذاری (میلی‌متر در سال)	مواد آنالیزشده	سن کالیبره (سال قبل از حال) سن بیشینه	سن میانگین	سن کمینه	سن کربن ۱۴ (سال قبل از حال)	کد آزمایشگاه	ژرفای نمونه	مغزه
۰/۶۶	اجزای صدف	۱۰۱۳	۸۹۰	۷۶۷	۹۹۹±۶۴	۱۰۱۱۶۰/۱/۱	۵۸-۶۰	
۱/۴۰	اجزای صدف	۳۳۶۱	۳۱۶۱	۲۹۶۲	۲۹۸۶±۷۳	۹۵۹۱۱/۱/۱	۳۷۸-۳۸۰	Az-5
۱/۶۲	اجزای صدف	۵۰۸۰	۴۹۵۵	۴۸۳۱	۴۳۶۵±۷۱	۱۰۱۱۳۸/۱/۱	۶۶۸-۶۷۰	



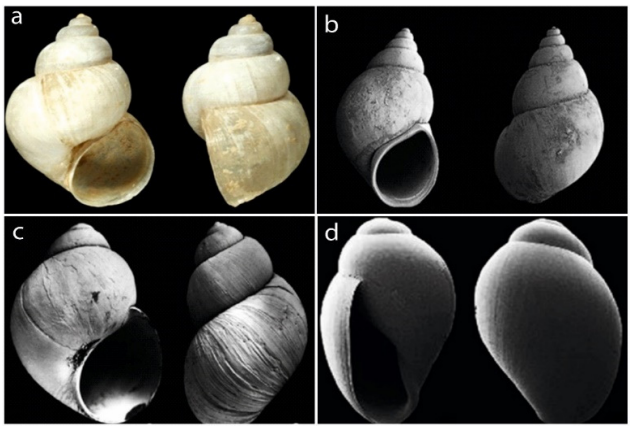
شکل ۲. مدل سن- ژرفا و نرخ رسوب‌گذاری برای رسوبات بستر دریاچه آبزالو (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۸)، با فاصله حدود ده کیلومتر از دریاچه چگارمان.

Fig. 2. Age-depth model and sedimentation rate for the sediments of Lake Abzaloo (Darvishi Khatouni et al., 2019), about 10 kilometers away from Lake Chegarman.

۴-۲- بقایای گیاهی و جانوری

تغییر شرایط محیطی مانند دما، شدت نور، انرژی هیدرولیکی، آشفتگی، شرایط بستر زیست، توزیع مواد غذایی، رسوب‌گذاری با تغییر در تنوع، توزیع و فراوانی موجودات کف‌زی، نحوهٔ فعالیت آن‌ها و در نتیجه تغییر در ساختارهای زیستی همراه است (سبک‌خیز، ۱۳۹۴). بر این اساس، مطالعهٔ همزمان رسوب‌شناسی، محتوای فسیلی، ساخت و بافت‌هایی که در بستر زیست توسط بعضی از موجودات کف‌زی ایجاد می‌شود، باعث شناخت دقیق‌تر شرایط محیطی می‌شود.

بخشی از جمعیت گیاهی موجود در مغزه رسوبی مورد مطالعـه، جلبـک‌هـای سـبز یـا کاروفیت‌ها هستند. کاروفیت‌ها در محیط‌های کم‌ژرفا (۰/۱ تا ۱۰ متر)، معتدل تا گرم (۱۲ تا حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و لب‌شور با تحمل شوری کمتر از پنج درصد می‌تواننـد به خوبی رشد نمایند (خسروتهرانی، ۱۳۷۷). دما به طور قابل‌توجهی هم در جوانه‌زنی و هم توسعه تاثیر می‌گذارد (سبک‌خیز، ۱۳۹۴). کاروفیت‌های موجود در مغزه‌ی رسوبی، از جنس کاراسهآ (*Cara sp.*)، در ژرفاهای ۱۱۰-۱۰۰ سانتی‌متری (حدود ۱۵۰۰ سال پیش) و ۵۵۰-۵۴۰ سانتی‌متری (۴ هزار سال پیش) مشاهده می‌شود. کاروفیت‌های قابل مشاهده در ژرفا ۱۱۰-۱۰۰ سانتی‌متری کوچک‌تر از کارفیت‌های ژرفای ۵۵۰-۵۴۰ سانتی‌متری است (شکل 4g و جدول ۳). به بیان دیگر در حدود ۱/۵ و ۴ هزار سال پیش شرایط لب‌شور تالابی با ژرفای کم با دمایی معتدل تا گرم در منطقه حاکم بوده است. بخشی از فونای جانوری قابل مشاهده در مغزه رسوبی ch-1، استراکدها هستند. استراکدهای تیپیک زاگرس لیمنوسیکترینا، سیکلوسیپریس و کانادا راوسونی هستند (سبک‌خیز، ۱۳۹۴). در دریاچه چگارمان از سطح تا ژرفای استراکدها بطور پیوسته قابل مشاهده هستند. این استراکدها در محیط‌های لب‌شور با دمای سرد و کم‌ژرفا سازگار هستند (دلورمه، ۲۰۱۱) و غالبا در مغزه مورد مطالعه به رنگ دودی، شیری و سطح شفاف تا سطح زبر مشاهده می‌شود (شکل‌های ۳، ۴ و جدول ۳). از دیگر فونای جانوری موجود در مغزه رسوبی برداشت شده، دوکفه‌ای‌ها هستند. دوکفه‌ای‌های موجود در دریاچه چگارمان غالبا از خانواده میتیلدا هستند و در ژرفاهـای ۷۰-۶۰ سانتـی‌متری و ۶۸۰-۶۷۰ سانتی‌متری قابل مشاهده است. خانواده میتیلدا، در سرتاسر دنیا دارای گونه‌های فراوانی است (بوچت و همکاران، ۲۰۱۷) که اغلب در دریاهای معتدل تا سرد، در محدوده‌ی جزرومدی و زیر جزرومدی و کم‌ژرفا شکل می‌گیرند (شکل‌های ۳، ۴ و جدول ۳).



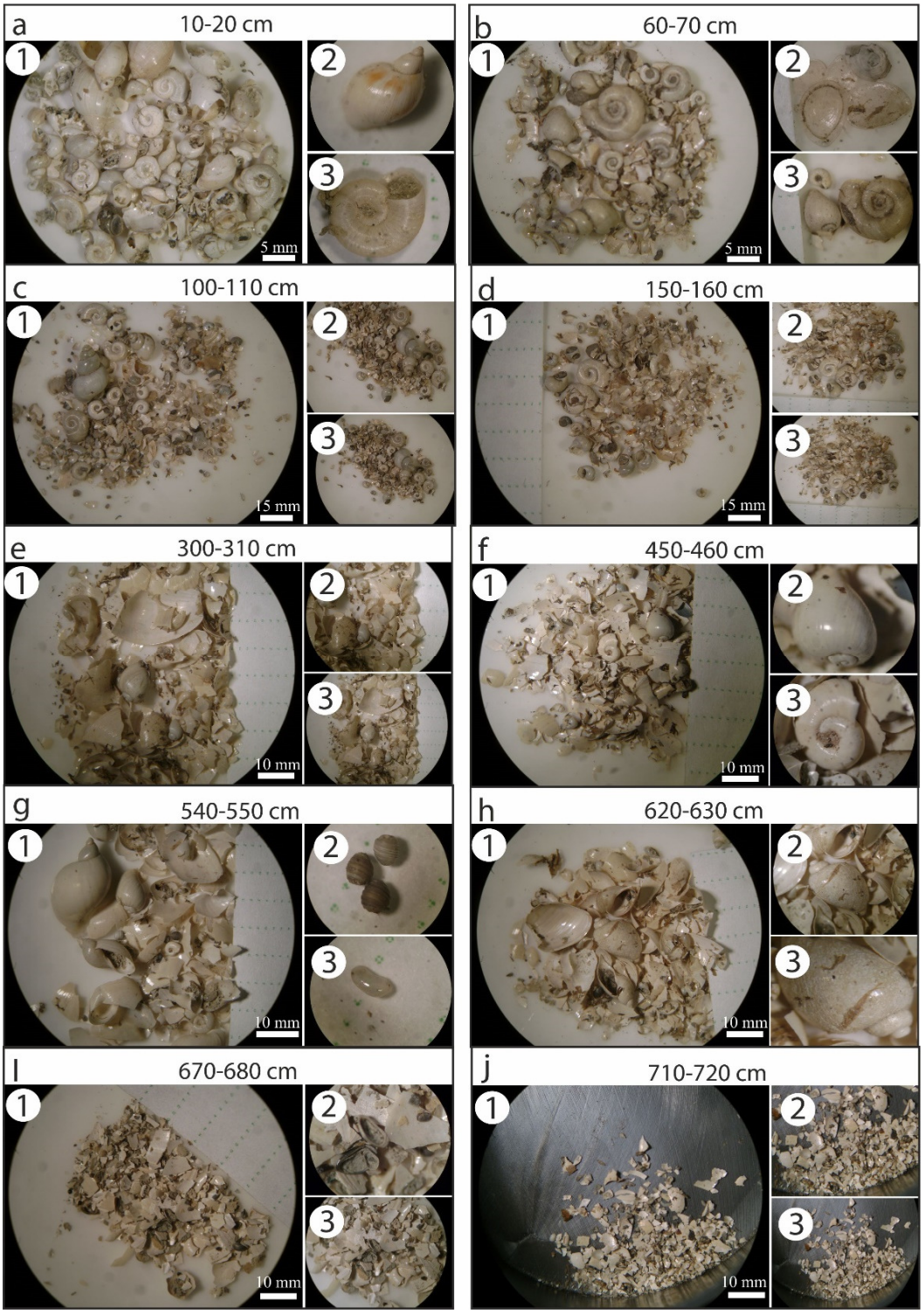
شکل ۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی از گاستروپودها، a) آکروبیاترانکاتا، b) بتینیاتنتاکیلاتا، c) ویویپاروس، d) - فیزافونتینالیس

Fig. 3. Electron microscope image of gastropods, a-Ecrobia Truncata, b- Bithynia tentaculata, c-Viviparus, d-Physafontinalis

جدول ۳. بقایای زیستی موجود در ژرفاهای مختلف توالی رسوبات دریاچه چگارمان

Table 3. Biological remains at different depths of the sedimentary sequence of Lake Chegarman

مغزه	ژرفا (سانتی‌متر)	بقایای زیستی موجود
Ch-1	۲۰-۱۰	دوکفه‌ای- بتینیاتنتاکیلاتا- فیزافونتینالیس
	۷۰-۶۰	دوکفه‌ای- اکروبیا ونتوروزا- هیدروبیااکیوتا- بتینیاتنتاکیلاتا- فیزافونتینالیس
	۱۱۰-۱۰۰	دوکفه‌ای- کاروفیت- استراکد- اکروبیا ونتوروزا- آکروبیاترانکاتا- پسودومینوکلا- ویویپاروس
	۱۶۰-۱۵۰	دوکفه‌ای- کاروفیت- استراکد- آکروبیاترانکاتا- بتینیاتنتاکیلاتا- پسودومینوکلا- ویویپاروس
	۳۱۰-۳۰۰	ویویپاروس- فیزافونتینالیس
	۴۶۰-۴۵۰	استراکد- فیزافونتینالیس
	۵۵۰-۵۴۰	کاروفیت- استراکد- فیزافونتینالیس
	۶۳۰-۶۲۰	استراکد- فیزافونتینالیس
	۶۸۰-۶۷۰	دوکفه‌ای
	۷۲۰-۷۱۰	مجموعه‌ای از صدف‌های مختلف خردشده



شکل ۴. تصویر میکروسکوپی از بقایای صدفی در مغزه رسوبی برداشت شده از بستر دریاچـه چـگارمان، a) بقایای صدفی ژرفای ۲۰-۱۰ سانتـی‌متری، b) بقایای صدفی ژرفای ۷۰-۶۰ سانتی‌متری، c) بقایای صدفی ژرفای ۱۱۰-۱۰۰ سانتی‌متری، d) بقایای صدفی ژرفای ۱۶۰-۱۵۰ سانتی‌متری، e) بقایای صدفی ژرفای ۳۱۰-۳۰۰ سانتی‌متری، f) بقایای صدفی ژرفای ۴۶۰-۴۵۰ سانتی‌متری، g) بقایای صدفی ژرفای ۵۵۰-۵۴۰ سانتی‌متری، h) بقایای صدفی ژرفای ۶۳۰-۶۲۰ سانتی‌متری، i) بقایای صدفی ژرفای ۶۸۰-۶۷۰ سانتی‌متری

Fig. 4. Microscopic image of shell remains in sediment core of the bed of Lake Chegarman, a) Shell remains 10-20 cm, b) Shell remains 60-70 cm, c) Shell remains 100-110 cm, d) Shell remains 150-160 cm, e) Shell remains 300-310 cm, f) Shell remains 450-460 cm, g) Shell remains 540-550 cm, h) Shell remains 620-630 cm, i) Shell remains 670-680 cm.

گاستروپودها به عنوان متنوع‌ترین و گسترده‌ترین رده نرم‌تنان، تقریبا در تمام توالی رسوبات بستر دریاچه چگارمان حضور دارند. ولی اندازه‌ی آن‌ها بین ۵۰۰ میکرون تا ۱ سانتی‌متر متغیر است. از گونه‌های مختلف موجود در توالی رسوبات بستر دریاچه چگارمان می‌توان به گونه‌های هیدروبیا ونتوروزا (*Hydrobidia Ventorosa*)، بتینیاتنتاکیلاتا (*Bithynia tentaculata*)، هیدروبیااکیوتا (*Hydrobia Acuta*)، آکروبیاترانکاتا (*Ecrobia Truncata*)، ویویپاروس (*Viviparus*)، فیزافونتینالیس (*Physa fontinalis*) و پسودومینوکلاساب پیسینالیس (*Pseudamnicola Subpiscinalis*) اشاره کرد. ویویپاروس از گاستروپودهای در آب‌های لب‌شور و مربوط به اواخر هولوسن هست (سبک‌خیز، ۱۳۹۴). وجود گونه‌های مختلف گاستروپود متعلق به آب‌های شیرین و لب‌شور در بسیاری از نمونه‌های رسوبی نشان‌دهنده‌ی ایجاد شرایط مناسب از لحاظ ژرفا، شوری و دما در طول زمان هولوسن پسین در توالی رسوبات بستر دریاچه چگارمان می‌باشد. همچنین وجود گاستروپودهای تقریبا سالم تا ژرفاهای ۶۳۰ سانتی‌متر به سمت سطح با سنی حدود ۴۴۰۰ سال قبل تاکنون (براساس نرخ میانگین رسوب‌گذاری) نشان‌دهنده محیط تقریبا آرام دریاچه‌ای و آشفتگی کمتر می‌باشد. در دوره‌هایی که اندازه صدف‌ها بزرگ‌تر است با افزایش دما، کاهش شوری و فعالیت چشمه‌های اطراف دریاچه همراه می‌باشد (شکل‌های ۳، ۴ و جدول ۳).

۵- بحث

۵-۱- تحلیل و تفسیر مغزه رسوبی جهت تعیین جغرافیا و اقلیم گذشته

با بررسی رسوب‌شناسی، محتوای گیاهی و جانوری موجود در مغزه رسوبی ch-1 می‌توان به بازسازی شرایط اقلیمی پهنه ایذه در زاگرس چین‌خورده در هولوسن پسین (از ۵۰۰۰ سال قبل تا حال حاضر) پرداخت. در ادامه، تحلیل شرایط محیطی توالی رسوبات بستر دریاچه چگارمان براساس تغییرات عمده رخساره‌ای ارائه خواهد شد.

ژرفای ۱۸۰-۰ سانتی‌متر: با توجه به ستون چینه‌ای مغزه برداشت‌شده، از سطح تا ژرفای حدود ۱۸۰ سانتی‌متری بطور چیره رسوبات سیلتی به همراه بقایای گیاهی و صدفی مشاهده می‌شود. این رخساره‌های رسوبی مشاهده‌شده نشان‌دهندهٔ محیط تالابی با سطح آب بالا است. توالی ۱۸۰ سانتی‌متری ذکرشده بازه زمانی حدود ۱۰۰۰ سال را پوشش می‌دهد. در این بازه زمانی دوکفه‌ای‌ها، کاروفیت‌ها، استراکدها، بتینیاتنتاکیلاتا، فیزافونتینالیس، اکروبیا ونتوروزا، هیدروبیااکیوتا، اکروبیاونتوروزا، آکروبیاترانکاتا، پسودومینوکلا، ویویپاروس در رسوبات بستر دریاچه چگارمان قابل مشاهده است. تنوع بقایای گیاهی و جانوری در ژرفاهای مختلف توالی یادشده همراه با رخساره رسوبی یکسان نشان‌دهنده نوسانات آب و هوایی، سطح تراز و پوشش گیاهی است. از سطح به سمت ژرفا تا حدود ۱۰۰ سانتی‌متری، دریاچه کم ژرفا و با شوری اندک حاکم بوده است. حضور گونه‌های مختلف گیاهی در این بازه از توالی نشان‌دهنده شرایط مناسب آب‌وهوایی است که بقایای گیاهی نیز به‌خوبی در بین رسوبات حفظ شده است. وجود ویویپاروس از گاستروپودهای آب‌های لب‌شور تا شیرین براساس مطالعات قبلی سنی برابر با اواخر هولوسن را ارائه می‌دهد (سبک‌خیز، ۱۳۹۴). افزایش ژرفا به بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر، با ظهور کاروفیت‌ها و استراکدها همراه است. این موضوع می‌تواند از افزایش نسبی دما و گرم شدن منطقه حکایت داشته باشد، اما همچنان وجود استراکدهای لب‌شور می‌تواند این احتمال را به شرایط نسبتا معتدل تعبیر نماید (دلورمه، ۲۰۱۱).

ژرفای ۴۳۵-۱۸۰ سانتی‌متر: این توالی با سنی حدود ۱۲۵۰ تا ۳۱۰۰ سال پیش، رخساره‌های رسوبی بصورت تدریجی تغییر می‌کنند. مطالعهٔ رخساره‌های رسوبات بستر دریاچه چگارمان نشان می‌دهد در این بخش از توالی رسوبات بستر دریاچه چگارمان، لکه‌های مواد آلی و بقایای گیاهی مشاهده می‌شود. تغییرات اقلیمی در حدود ۱۲۵۰ سال پیش به صورت تدریجی (نه ناگهانی) اتفاق افتاده و این روند دست‌کم ۲۰۰ سال (حدود ۳۰ سانتی‌متر) به طول انجامیده است. بین ژرفای ۱۸۰ سانتی‌متری تا ۴۳۵ سانتی‌متر رخسارهٔ رس سیلتی دارای لکه‌های مواد آلی و لکه‌های اکسیدی بسیار فراوان است. وجود رسوبات طوسی رنگ با لکه‌های اکسیدی فراوان و کاهش بقایای گیاهی حاکی از خارج‌شدن رسوبات از آب است. وجود گاستروپودهای ویویپاروس و فیزافونتینالیس، همچنین بقایای درشت برخی گاستروپودها حاکی از شرایط محیط محیطی کم ژرفا و آرام را تداعی می‌کند. احتمالا این بازه زمانی با کاهش میزان ورود مواد آواری و بقایای گیاهی در دریاچه همراه بوده است (خروج رسوبات از آب و

خشک‌شدن موقت یا دریاچه بسیار کم‌ژرفا). این شرایط نشان‌دهنده کاهش رطوبت در بازه زمانی احتمالی ۳۱۰۰ تا ۱۲۵۰ سال پیش نسبت به بخش‌های دیگر توالی است. این دورهٔ نسبتا خشک، احتمالا از ۳۱۰۰ تا ۱۲۵۰ سال پیش، حدود ۱۸۵۰ سال ادامه داشته است. این دورهٔ خشک با کاهش میزان ورود مواد آواری به دریاچه و کاهش میزان رسوب‌گذاری و نبود بقایای گیاهی و صدفی در بخش چیره توالی مشهود است. این دوره خشک بصورت تدریجی در منطقه شروع شده و با روند سریع‌تری به پایان رسیده است.

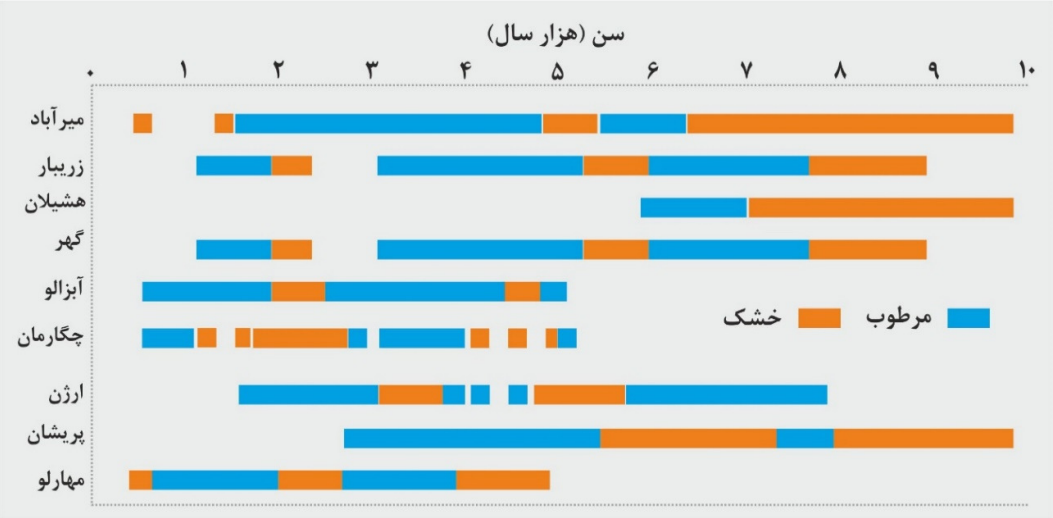
ژرفای ۵۵۰-۴۳۵ سانتی‌متر: با سن احتمالی حدود ۴۰۰۰ تا ۳۱۰۰ سال پیش، شرایط باثبات و آرام تالابی حاکم بوده است. شرایط ایجاد محیط تورب‌زار در دریاچه فراهم‌شده است. با افزایش میزان مادهٔ آلی، بقایای گیاهی (کاروفیت‌ها)، صدفی (استراکدها و گاستروپودها) و در نتیجه افزایش میزان رسوب‌گذاری همراه بوده است. بخش غالب رسوبات در توالی بستر دریاچه در این دوره مربوط به نهشته‌های بقایای گیاهی و جانوری بوده که حجم بزرگی را شامل می‌شود. این دوره، که احتمالا حداکثر حدود ۹۰۰ سال طول کشیده، با اقلیم معتدل، شرایط مرطوب و بالابودن سطح آب زیرزمینی و احتمالا فعالیت چشمه‌های تغذیه‌کننده در منطقه همراه بوده است.

ژرفای ۶۹۰-۵۵۰ سانتی‌متر: بصورت تدریجی با تغییر رخساره‌ها به سمت رخساره‌های دوره‌های خشک همراه است. این تغییر از رخساره رس‌سیلتی طوسی رنگ، خاکستری رنگ و سپس رسوبات سیلت رسی قهوه‌ای رنگ همراه بوده است. براساس نرخ رسوب‌گذاری میانگین، محدوده سن این توالی حدود ۴۹۰۰ تا ۴۰۰۰ سال پیش بوده است. اوج این دوره خشک در حدود ژرفای ۶ متری با سنی حدود ۴۳۰۰ سال با ثبت رخساره‌های سیلت رسی قهوه‌ای رنگ همراه بوده است. در این ژرفا بدلیل وجود شرایط خشک، با نبود بقایای صدفی در توالی مغزه رسوبی مواجه هستیم. رخساره رسوبی سیلت رسی قهوه‌ای رنگ با ضخامتی برابر ۲۵ سانتی‌متر حدود ۱۸۰ سال طول کشیده است. به بیان دیگر، دوره خشک ثبت‌شده ۴۵۰۰ تا ۴۳۰۰ سال در منطقه چگارمان دوام داشته است.

ژرفای ۷۲۰-۶۹۰ سانتی‌متر: در بخش انتهایی مغزه برداشت‌شده (۷۲۰-۶۹۰ سانتی‌متری)، توالی رسوبات گلی قهوه‌ای رنگ همراه رسوبات دانه‌درشت در اندازهٔ گراول، قلوه‌سنگ و صدف‌های خردشده مشاهده می‌شود. همچنین براساس وجود تشکیلات مربوط به دوره میوسن (سازندهای میشان و گچساران) در حاشیه دریاچه که مورفولوژی با شیب به سمت مرکز حوضه را ایجاد کرده است، احتمالا در یک محیط مخروط‌افکنه‌ای، بدلیل گرادیان شیب از اطراف به سمت مرکز، رسوبات دانه‌درشت سازندهای اطراف را به بستر دریاچه روانه ساخته است.

دوره‌های خشک شناسایی شده در این منطقه بطور چیره بصورت ناگهانی و یک‌باره شروع می‌شود و بصورت تدریجی خاتمه می‌یابد. همچنین دوره‌های خشک جوان‌تر نسبت به دوره‌های خشک قدیمی‌تر با شدت کم‌تر و مدت بیش‌تر قابل مشاهده است. به نظر می‌رسد دوره خشک ۴۵۰۰-۴۳۰۰ سال پیش بزرگ‌ترین دوره خشک رخ داده در بازه زمانی هولوسن پسین در منطقه است. با توجه به رخساره‌های رسوبی، احتمالا دوره خشک قدیمی با رطوبت بسیار پایین و دمای بالا ظاهر شده است و دوره خشک جوان با دمای پایین‌تر و رطوبت نسبی بالاتر رخ داده است.

در طی دوره خشک حدود ۴۲۰۰ سال پیش، تغییرات اقلیمی گسترده ای با شدت متفاوت در قسمت‌های مختلف ایران گزارش شده است. در رسوبات بستر پلایای گاوخونی در محدوده سنی حدود ۴۲۰۰ سال پیش (جلیلیان و همکاران، ۲۰۲۱)، در تالاب آبزالو در پهنه ساختاری زاگرس چین‌خورده حدود ۴۵۰۰ سال پیش (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۹)، در هامون هیرمند رخساره‌های رسوبات بادی در حدود ۴۵۰۰ سال پیش (فتوحی و همکاران، ۲۰۲۰)، همچنین مقارن با افول و انقراض تمدن اکد در بین‌النهرین (محمدی ۱۳۹۰) و افول تمدن شرق در شهر سوختهٔ سیستان در حدود ۴۵۰۰ سال پیش (واثق عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) رخ داده است. با توجه به مستندات ارائه شده در پژوهش‌های مختلف، اقلیم هر منطقه توسط پارامترهای مختلفی مانند ارتفاع از سطح دریا، موقعیت جغرافیایی، جایگاه زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه کنترل می‌شود. تنوع در فاکتورهای یادشده، دلیل اصلی ایجاد تعجیل یا تاخیر در دوره‌های خشک چیره در مناطق مختلف بوده است. دوره‌های خشک و مرطوب در دریاچه‌های حوضه زاگرس تا حدود زیادی هم‌خوانی دارند. زمان ظهور دوره‌های خشک و مرطوب در دریاچه‌های هشیلان، زریبار، گهر، آبزالو و مهارلو با کمی تاخیر یا تعجیل رخ داده است (شکل ۵).



شکل ۵. دوره‌های خشک و مرطوب گزارش‌شده در دریاچه‌های محدودهٔ زاگرس در طول هولوسن؛ میرآباد (استیونس و همکاران، ۲۰۰۶)، زریبار (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳)، هشیلان (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۶؛ صفایی‌راد و همکاران، ۱۳۹۳)، گهر (اکبری و همکاران، ۱۳۹۵)، آبزالو (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۸)، ارژن (سادات حسینی و همکاران، ۱۳۹۵)، پریشان (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳)، مهارلو (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹؛ لک، ۱۳۸۶).

Fig. 5. Reported dry and wet periods in the Zagros border lakes during the Holocene; Mirabad (Stevens et al. 2006), Zaribar (Maqsoudi et al. 2014), Hashilan (Azizi et al. 2017; Safaei-Rad et al. 2014), Gohar (Akbari et al. 2016), Abzalu (Darvishi Khatouni et al. 2019), Arjan (Sadat Hosseini et al. 2016), Parshan (Davoudi et al. 2014), Maharlu (Jamali et al. 2009; Lak 2007).

۶- نتیجه‌گیری

طبق بررسی‌های رسوب‌شناسی، دیرینهٔ اقلیم و دیرینهٔ جغرافیایی مغزه رسوبی برداشت شده از دریاچه فروچاله‌ای چگارمان در منطقه زاگرس چین‌خورده، رخساره‌های رسوبی اصلی شناسایی شد. رخساره‌ها بطور چیره دارای رسوبات رس، سیلت، گراول و رسوبات بینابینی همراه بقایای گیاهی و صدفی است که در بیش‌تر موارد تناوب و تداخل در رسوبات یادشده به تکرار دیده می‌شود. برپایه مطالعات رسوب‌شناسی و رخساره‌های رسوبی، محیط رسوبی دریاچه با تغییرات متعدد در اقلیم و سطح تراز مواجه شده است. نرخ رسوب‌گذاری میانگین در منطقه مورد مطالعه، براساس مطالعات درویشی خاتونی و همکاران در تالاب آبزالو با فاصله حدود ۱۰ کیلومتر از دریاچه چگارمان حدود ۱/۴ میلی‌متر در سال پیشنهاد شده است، لذا تاریخ‌های ارائه شده در این مقاله تقریبی است. براساس نتایج بدست آمده، در طول هولوسن پسین دست‌کم دو دورهٔ مرطوب طولانی مدت شناسایی شده است. یک دوره مرطوب در یک بازه حدود هزار ساله از احتمالا ۱۲۵۰ سال پیش شروع شده و تا حدود ۲۰۰ سال پیش ادامه داشته است. دوره مرطوب دیگر از حدود ۴۰۰۰ تا ۳۱۰۰ سال پیش در یک بازه ۹۰۰ ساله ادامه داشته است. در طول هولوسن پیشین، دو دوره سرد و خشک و گرم و خشک در منطقه ظاهر شده است که مدت زمان دوره سرد و خشک از احتمالا ۳۱۰۰ تا ۱۲۵۰ سال پیش در یک بازه زمانی حدود ۱۸۵۰ سال بوده است. دوره گرم و خشک بعد از یک دوره مرطوب بصورت تدریجی در منطقه ظاهر شده است. این دوره گرم و خشک احتمالا بین ۴۳۰۰ تا ۴۵۰۰ سال پیش (بازه زمانی ۲۰۰ سال) به اوج خود رسیده است. در منطقهٔ زاگرس چین‌خورده در ناحیه خوزستان (پهنهٔ ایذه) دوره‌های خشک به صورت ناگهانی با شدت بیش‌تر و مدت کم‌تر نسبت به دوره‌های مرطوب در منطقه ظاهر می‌شوند و به صورت تدریجی از دوره‌های خیلی خشک به دوره‌های نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و در نهایت مرطوب تبدیل می‌شوند. به نظر می‌رسد این شرایط به دلیل ماهیت تغییر اقلیم در منطقه باشد.

۷- تشکر و قدردانی

نویسندگان از داوران محترم نشریه رسوب‌شناسی کاربردی که در جهت ارتقای کیفیت این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

References

An, F., Ma, H., Wei, H., Lai, Z (2012) Distinguishing aeolian signature from lacustrine sediments of the Qaidam Basin in northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and its palaeoclimatic implications. Aeolian Research 4:17-30. doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.12.0 04.

Bayat, M., Fotohi, P., Negaresh, H., Mohammadi, A (1401) Sedimentary geochemistry as an indicator of late Quaternary climate change in the Jazmorian playa, Iranian Quaternary Journal, 8 (1 - 2): 56-82 (in Persian).

Bogemans, F., Boudin Janssens, R., Baeteman, C (2017) Depositional evolution of the Lower Khuzestan plain (SW Iran) since the end of the Late Pleistocene. Quatern Sci Rev, 171: 154–165. doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.07.011.

Bogemans, F., Boudin, M., Janssens, R., Baeteman, C (2016) new data on the sedimentary processes and timing of the initial inundation of Lower Khuzestan (SW Iran) by the Persian Gulf. J Holocene 27 (4): 613–620. doi.org/10.1177/0959683616670224.

Bouchet, Ph., Jean-Pierre, R., Bernhard, H., Andrzej, K., Yasunori, K., Alexander, N., Pavel, P., Michael, S., Ellen, E., S (2017) Revised Classification, Nomenclator and Typification of Gastropod and Monoplacophoran Families, Malacologia, 61: 526 p. doi.org/10.4002/040.061.0201.

Darvishi Khatooni, J (2011) Report on Limnology and Paleolimnology of Lake Urmia, Phase IV: Hydrogeochemistry of Lake Urmia, Geology and Mineral Exploration Organization of Iran, 80 p (in Persian).

Darvishi Khatooni, J., Fotohi, P., Negaresh, H., Mohammadi, A (2019) Climate and Paleoenvironment of Abzalu Wetland in Khuzestan Province Using Sedimentary Cores in the Late Holocene. Iranian Quaternary Quarterly, 5 (3): 323-347 (in Persian).

Delorme, L., D (2011) on the identity of the ostracode genera Cypriconcha and Megalocypris, Canadian, Journal of Zoology, 47: 271-281. doi.org/10.1139/z69-058.

Djamali, M (2008) Palaeoenvironmental changes in Iran during the last two climatic cycles (vegetationclimate-anthropisation), PHD thesis, Sciences and Techniques faculty, university of Paulsezanne (AIXMARSEILLE III), 194 p.

Enzel, Y., Wells, S. G., Lancaster, N (2003) Late Pleistocene lakes along the Mojave River, southeast California. In: Enzel, Y., Wells, S.G., Lancaster, N. (eds.), Paleoenvironments and Paleohydrology of the Mojave and Southern Great Basin Deserts. Boulder, CO, Geological Society of America Special Paper, 368: 61–77.

Fotoohi, S., Negaresh, H., Darvishi Khatooni, J., Bayat, M (2022) Investigating aeolian deposits in Hamun Lake located in east of Iran during Holocene period, Journal of Environmental Earth Sciences, 81: 12. doi: 10.1007/s12665-021-10085-y.

Gierlowski-Kordesch, E., and Kelts, K (2000) Lake Basins through Space and Time, AAPG Studies in Geology, 46: 648 p.

Hamzeh, M., A (2016) Reconstruction of the paleoenvironmental and climatic conditions of southeastern Iran using Holocene sedimentology of Lake Hamoon, PhD thesis, Faculty of Earth Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, 217 pp (in Persian).

Jalilian, T., Taghian, A., Lak, R., Darvishi khatooni, J (2021) The Late Quaternary sedimentary sequences and environmental changes based on core studies in the Gavkhouni Playa (Central Iran). Environ Earth Sci 80: 782. doi.org/10.1007/s12665-021-10040-x.

Kelts, K., His, K. J (1978) Freshwater carbonate sedimentation. In: Lerman, A. (ed.), LakesChemistry, Geology, Physics. SpringerVerlag, New York, 295–323.

Kelts, K., Shahrabi, M (1986) Holocene sedimentology of hypersaline Lake urmia, Nortwestern Iran, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 54: 105-130. doi.org/10.1016/0031-0182(86)90120-3.

Khosrowtehrani, K (1998) Geology of Iran (Geology), Tehran, Payam Noor University Press, 327 pp (in Persian).

Lak, R (2007) Geological Survey Report of Maharlu Lake, Phase I: Hydrochemistry and Hydrogeochemistry, Geology and Mineral Exploration Organization of Iran, 70 pp (in Persian).

Lowe, J. J., Walker, M. J. C (2015) Reconstructing Quaternary Environments, 3rd ed., Routledge. 568 p. doi.org/10.4324/9781315797496.

Marx, S. K., and McGowan, H. A (2005) Dust transportation and deposition in a super humid nvironment, west coast, south Island, New Zealand. Catena 59: 147-171. doi.org/10.1016/j.catena.2004.06.005.

Mohammadi, A (2011) Sedimentology and sedimentary geochemistry of the continental shelf of the Oman Sea, Internal Report of the Geology Organization of Iran, 150 pp (in Persian).

Mousavi-Harami, R (2011) Sedimentology, Quds Razavi Province Publications, 13th edition, 476 pp (in Persian).

Paik, I., S. and Kim, H. J (2006) Playa Lake and sheetflood deposits of the Upper Cretaceous Jindong Formation, Korea: Occurrences and palaeoenvironments. Journal of Sedimentary Geology, 187: 83-103. doi.org/10.1016/j.sedgeo.2005.12.006.

Parris, A. S., Bierman, P. R., Noren, A. J., Prins, M. A., Lini, A (2010) Holocene paleostorms

identified by particle size signatures in lake sediments from the northeastern United States. Journal of Paleolimnology, 43: 29-49. doi.org/10.1007/s10933-009-9311-1.

Ramezani, A (2013) Palynological reconstruction of vegetation history, climate change, and human activities in the late Holocene in the Kelardasht region, Iranian Forest and Poplar Research, 21(1): 48-62 (in Persian).

Roop, H. A., Dunbar, G. B., Vandergoes, M. J., Forrest, A. L., Walker, Sh. L., Purdie, J., Upton, Ph., Whinney, J (2014) Seasonal controls on sediment transport and deposition in Lake Ohau, South Island, New Zealand: Implications for a high-resolution Holocene paleoclimate reconstruction: Sedimentology Journal, 62: 826 - 844. doi.org/10.1111/sed.12162.

Sabakkhiz, F (2015) Reconstruction of environmental changes of Maharlu Lake in the Late Quaternary, PhD thesis, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Isfahan (in Persian).

Sai, K (2004) Geochemistry of Lake Sediments as a Record of Environmental Change in a High Arctic Watershed, Chemie der Erde, 64 (3): 257–275.

Salehipourmilani, A. R (2012) Investigation of Hurricane Gono and its effects on the geomorphology of the Makran Sea coastlines using remote sensing, 21(83): 32-23 (in Persian).

Shahbazi, R (2015) Study of Quaternary sedimentary changes in order to determine the natural pattern of desertification in the Shadegan playa-wetland, PhD thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 207 pp (in Persian).

Sharifi, A., Pourmand, A., Canuel, E. A., Ferer-Tyler, E., Peterson, L. C., Aichner, B., Feakins, S. J., Daryaee, T., Djamali, M., Naderi-Beni, A (2015) Abrupt climate variability since the last deglaciation based on a high-resolution, multi-proxy peat record from NW Iran: The hand that rocked the Cradle of Civilization? Quaternary Science Reviews, 123: 215-230. doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.006.

Solotchina, E, P., Sklyarov, E, V., Solotchin, P, A. Vologina, E, G., Sklyarova, O, A (2014) Mineralogy and crystal chemistry of carbonates from the Holocene sediments of Lake Kiran (western Transbaikalia): connection with paleoclimate: Russian Geology and Geophysics, 55(4): 472-482. doi.org/10.1016/j.rgg.2014.03.005.

Stevens, L. R., Ito, E., Schwalb, A., Wright, H. E (2006) Timing of atmospheric precipitation in the Zagros Mountains inferred from a multi-proxy record from Lake Mirabad, Iran, Quaternary Research, 66(3): 494-500. doi.org/10.1016/j.yqres.2006.06.008.

Vaezi, A. L., Ghazban, F., Tavakoli, V., Routh, J., Naderi Beni, A. M., Bianchi, T. S., Curtis, J. S., Kylin, H (2019) A Late Pleistocene-Holocene multi-proxy record of climate variability in the Jazmurian playa, southeastern Iran.Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 514: 754-767. doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.09.026.

Vathiq Abbasi, Z., Abbas-Nejad-Seresti, R., Ghorbani, H. R., Roustaei, M. S., (2016) Population estimation in Sistan based on archeological and ethnological studies, Archaeological Studies, 8 (2): 229-243 (in Persian).

Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., Alexandrowicz, S. W., Langer, J. L (2006) Paleolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications, Quaternary Research, 66 (3): 477-493. doi.org/10.1016/j.yqres.2006.06.006.

Yousefi-Rad, M., Mir-Mohammad-Makki, M., Khodakarami-Fard, Z., Abdulnia, A (2010) Chemical and isotopic stratigraphy of the Late Pleistocene-Holocene sequence, Meeghan Desert, Arak. 14th Conference of the Geological Society of Iran (in Persian).

Paleoclimate in Lake Sediments according to biological remains studies during Late Holocene (Folded Zagros)

H. Noroozpour*[1] and J. Darvishi khatooni[2]

1- Assist. Prof., Dept., of Geology, Payame Noor Unvierstiy, Tehran, Iran
2- Ph. D., in geomorphology, Geological survey of Iran, Tehran, Iran

* **hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir**

Recieved: 2024.7.16 Accepted: 2024.12.4

Abstract

The studied area is located in the northeast of Khuzestan province and in the range of the folded Zagros highlands and is located in the sub-unit of Izeh in geomorphological division. Investigating the history of sedimentation, paleoclimate changes and identifying dry and wet periods in the late Holocene period is the subject of this research. In this research, an intact sedimentary core with a depth of 720 cm was taken from the bed sediments of Chegarman Lake by hand corer. Sedimentary facies were identified based on the texture, structure and size of sediments, organic matter, color, plant and animal remains, and other macroscopic components. According to the sedimentological studies, type of biological remains, the climatic and environmental changes of the region was investigated. According to previous studies (Darvishi khatooni et al., 2019) in this sedimentary-structural zone, the sedimentation rate is about 1.4 mm per year. But the sedimentation rate is different for different depths and times. In the studied sedimentary sequence, at least two wet periods, from about 4000 to 3100 (BP) and 1250 to 200 (BP) and two dry periods about 4500-4300 (BP) (warm and dry) and about 3100 to 1250 (BP) (cold and dry) were identified during the late Holocene (last 5000 years). The most severe dry period, the dry period about 4500-4300 (BP), occurred at the beginning of the late Holocene. The dry period appeared suddenly in the region and ended gradually, and the wet periods started gradually and ended suddenly. Dry periods have appeared in the region great and shorter than wet periods.

Keywords: Climate changes, Izeh subzone, Sedimentary core, Sedimentology, late Quaternary

Introduction

Lake basins have spatially and temporally index patterns and represent valuable maps of physical and chemical history. According to this point, that direct survey of climate changes has only been available as machinery in the past few decades, so paleo climatic changes indexes can give a better understanding of climate changes in the past era and its causes. Lake sediments have an extraordinary potantial to record climatic and environmental events with high sensitivity and resolution amounts. Therefore, lake sediments can be considered as regions for detecting paleo environments. Chegarman Lake formed in the northeast of Khuzestan province on the hillsides of folded Zagros and under the Izeh unit in a pit. This study has been tried to by Sedimentary analyze, identification of sedimentary facies, and identification of sedimentary environments and changes of these environments set to the reformation the climatic and environmental conditions of Chegarman wetland in the Late Holocene.

Methods and Findings

The steps of this research include book studies, field works, laboratory works, statistical data processing and then interpretation and conclusion. To investigate the paleoclimate and conditions of the sedimentary environment, one intact sediment cores with a maximum depth of 7.2 m collected with using Auger corer. 21sediment samples were selected for biological remains studies. Granulation made possible to study the biological remains in the sediments and were used to reconstruction of the paleoclimatic and environmental conditions. Which led to the reconstruction of climatic conditions, sedimentary environment and Lake water level fluctuations.

Results and discussion

In the studied core, major sedimentary facies identified. Facies often contains clay, silt, gravel, and interstitial sediments along with vegetation and shell fossils which in most cases frequency and interference in the mentioned sediments are often seen. Changes were in particle size between clay to gravel due to process type changes, environment's energy and river input's amounts and sediment color variations concerning sedimentation conditions, presence of organic matter, pH amount, salinity and temperature variations, and drought occurrence, throughout the cores. Two wetland sedimentary and alluvial environments identified. According to the Chronology, the average sedimentation rate in the Chegarman wetland is 1.4 mm / year, which this amount is different for various depths. Due to the type of sediments, the high level water period of the Chegarman wetland has been established between 1250 and 250 years ago. The study of the facies sediments of the wetland bed shows that climate change occurred gradually (not suddenly) about 1250 years ago and this trend has taken at least 300 years. The relatively dry and cold period lasted about 1850 years from 3100 years to 1250 years ago and is confirmed with the reported dry periods in the Maharlou Lake about 1800 years ago, in the Mir Abad Lake about 1500 years ago and in the Urmia Lake between 2500 and 1500 years ago. From 4000 years ago to about 3100 years ago, stable and slow wetland conditions was prevailed. The conditions for creating a peatland environment have been provided in the wetland and were associated with increasing the amount of organic matter, vegetation and shell fossils and consequently increasing sedimentation rate. This period which lasted for about 900 years, has been accompanied by extremely humid conditions, high groundwater level and activity of springs in the region. The existence of light brown mud, indicates a dry period. This dry period shows suitable approximate conformity with a dry event of 4200 years ago in the northern hemisphere. This period in the studied region appeared with at least 100 years of temporal delay (4300-4500 BP). At the depth of 6.9 to 7.2 meters, the presence of brown muddy sediments along with coarse-grained sediments in the size of sand, pebbles and rubble indicates the environment of the alluvial fan that entered the lake.

Conclusion

According to the results of in the Chegarman wetland, at least 2 periods with humid climate and at least 2 dry periods during the Late Holocene were identified. Dry periods appear more suddenly, large and shorter than humid periods in the region. Gradually lead to from very dry periods to semi-arid, semi-humid, and eventually humid periods.