فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴

۸۹-۱۰۲

مدل‌سازی آب‌وهوای دیرین و شناسایی تاثیر فعالیت‌های انسان در زاگرس مرتفع

طیبه اکبری[۱*]، راضیه لک[۲]، رضا شهبازی[۳]، کمال‌الدین علیزاده[۴]، اشرف اسدی[۵] و مهرنوش قدیمی[۶]

[۱] استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی

[۲] استادیار پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، تهران، ایران

[۳] استادیار پژوهشکده علوم کاربردی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، تهران، ایران

[۴] دانشجوی دکتری دیرینه‌محیط‌شناسی، دانشگاه گوتینگن، آلمان

[۵] استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه پیام نور

[۶] استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۱

چکیده

پژوهش حاضر با روش گرده‌شناسی و ترسیم نمودار گرده و محاسبه نسبت‌های گرده مغزه رسوبی دریاچه گهر و بازسازی داده‌های دما و بارش منطقه به وسیله مدل کلان‌مقیاس طبیعی اقلیمی[۱] انجام شد. چهار زون اصلی شامل دو زون قدیمی‌تر GHA (عمق ۳۰۰ تا ۲۹۰ سانتی‌متر) و GHB (عمق ۲۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر) و دو زون جدیدتر GHC (عمق ۱۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) و زون GHD (عمق ۵۰ تا ۰ سانتی‌متر) شناسایی و تحلیل شد. نتایج گرده‌شناسی نشان داد که در سرتاسر مغزه رسوبی گرده‌های درخت بلوط حضور دارد و این مغزه می‌تواند تاریخچه آب‌وهوای منطقه زاگرس را در طول هولوسن بازسازی کند. احتمالاً دو زون GHA و GHB با شروع گسترش درختان بلوط و دوره گرم و مرطوب ابتدای هولوسن همزمان باشد. این دو زون دارای پوشش گیاهی از نوع جنگلی- استپی با گونه غالب بلوط است. به نظر می‌رسد تغییرات فراوانی درختان بلوط و ریش‌بز در طول مغزه رسوبی ناشی از تغییرات شرایط رطوبتی و دمایی محیط است. فراوانی قابل ملاحظه گرده‌های گیاهان علفی همانند علف هفت‌بند و بارهنگ و خانواده غلات در زون GHC می‌تواند شاهدی بر تخریب منطقه مورد بررسی در اثر چرای شدید و عملیات کشاورزی و دخالت انسان باشد. مقایسه نتایج مدل‌سازی و گرده‌شناسی منطقه با سایر دریاچه‌های شمال غرب ایران، وجود دوره‌های متوالی سرد و مرطوب و گرم و خشک در آب و هوای گذشته منطقه گهر را تأیید می‌کند.

کلمات کلیدی: آب‌وهوای دیرین، مدل کلان‌مقیاس طبیعی اقلیمی، گرده‌شناسی، زاگرس مرتفع، ایران.

Paleoclimate Modeling and Identification of Anthropogenic Effects in High Zagros Mountains

Tayebeh Akbari[1]*, Raziyeh Lak[2], Reza Shahbazi[3], Kamallodin Alizadeh[4], Ashraf Asadi[5]& Mehrnoosh Ghadimi[6]

[1]Assistant Prof., Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, University of Shahid Beheshti

[2]Assistant Prof., Institute of Earth Sciences, Geoogical Survey of Iran, Tehran

[3]Assistant Prof., Institute of applied Sciences, Geoogical Survey of Iran, Tehran, Karaj

[4]PhD. Student of Palynology and Climate Dynamics, University of Goettingen, Germany

[5]Assistant Prof., Department of Geography, University of Payamnoor, Yasouj

[6]Assistant Prof., Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran

Abstract

In this research we tried to investigate the respond of high part of Zagros Mountains to past climate change by studying a 300cm core was extracted from Lake Gahar. This region is as an important biome of oak forest of Iran. Then the aim of this investigation is to detect past climate condition by palynology and climate modeling. According to the pollen diagram of Lake Gahar, four main local pollen assemblage zones during Holocene consisting of two older zones GHA(depth of 300 to 290 cm), GHB (290 to 110 cm depth) and two more new zones GHC (depth 110 to 50 cm) and GHD (depth 50 to 0 cm) were identified.

We also reconstructed the annual mean precipitation and temperature data over 40000 years by MCM (Macrophysical Climate Model). The results showed that two zones GHA and GHB beyond depth 300-110cm indicate vegetation of forest- steppe with dominant species of oak trees however Quercus pollen is evident in all zones. It seems that the abrupt decreasing of arboreal pollen, especially Quercus at a depth of 50 and 60 cm at the boundary between the two zones GHC and GHD is associated with unfavorable conditions for plant growth during this period. There are also upland herbs pollen types such as Poaceae crealia types and polygonium can be considered as evidence of the destruction of the region as a result of anthropogenic effects and heavy grazing and farming operations. It is also approved the existence of consecutive period of cold/wet and warm/dry period in the past climate of Gahar region by comparing the results of this study with results from other lakes in the northwest of Iran.

Keywords: Paleoclimate, Macrophysical Climate Model, Palynology, High Zagros, Iran.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: t_akbari@sbu.ac.ir

۱- مقدمه

پژوهش‌های دیرین‌آب‌وهواشناسی نشان می‌دهند که دوره هولوسن به‌دنبال ذوب یخچال‌ها در دوره دیریخبندان و گرم شدن هوا، حدود یازده هزار سال پیش شروع شده است. در این دوره، با بالا آمدن سطح آب دریاها، شرایط برای رشد درختان و گسترش جنگل‌ها مناسب‌تر شد. از رخدادهای ناگهانی تغییر آب‌وهوا، رخداد یانگر دریاس[۲] است که پس از دوره دیریخبندان و پیش از شروع هولوسن، در حدود ۱۲۸۰۰ تا ۱۱۶۰۰ سال پیش رخ داد. در این زمان، آب و هوای نیمکره شمالی، سردتر شد. دوره یانگر دریاس حدود ۱۱۶۰۰ سال پیش، به‌طور ناگهانی به پایان رسید. در پایان یانگر دریاس در گرینلند، درجه حرارت طی یک دهه ۱۰ درجه سلسیوس افزایش یافت [۱]. پس از دوره دیر یخبندان، در طی دوره هولوسن، آب‌وهوای زمین شبیه به شرایط امروزی شد. با ذوب ورقه‌های یخی و افزایش تراز آب دریاها، درجه حرارت تعدیل شد و سامانه موسمی نیز شدت یافت. حدود ۸۲۰۰ سال پیش، در اوایل هولوسن، پدیده‌ی غیرمنتظره‌ای رخ داد. این پدیده که به رخداد ۸۲۰۰ سال پیش معروف است، برای نخستین بار در روی مغزه یخی گرینلند در نیمکره شمالی شناسایی شد. دانشمندان نشان داده‌اند که طی دو دهه دمای هوا حدود ۳/۳ درجه سلسیوس کاهش یافت [۲].

دوره بهینه اقلیمی نیز از دوره‌های مشهود در هولوسن است. این دوره در مناطق معتدله نیمکره‌ی شمالی در حدود ۵۵۰۰ سال پیش به‌پایان رسید. در این زمان تمدن‌های بشری نیز در مناطقی از کره زمین مانند آفریقا و آسیا، رو به گسترش بود. دوره گرم سده‌های میانه از حدود قرن دهم تا چهاردهم حاکم بود.

بررسی‌های انجام‌شده در نواحی مرتفع مرکزی ایران و ته‌نشست‌های لس‌های جنوب کشور نشان داد که وضعیت اقلیمی خشک از دوره دیریخبندان تا هولوسن پیشین ادامه داشته است[۳] و [۴]. شواهد همچنین نشان داد که در دوره دیریخبندان در شمال کشور و زاگرس شرایط اقلیمی، خشک و کم‌وبیش سرد بوده است. شرایط دمایی و رطوبتی پس از دوره دیریخبندان در ایران به‌خوبی به‌وسیله پژوهش‌های گرده‌شناسی و ژئومورفولوژیکی حاصل از رسوبات دریاچه‌های غرب زاگرس نظیر زریوار و میرآباد بازسازی شده است. پوشش گیاهی استپی با غالبیت گیاه درمنه در دوره دیریخبندان وجود داشت [۳] و [۴].

احتمالاً در هولوسن پیشین درجه حرارت در منطقه افزایش یافت و به دنبال آن، پوشش گیاهی استپی با جنگل‌های باز پسته و بلوط جایگزین شد. درجه حرارت در اقلیم خشک آن زمان افزایش یافته است و سطح آب دریاچه زریوار نسبتاً پایین و دارای نوسان کمی بوده است. در دوره هولوسن میانی و اخیر (حدود ۶۵۰۰ تا ۱۴۰۰ سال پیش)، استقرار پوشش گیاهی متراکم بلوط هم‌زمان با افزایش سطح آب دریاچه زریوار رخ داده است. به‌تدریج در این دوره با افزایش فرسایش و کاهش بارندگی فصل بهار، فراوانی درختان بلوط کاهش یافته است. در اثر دخالت‌های بشر از حدود ۳۳۰۰ سال گذشته، گرده‌های علفی مهاجم همچون بارهنگ افزایش یافته است. به‌طور کلی در دوره هولوسن پایانی، روند خشک اقلیمی شناسایی شده است [۵]. خشکی منطقه‌ای در طول هولوسن پیشین احتمالاً زمینه تأخیر در گسترش جنگل‌های بلوط تا دوره هولوسن میانی را فراهم کرده است [۶]. هدف این تحقیق آشکارسازی تغییرات آب وهوای گذشته و همچنین یافتن تأثیر دخالت انسان در منطقه زاگرس مرتفع، با تحلیل فراوانی پوشش گیاهی به‌ویژه جنگل‌های بلوط در زاگرس است.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد بررسی

حوضه آبخیز دریاچه گهر از لحاظ جغرافیایی در ۴۹ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی در ۱۳ کیلومتری جنوب شرقی درود در استان لرستان قرار دارد. این استان به ترتیب از شمال با استان‌های همدان و مرکزی، از شرق با استان اصفهان، از جنوب با استان خوزستان و از غرب با استان‌های کرمانشاه و ایلام همسایه است. همچنین از طریق باریکه‌ای در سمت جنوب شرقی مرز بسیار کمی با استان چهارمحال و بختیاری دارد.

ارتفاع متوسط دریاچه از سطح دریا ۲۵۰۰ متر است و در دامنه جنوبی رشته کوه‌های اشترانکوه زاگرس قرار دارد. بیشترین طول دریاچه ۲۱۰۰ متر، بیشترین عرض آن ۳۵۵ متر است. به علت کاهش نسبی بارش‌های سالانه و استفاده زیاد از منابع آب دریاچه، معمولاً سطح دریاچه به ندرت به وضعیت حداکثر می‌رسد و مساحت متوسط دریاچه حدود ۷۵ هکتار است. بیشترین عمق دریاچه ۲۸ متر و حداقل ژرفای آن چهار متر است. منبع اصلی آب دریاچه چشمه‌های سرد کف دریاچه است. بیشتر این چشمه‌ها در اعماق بیش از ۲۰

متر دریاچه قرار دارند [۷]. براساس داده‌های بارندگی سازمان هواشناسی، میزان میانگین سالانه بارندگی سه ایستگاه نزدیک به دریاچه گهر، شامل الیگودرز، درود و مرکز استان خرم‌آباد به ترتیب ۳۹۱، ۶۲۰ و ۴۹۳ میلی‌متر است که عمدتاً در فصل بهار، پاییز و زمستان به صورت برف و باران می‌بارد (شکل شماره ۲). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی در زاگرس و اختلاف توپوگرافی در سطح استان لرستان علت اصلی توزیع ناهمگن بارش در ایستگاه‌های مختلف است.

منطقه دریاچه گهر در ارتفاعات زاگرس یکی از مناطق متنوع زیستی به شمار می‌آید که از نظر پوشش گیاهی- جغرافیایی متنوع و با استپ‌های ایران و تورانی و منطقه جنگلی- استپی دارای مرز مشترک است. میزان متوسط بارندگی سالیانه حوضه، معادل ۶۰۰ میلی‌متر به صورت برف و باران است. دریاچه گهر در منطقه گذار از پوشش گیاهی منطقه استپی- جنگل خزان دار بلوط و استپ‌های درمنه قرار دارد [۸] (شکل شماره ۱).

اقلیم لرستان بر اساس سیستم طبقه‌بندی کوپن معتدل با تابستان خشک Csa است. همچنین به خاطر بارش نسبتاً بالای این منطقه نسبت به سایر مناطق ایران در طبقه‌بندی دومارتون منطقه خشک در این استان دیده نمی‌شود. بر اساس جدیدترین پهنه‌بندی‌های استان لرستان بر مبنای روش‌های تحلیل چندمتغیره، منطقه گهر و شهرستان الیگودرز در پهنه نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان سرد قرار گرفته است [۹]. بخش عمده بارش‌های استان لرستان حاصل سامانه‌های ادغامی مدیترانه‌ای و سامانه‌های کم‌فشار سودانی است که با ناپایداری هوا و عبور از پهنه‌های مرطوب همانند دریای مدیترانه و سرخ پس از تغذیه رطوبتی به استان لرستان وارد و در فصل سرد سال معمولاً در مناطق مرتفع استان منجر به بارش برف می‌شوند [۱۰].

۲-۲-پوشش گیاهی و تنوع زیستی

دریاچه گهر دریاچه‌ای وسیع و کم عمق با منشاء ساختمانی است [۷]. این دریاچه در استان لرستان و رشته‌کوه‌های زاگرس با ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد از نظر پوشش گیاهی– جغرافیایی متنوع است.

منطقه دریاچه گهر بر اساس طبقه‌بندی اخیر زیست‌اقلیمی ایران، در کلان زیست اقلیم مدیترانه‌ای و جزئی از میان زیست‌اقلیم قاره‌ای مرطوب[۳] به شمار می‌آید که از طرف جنوب، شمال و شمال شرق در مجاورت با میان زیست‌اقلیم قاره‌ای خشک[۴] و از طرف شرق با میان زیست‌اقلیم قاره‌ای بیابانی[۵] مرز مشترک دارد [۱۱]. متوسط سالیانه بارش حوضه معادل ۶۰۰ میلی‌متر به صورت برف و باران است. دمای متوسط این حوضه آبخیز۴ درجه سانتی‌گراد است و در نتیجه پوشش گیاهی متنوعی از گیاهان خشکی‌زی و آبزی دارد. از نظر جغرافیای گیاهی منطقه گهر در مناطق جنگلی تخریب شده با درختان پراکنده قرار دارد که جامعه کلیماکس آن مناطق استپی- جنگلی بلوط شاخص ایران و تورانی با پوشش غالب پسته- بادام و درختان بادام است [۸].

۲-۳- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش به وسیله مغزه‌بردار اوگر [۶] با همکاری سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی ایران در فصل تابستان سال ۱۳۹۳ همزمان با حداکثر کاهش سطح آب از قسمت جنوبی دریاچه گهر کوچک به مختصات N"00'18°33 و E"23'16°49 برداشت شده است. برداشت به دلیل صخره‌ای بودن منطقه در نقاط مختلف دریاچه گهر امتحان شد اما تنها در بعضی نواحی دریاچه با وجود پوشش گیاهی امکان پایین رفتن مغزه‌بردار بود. بالاخره پس از امتحان نقاط مختلف دریاچه گهر بزرگ مغزه رسوبی از بخش مرتفع اشترانکوه و دریاچه گهر کوچک با ارتفاع ۲۳۳۵ متر استخراج شد.

طول مغزه رسوبی استخراج شده سه متر است که به آزمایشگاه گرده‌شناسی پژوهشکده علوم گیاهی، گرده‌شناسی و دینامیک جو، دانشگاه جورج آگوست گوتینگن آلمان [۷] منتقل شد تا تغییرات پوشش گیاهی و آب و هوای گذشته منطقه زاگرس بررسی شود.

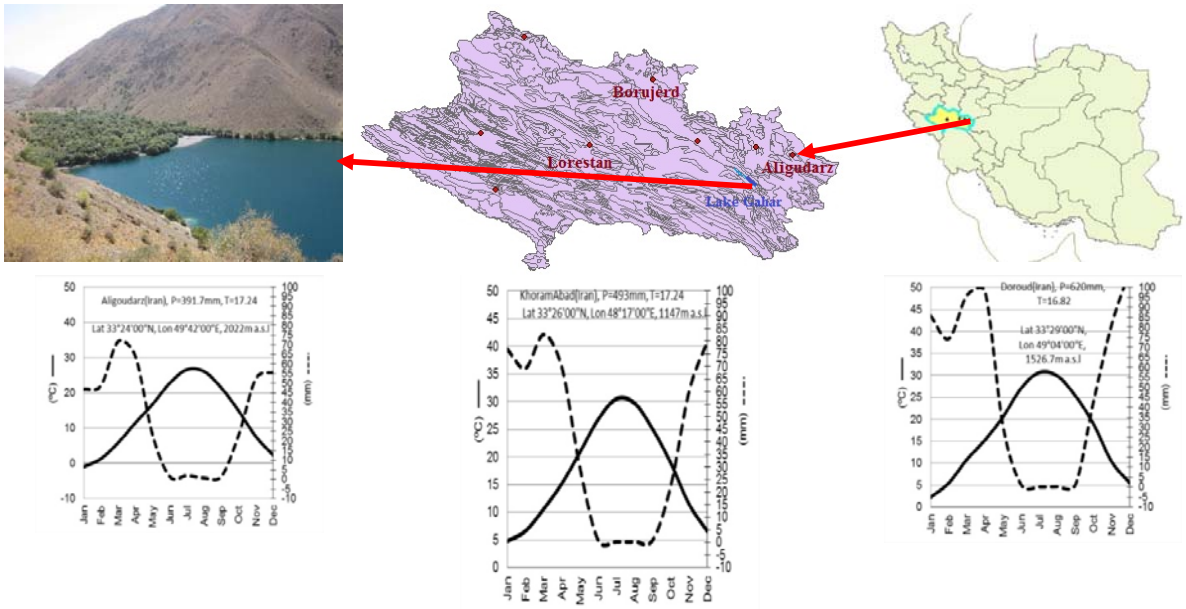
۲-۴- گرده‌شناسی

برای عملیات گرده‌شناسی، تعداد ۳۰ نمونه با فواصل ده سانتی‌متر از مغزه رسوبی گهر گرفته شد. نمونه‌های گرده به‌روش استاندارد مور و همکاران آماده‌سازی شد [۲۲]. قرص‌های لیکوپودیوم برای محاسبه غلظت و شمارش گرده‌ها به نمونه‌ها افزوده شد. نمونه‌ها با استفاده از ژلاتین بر روی اسلاید قرار گرفتند. سپس، با میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ برابر، گرده‌های گیاهی شناسایی و شمارش شدند.

تحلیل میکروسکوپی و شناسایی گرده‌های موجود در نمونه با کمک اطلس‌های گرده‌شناسی مربوط به منطقه اروپا و شمال آفریقا، انجام شد. اطلس ریلی در سه جلد، اطلس بویگ و همچنین کلکسیون اسلایدهای گرده‌های امروزی از

جمله منابع موجود در آزمایشگاه میکروسکوپی پژوهشکده مطالعات علوم گیاهی، گرده‌شناسی و دینامیک جو، دانشگاه جورج آگوست گوتینگن[۷] هستند که برای شناسایی گرده‌ها تا سطح خانواده، جنس و یا گونه به‌کار رفت [۱۲] و [a,b,c۱۳].

در مرحله شمارش، حداقل تعداد سیصد گرده بدون احتساب گیاهان محلی نظیر خانواده بید و میخک، و در بعضی لایه‌ها بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ گرده در هر لایه شمارش شد. پس از شمارش گرده‌ها، اطلاعات به‌دست‌آمده وارد نرم‌افزار تیلیا (Tilia 1.7.16) و کردار گرده‌شناسی مغزه رسوبی ترسیم شد [۱۴]. در این تحقیق زون‌بندی کردار با استفاده از درصد گرده‌های گیاهی به روش تحلیل خوشه‌ای برآورد شد. موقعیت نمونه‌برداری در بخش مرتفع اشترانکوه با ارتفاع ۲۳۳۵ متر از نظر آب‌وهوایی قرار دارد و به دلیل نبود ایستگاه هواشناسی در محل دریاچه از متغیرهای بارش و دمای ثبت‌شده در ایستگاه الیگودرز در فاصله حدود ۲۰ کیلومتری و ارتفاع ۲۰۲۲ متر از سطح دریا برای ترسیم کردار اقلیمی و بازسازی داده‌های گذشته استفاده شده است. میانگین بارش دریافتی در این ایستگاه در بلندمدت ۳۹۱/۷ میلی‌متر و دمای میانگین هوا در طول سال ۱۷/۲۴ درجه سانتی‌گراد است. بازسازی داده‌های دما و بارش گذشته ایستگاه همدید الیگودرز با استفاده از مدل کلان‌مقیاس طبیعی اقلیمی انجام شد [۱۵]. بازسازی دما و بارش منطقه در گذشته با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک الیگودرز که یکی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به منطقه نمونه‌برداری است انجام شد. داده‌های مشاهداتی دما و بارش ایستگاه الیگودرز در مقیاس ماهانه و در دوره بلندمدت ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴ میلادی است.



الف ب ج

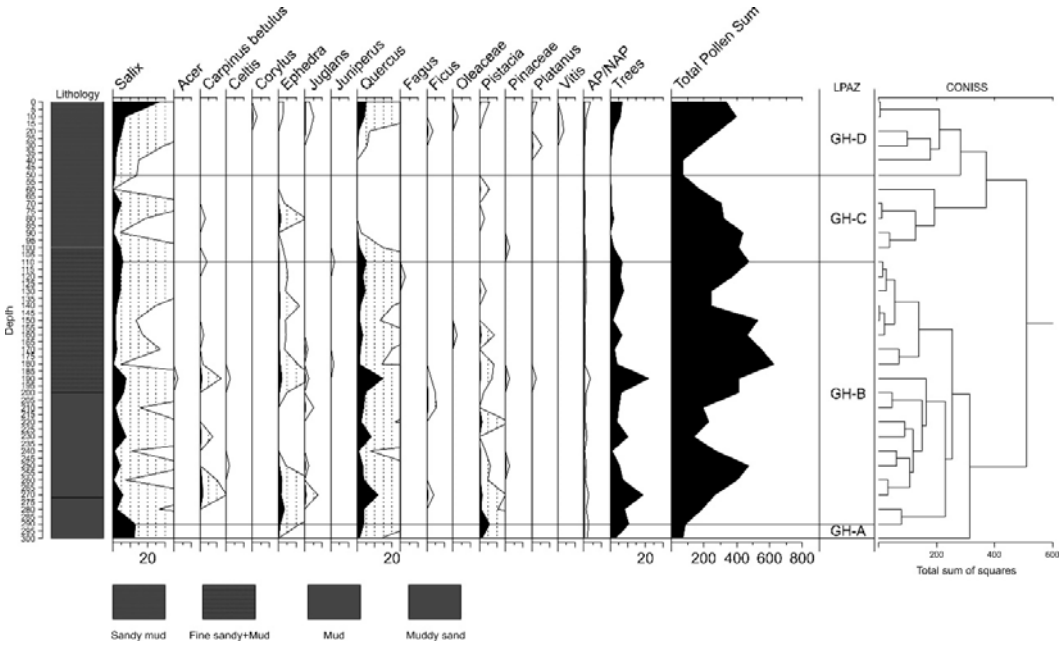
شکل ۱- موقعیت دریاچه گهر در استان لرستان (بخش بالا) به همراه کردار تغییرات دما و بارش ماهیانه ایستگاه‌های سینوپتیک (بخش پایین) الف) درود ب) خرم‌آباد، و ج) الیگودرز در استان لرستان (بر اساس داده‌های میانگین بلندمدت ۲۰۱۴- ۱۹۵۱ خرم‌آباد و ۱۹۸۶ درود و الیگودرز)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات پوشش گیاهی دیرین زاگرس مرتفع

گرده‌های گیاهی موجود در نمونه‌های گرفته شده از مغزه رسوبی دریاچه گهر، در مرحله میکروسکوپی، شناسایی شدند. سپس، با شمارش انواع گرده‌های درختی، علفی و آبزی، فراوانی هریک محاسبه شد.

در هر لایه نمونه‌برداری، غیر از چند لایه که محتوی گرده کمتری بودند، حداقل سیصد دانه گرده از گیاهان منطقه شمارش شدند. سپس، کردار گرده دریاچه گهر بر اساس فراوانی گرده‌های گیاهی به‌دست‌آمده در مرحله شمارش میکروسکوپی، با استفاده از نرم‌افزار تیلیا ترسیم شد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).



شکل ۲- کردار گرده گیاهان درختی دریاچه گهر، با ده برابر بزرگ‌نمایی

مطابق کردار گرده، مشخص شد که در منطقه گهر واقع در زاگرس، گرده‌های درختی به‌طور عمده شامل بید، بلوط، ریش‌بز، پسته، سرو کوهی، گردو، چنار، انگور، زیتون، راش و کاج هستند و گرده‌هایی مانند بید که در مجاورت آب رویش دارند جزء گیاهان محلی هستند که در مجموع نهایی گرده‌های گیاهان محاسب[۸] محاسبه نشدند. گرده‌های علفی نیز به‌طور عمده شامل خانواده‌های چتریان، اسفناجیان، گندمیان، گیاه درمنه یا *Artemisia*، خانواده میخک، Asteroideae، Brassicaceae و گلسرخیان و گیاهان بارهنگ، علف هفت‌بند و ترشک است. گیاهانی همچون جگن، *Thypha latifolia* و گیاه *Myriophyllum* از گرده‌های اصلی گیاهان آبزی در رسوبات دریاچه شناسایی شدند. (شکل ۳ و ۴ و ۵).

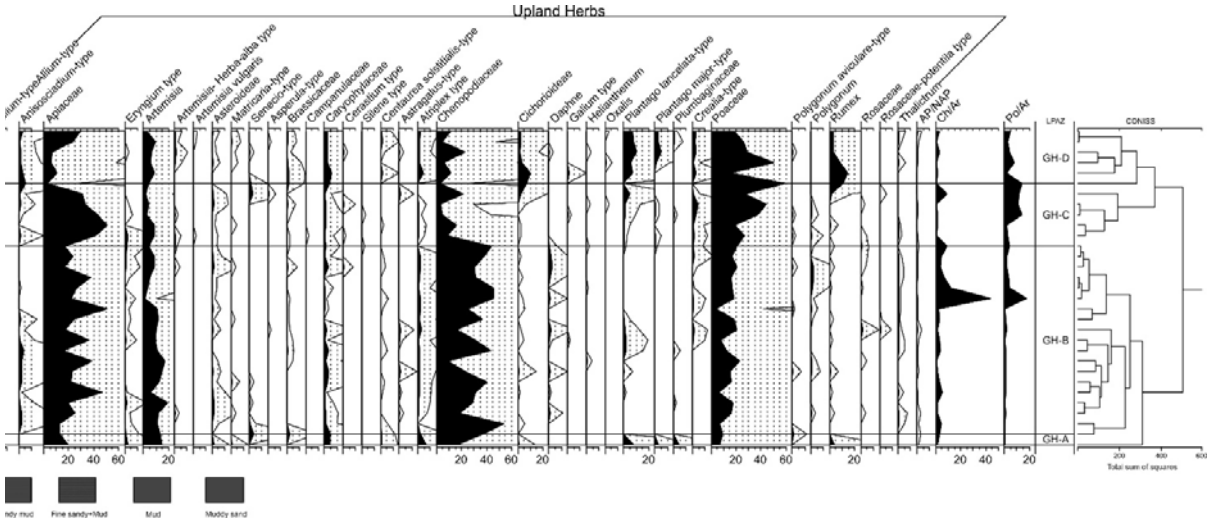
تغییرات درصد فراوانی گرده‌های درختی نیز نشان می‌دهد که در قسمت بالایی مغزه رسوبی منطقه گهر، از بین گرده‌های درختی، گرده‌های درختان بید، بلوط و درختچه‌های ریش‌بز دارای بیشترین فراوانی در مقایسه با سایر گونه‌های درختی هستند. موقعیت دریاچه گهر و قرارگیری آن در منطقه جامعه پوشش گیاهی تخریب شده منطقه استپی- جنگلی گیاهان پراکنده خزان‌کننده بلوط، پسته و بادام و همچنین استپ‌های درمنه [۸] نیز دلیل دیگری بر کم بودن فراوانی گونه‌های درختی یادشده در نیمه بالایی مغزه رسوبی است.

بر اساس کردار گرده، از بین گرده‌های علفی، خانواده گندمیان، اسفناجیان و چتریان نسبت به سایر گرده‌های علفی فراوان‌تر است.

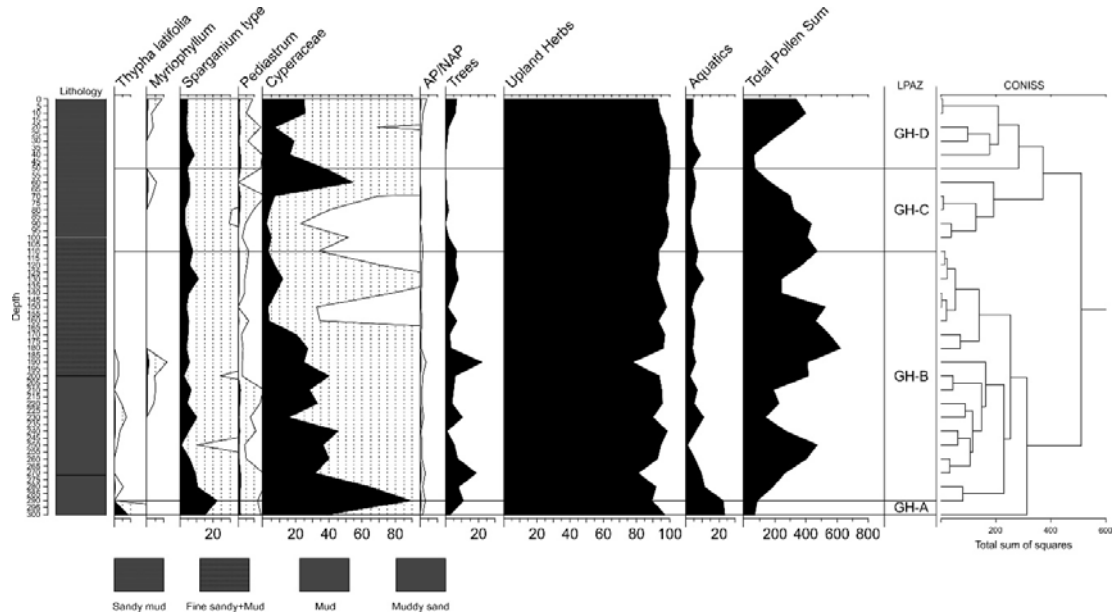
با استفاده از تحلیل خوشه‌ای برای تفسیر کردار گرده ،چهار زون اصلی در طول مغزه رسوبی به دست آمد که به ترتیب از پایین تا بالای مغزه شامل دو زون قدیمی‌تر GHA (عمق ۳۰۰ تا ۲۹۰ سانتی‌متر) و GHB (عمق ۲۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر) و دو زون جدیدتر GHC (عمق ۱۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) و زون GHD (عمق ۵۰ تا ۰ سانتی‌متر) است (شکل‌های ۴ و ۵ و ۶).

۳-۱-۱- زون GH-A (۲۹۰-۳۰۰ سانتی‌متر)

زون GH-A از عمق ۳۰۰ تا ۲۹۰ سانتی‌متری مغزه به‌عنوان اولین زون در انتهایی‌ترین قسمت مغزه رسوبی سه متری از سایر زون‌ها متمایز شده است. مجموع فراوانی گرده‌های درختی در این زون ۱۱/۴ درصد است که گرده‌های پسته با ۷/۴ درصد، بلوط با ۵ درصد و ریش‌بز با ۱/۲ درصد گیاهان درختی شناسایی شده اند. گیاه بید جزو گیاهان محلی محسوب می‌شود و بنابراین فراوانی آن برای محاسبه مجموع گیاهان درختی در نظر گرفته نشد (شکل ۲). گونه‌های علفی این زون شامل خانواده گندمیان، اسفناجیان، چتریان، درمنه و میخک، Brassicaceae و Asteroideae و گیاهان آبزی به ترتیب شامل جگن، *Sparganium type* و *Thypha latifolia* است (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳- کردار گرده گیاهان علفی دریاچه گهر، با ده برابر بزرگ‌نمایی



شکل ۴- کردار گرده گیاهان آبزی دریاچه گهر، با ده برابر بزرگ‌نمایی

۳-۱-۲- زون GH-B (۲۹۰-۱۱۰ سانتی‌متر)

بزرگ‌ترین زون به این قسمت از مغزه رسوبی اختصاص دارد و حدود ۱۲۰ سانتی‌متر از مغزه را در بر می‌گیرد. بر اساس تحلیل خوشه‌ای رفتار مقادیر فراوانی گونه‌های درختی و علفی و آبزی در این زون قابل‌توجه است. در این زون گونه‌های درختی متعددی دیده می‌شود. گونه‌های درختان بلوط، بید، پسته کوهی، ریش‌بز، کاج، زیتون، راش، سرو کوهی، ممرز، گردو و افرا شناسایی شدند. از نظر فراوانی می‌توان این زون را دارای تعداد گونه‌های درختی بیشتری دانست. در این زون به‌طور پیوسته گرده‌هایی از گیاهان بلوط و بید قابل شناسایی هستند. از اختصاصات این زون حضور گرده‌های درختان ممرز است. گرده‌های پسته و ممرز در ابتدای زون بیشتر و در انتهای زون بسیار کم می‌شوند. گیاهانی مانند گردو و انجیر نیز

به‌طور منقطع در قسمت‌هایی از این زون شناسایی شدند. در این زون همچنین خانواده گندمیان به‌ویژه غلات، اسفناجیان، چتریان، درمنه، ترشک، علف هفت‌بند و میخک گونه‌های غالب این زون هستند. گیاهان آبزی به ترتیب شامل جگن، *Sparganium type* و *Thypha latifolia* هستند که در قسمت‌های میانی این زون درصد کمی از گرده‌های *Myriophyllum* نیز قابل شناسایی است (شکل ۲، ۳ و ۴).

۳-۱-۳-زون GH-C (۱۱۰-۵۰ سانتی‌متر)

یکی از مهم‌ترین تغییرات در این زون وجود تعداد کم گرده در عمق‌های ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر است. به‌طوری‌که تعداد مجموع نهایی گرده‌های گیاهان محاسب در حدود ۱۰۰ گرده است. در نمونه‌هایی که پس از شمارش زیاد با وجود تعداد کم محتوای گرده علائمی از تکراری بودن گرده‌ها وجود داشته باشد خود به‌عنوان معیاری برای توقف شمارش گرده‌های محاسب به شمار می‌رود [۱۷]. در این زون برای نمونه‌های عمق ۵۰ و ۶۰ به بیشتر از صد گرده محاسب شمارش اقدام شد. بنابراین تعداد گرده گیاهان درختی، علفی و آبزی و تنوع آن کمتر از بخش‌های دیگر کردار گرده است. گرده‌های بلوط در نیمه اول این زون رو به کاهش هستند و در نیمه دوم زون با کاهش محتوای گرده در نمونه‌ها، گونه‌های درختی این زون محدود به ریش بز و بید می‌شود. فراوانی گرده‌های پسته و ممرز نسبت به زون‌های قبلی بسیار کم شده است. کاهش گرده‌های درختان بید نیز که جزو گیاهان محلی به حساب می‌آید در انتهای این زون قابل توجه است.

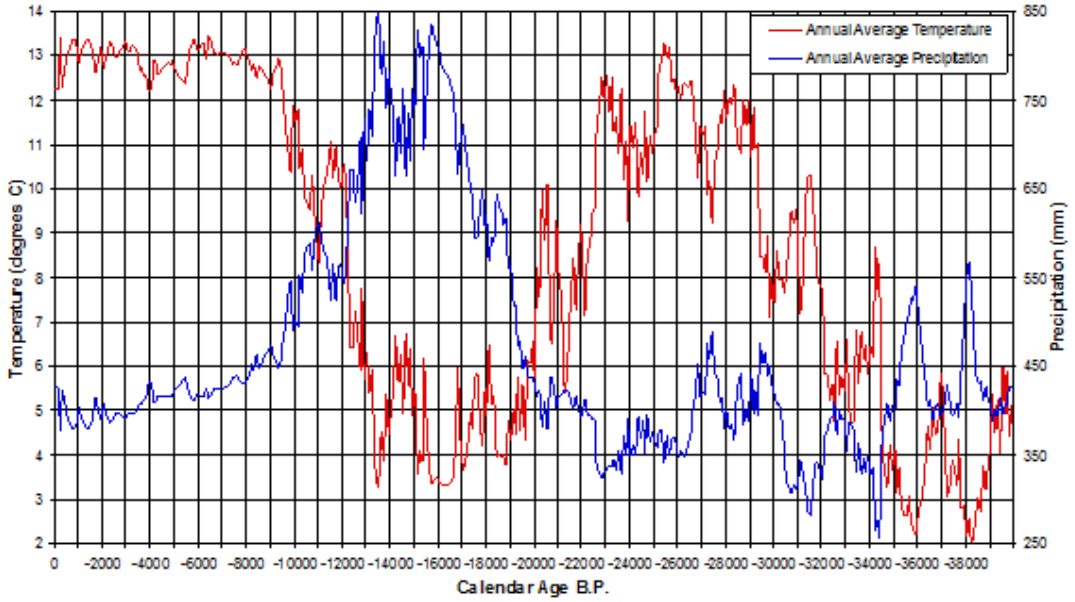
در این زون گونه‌های عمده علفی بر اساس فراوانی شامل گیاهان خانواده گندمیان، چتریان، اسفناجیان، Asteroideae، Brassicaceae Cichorioideae و میخک و گرده‌های گیاهی بارهنگ هستند. حضور بیشینه گیاهان خانواده گندمیان و چتریان و کاهش گیاهان خانواده اسفناجیان به همراه حضور گیاه بارهنگ و ترشک از خصوصیات این زون به شمار می‌رود. گیاهان آبزی شامل جگن، *Sparganium type* و *Myriophyllum* است. همچنین جلبک‌های سبزآبی نیز در این زون شناسایی شدند. (شکل ۲، ۳ و ۴).

۳-۱-۴- زون GH-D (۵۰-۰ سانتی‌متر)

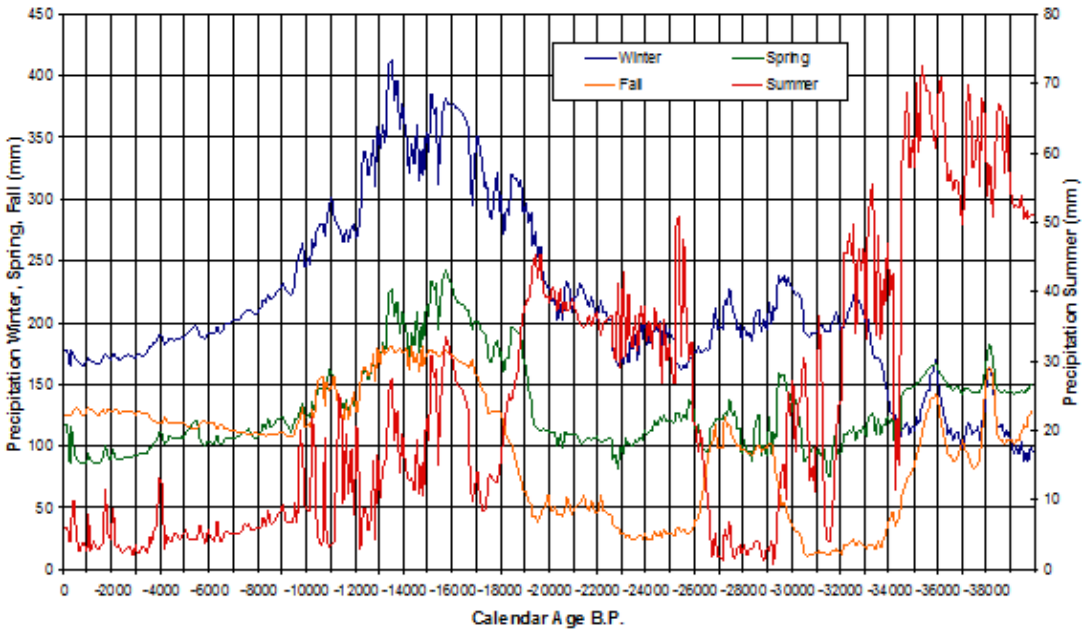
در این زون گونه‌های درختی با فراوانی کم اما تنوع بیشتر ظاهر شده‌اند. از تغییرات این زون می‌توان به محتوای کم گرده‌های نمونه‌های این بخش از مغزه رسوبی اشاره کرد بدین ترتیب که فراوانی گرده‌ها کاهش یافته ولی تنوع بیشتر شده است و گونه‌های درختان شامل بید، بلوط، ریش‌بز، چنار، پسته کوهی، انجیر، انگور، زیتون، گردو و فندق با فراوانی اندک هستند. در انتهای این زون برخلاف ابتدای آن گونه‌های گیاهان از جمله گرده‌های بلوط رو به افزایش است. خانواده گندمیان، چتریان، اسفناجیان، درمنه، بارهنگ و میخک گیاهان غالب این زون هستند. گیاهان آبزی شامل جگن، *Sparganium type* و *Myriophyllum* است (شکل ۲، ۳ و ۴).

۳-۲- مدل‌سازی بارش و دمای گذشته

برای داشتن مقیاس دقیق‌تری برای تفسیر کردار گرده آب و هوای منطقه، میانگین سالانه دو متغیر اصلی دمای هوا و بارش در فصول مختلف سال برای ایستگاه الیگودرز به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه نمونه‌برداری شبیه‌سازی شد. تغییرات دما و بارش در بازه زمانی ۴۰ هزار سال پیش نشان‌دهنده حاکمیت دوره‌های متوالی سرد- مرطوب و گرم- خشک در منطقه گهر است (شکل‌های ۵ و ۶). بر اساس داده‌های بازسازی‌شده میانگین سالانه دما و بارش در منطقه مورد بررسی، حداکثر میانگین بارش سالانه حدود ۸۴۸ میلی‌متر و همزمان با حداقل میانگین دمای سالانه معادل ۳/۲۹ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۳۵۰۰ هزار سال پیش یا آخرین دوره یخبندان پلیستوسن است. از حدود ۱۸ هزار سال پیش تا اواخر پلیستوسن یعنی حدود ۱۵ هزار سال پیش، میانگین بارش سالانه روند صعودی و همزمان دمای حداقل سالانه منطقه مورد بررسی روند نزولی داشته است. با بررسی داده‌های بازسازی شده بارش و دمای سالیانه، مشخص است که از حدود ۱۵ هزار سال پیش تا مرز بین پلیستوسن و هولوسن مجدداً روند تغییرات معکوس شده به این معنی که روند کاهش بارش همراه با افزایش دما ادامه یافته است. پس از آن از حدود ۱۱ هزار سال قبل تا به امروز، با شروع دوره هولوسن تا زمان حال، تغییرات میانگین دمای سالانه نظیر دوره‌های بین یخبندان، افزایشی و بارش سالانه، کاهشی است (شکل ۵).



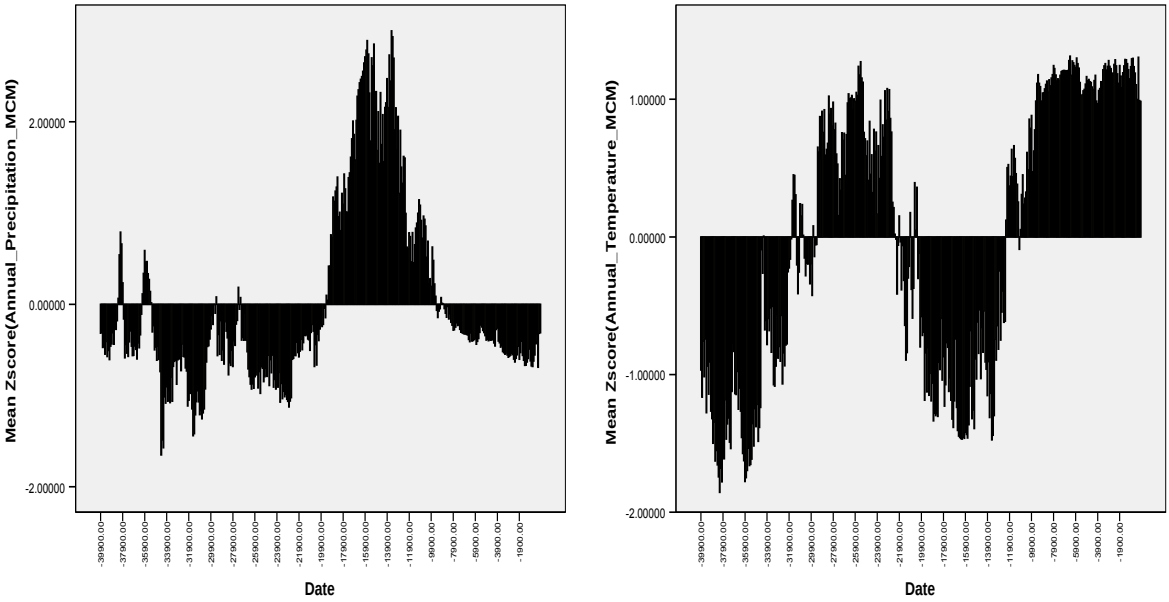
شکل ۵- تغییرات دما و بارش سالانه ایستگاه الیگودرز در طول ۴۰ هزار سال گذشته با استفاده از مدل کلان‌مقیاس طبیعی اقلیمی



شکل ۶- تغییرات بارش فصلی ایستگاه الیگودرز در طول ۴۰ هزار سال گذشته با استفاده از مدل کلان‌مقیاس طبیعی اقلیمی

با یک نگاه اجمالی به شکل شماره ۶ بر اساس داده‌های بازسازی شده بارش فصلی گذشته، وجود چهار فصل متمایز بارشی از نظر میزان میانگین بارش در گذشته منطقه مورد بررسی قابل شناسایی است. در حدود ۱۳۵۰۰ سال پیش مقارن با مرز پلیستوسن و هولوسن، میانگین بارش فصل زمستان به حداکثر مقدار خود یعنی حدود ۴۱۳ میلی‌متر می‌رسد و در همین زمان در فصل بهار، پاییز و تابستان مقدار اوج بارش به ترتیب حدود ۲۲۷، ۱۸۰ و ۲۷ میلی‌متر بوده است. همچنین نقطه اوج بارش در دو فصل بهار و پاییز ۲۴۲ و ۱۸۰ میلی‌متر بوده که به ترتیب در حدود ۱۵۷۰۰ و ۱۳۱۰۰ سال پیش رخ داده است. درحالی‌که در فصل تابستان نقطه اوج بارش در منطقه مورد بررسی حدود ۷۲/۵۵ میلی‌متر در ۳۵۳۰۰ سال پیش رخ داده است. بارش در سه فصل پاییز، زمستان و بهار دارای الگوی مشابه و متفاوتی از فصل تابستان در طول ۴۰ هزار سال گذشته است. تغییرات درصد فراوانی گونه درختی بلوط

نیز در کردار گرده مغزه رسوبی گهر متغیر است و در زون GHA بیشترین درصد فراوانی حدود ۱۴ درصد در نمونه‌های عمق ۱۹۰ شمارش شده است. گرده این گونه درختی در تمام طول مغزه به جز نمونه‌های عمق‌های ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ سانتی‌متر شمارش شده است. در زون GHB بیشترین تغییرات فراوانی را دارد و در زون GHC به حداقل فراوانی می‌رسد. و بالاخره در جدیدترین زون روند افزایشی فراوانی گرده‌های بلوط می‌تواند حاکی از شرایط مساعد محیطی برای این گیاهان باشد. بر اساس داده‌های بازسازی‌شده بارش ناهنجاری بارشی در فصل تابستان بیشتر از سایر فصول است و به نظر می‌رسد رشد گونه‌های گیاهی منطقه از جمله درخت بلوط متأثر از تغییرات بارش فصل تابستان به‌عنوان گرم‌ترین فصل سال در دوره‌های گذشته باشد (شکل ۲ و ۶).



شکل ۷- مقایسه مقادیر شاخص استانداردشده دما و بارش بازسازی‌شده با استفاده از مدل کلان‌مقیاس طبیعی اقلیمی در طول ۴۰ هزار سال گذشته در منطقه مورد بررسی (سمت راست، داده‌های دمای هوا، سمت چپ داده‌های بارش)

با استفاده از شاخص استانداردشده [۸] بارش و دما برای چهل هزار سال گذشته به‌خوبی می‌توان بازه‌های زمانی همراه با دوره سرد و مرطوب و همچنین گرم و خشک و یا سرد و خشک را در منطقه مورد بررسی شناسایی کرد. بر اساس شکل شماره ۷ و مقایسه شاخص استاندارد دما و بارش دوره گرم و مرطوب، در آب‌وهوای ۴۰ هزارسال گذشته منطقه مورد بررسی نمی‌توان شناسایی کرد. بازه‌های گرم و سرد و مرطوب و خشک با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش و دما برای چهل هزار سال گذشته به‌طور متوالی قابل تشخیص است. بازه ترسالی یا دوره مرطوب اصلی همراه با دوره سرد در منطقه مورد بررسی از حدود ۱۹ هزار تا ده هزار سال گذشته ادامه داشته است. احتمالاً این دوره همزمان با آخرین دوره یخبندان بوده که میانگین حداقل دمای سالانه هوا معادل ۳/۳ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۶ هزار سال پیش نسبت به دمای میانگین سالانه امروزی هوا معادل ۱۳ درجه سانتی‌گراد، حدود ده درجه تفاوت داشته است. حداکثر میانگین بارش سالانه نیز در ۱۶ هزار سال گذشته همزمان با حداقل دمای میانگین سالانه هوا معادل ۸۰۳ میلی‌متر رخ داده که نسبت به میانگین بارش سالانه امروز که حدود ۳۹۱ میلی‌متر است نشانه دوره مرطوب در آن زمان است. بنابراین رخداد متوالی دوره‌های سرد و مرطوب و دوره‌های گرم و خشک از ویژگی‌های منطقه مورد بررسی در ۲۰ هزار سال گذشته است. درحالی‌که در ۴۰ هزار سال گذشته تا ۲۰ هزار سال گذشته رخداد متوالی دوره‌های سرد و خشک و گرم و خشک حاکم بوده است. این نتایج به نوعی تأییدکننده نتایج استیون و همکاران به روش ژئوشیمی مبنی بر وجود دوره‌های متوالی مرطوب و خشک در ۱۴ هزار سال گذشته دریاچه زریوار در شمال غرب ایران است (Stivens, 2001). (شکل ۷).

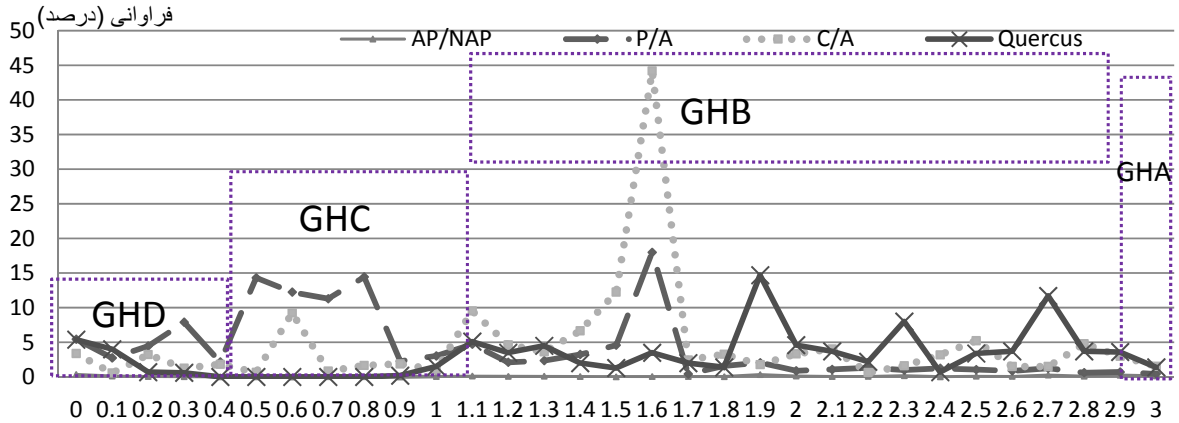
در روش گرده‌شناسی، برای تفسیر و تحلیل کردارهای گرده در ارتباط با اقلیم دیرین، از شاخص‌های گرده استفاده می‌شود. این شاخص‌ها از نسبت فراوانی گرده‌های گیاهی به دست می‌آیند و به بازسازی رخدادهای آب‌وهوایی منطقه کمک می‌کنند. برای مثال، در عرض‌های میانه که عامل محدودیت رشد گیاهان معمولاً از نوع حرارتی است، از نسبت گرده‌های درختی به علفی (AP/NAP) [۱۰] به‌عنوان شاخص حرارتی استفاده می‌شود، به‌طوری‌که با کاهش گرده‌های درختی و افزایش گرده‌های علفی، این شاخص کاهش یافته و نشان می‌دهد که اقلیم سردتر شده است. همچنین، با افزایش شاخص، مشخص‌می‌شود که اقلیم منطقه گرم‌تر بوده است و گرده‌های درختی توانسته‌اند در عرض‌های میانه افزایش یابند.

در ایران، بسته به موقعیت جغرافیایی و ارتفاع، عامل محدودکننده رشد گیاهان می‌تواند تلفیقی از دو عامل رطوبتی و حرارتی باشد. به‌همین دلیل، در پژوهش‌های دیرین اقلیم‌شناسی باید شاخص رطوبتی یا حرارتی مناسب تعریف شود. آل موسیلمانی در سال ۱۹۸۷ از نسبت گرده‌های خانواده اسفناجیان به درمنه (C/A)[۱۱] به‌عنوان شاخص معرف تغییرات رطوبتی در کردارهای گرده‌شناسی مناطق نیمه‌خشک جنوب غربی آسیا استفاده کرد. با افزایش نسبت (C/A)، وجود فازهای خشکی در منطقه شناسایی شده است، زیرا گیاهان خانواده اسفناجیان نسبت به درمنه، برای رشد و نمو، به آب کمتری احتیاج دارند و با کاهش بارش از میزان گرده‌های درمنه کاسته می‌شود و این نسبت افزایش می‌یابد [۱۷].

بر اساس فراوانی گرده‌های اسفناجیان در کردار گرده دریاچه گهر، به‌نظر می‌رسد گرده‌های اسفناجیان جزء گونه‌های غیرمحلی در منطقه باشند و به‌همین دلیل، درصد فراوانی گرده‌های این خانواده در محاسبه مجموع گرده‌ها در نظر گرفته شد.

نسبت خانواده گندمیان به درمنه (P/A) [۱۲] و نسبت گرده‌های درختی به علفی (AP/NAP) از دیگر شاخص‌های رطوبتی محاسبه‌شده برای منطقه گهر است.

در منطقه گهر در زون‌های GHA، GHB و GHC تغییرات شاخص گیاهان درختی به غیردرختی می‌تواند حاکی از تفاوت شرایط دمایی و رطوبتی در این سه مقطع زمانی در طول سه متر مغزه رسوبی باشد. افزایش پوشش گیاهی درختی نسبت به علفی را می‌توان به شرایط گرمتر محیط‌نسبت داد. در زون‌های یادشده تفاوت نسبت گیاهان خانواده اسفناجیان و گندمیان به درمنه حاکی از شرایط متفاوت رطوبتی محیط است. بر اساس تغییرات فراوانی گرده‌های گیاهی درختی و علفی می‌توان زون GHB را از نظر شرایط رطوبتی متمایز از زون‌های دیگر دانست زیرا بیشترین تغییرات شاخص‌های P/A و C/A در این زون مشاهده می‌شود. بیشینه شاخص اسفناجیان به درمنه (C/A) می‌تواند به‌عنوان شاخص خشکی محیط باشد زیرا همزمان با آن گرده‌های درختان بلوط کاهش قابل‌توجهی نشان می‌دهد (شکل ۸).



شکل ۸- تغییرات فراوانی گرده‌های درختان بلوط به همراه سه شاخص گرده شامل نسبت گرده‌های درختی به غیردرختی AP/NAP، گندمیان به درمنه P/A و اسفناجیان به درمنه C/A در طول مغزه رسوبی گهر در ۳۰۰ نمونه مورد بررسی

نسبت گرده‌های گیاهی نماینده گیاهان دست‌کاشت در هر منطقه می‌تواند معیار خوبی برای شناسایی تغییرات انسان‌ساخت در محیط باشد. برای مثال، در منطقه زاگرس جنوبی گیاهان درختی دست‌کاشت عبارتند از زیتون، گردو، چنار، پسته و انگور و گیاهان علفی همچون خانواده گندمیان به‌ویژه غلات، علف هفت‌بند و بارهنگ گیاهان شاخص دخالت انسان در محیط هستند. علف هفت‌بند را می‌توان نتیجه چرای شدید در شمال غرب ایران دانست [۶، ۱۰ و ۱۱].

کردار گرده حوضه دریاچه گهر نیز نشان داد که در ۵۰ سانتی‌متری اولیه مغزه رسوبی در زون GHD می‌توان تعداد کمی از گرده‌های درختان دست‌کاشت شامل پسته، گردو، چنار، زیتون و انگور و گیاهان علفی نظیر علف هفت‌بند، ترشک، بارهنگ و غلات از خانواده گندمیان را مشاهده کرد که می‌تواند نشان از اثرات دخالت انسان در منطقه گهر در طی سال‌های اخیر باشد، اما به دلیل مقدار کم درصد فراوانی، تفسیر این تغییرات نیاز به بررسی با تفکیک بالاتر دارد.

مقایسه پژوهش‌های انجام‌شده روی دریاچه‌های شمال‌غرب آسیای جنوب‌غربی نظیر دریاچه‌های زریوار، میرآباد، نیلوفر، ارومیه و دریاچه وان ترکیه به وسیله واسیلیکوا و همکاران نشان داد که شباهت‌هایی بین تغییرات پوشش گیاهی این دریاچه‌ها وجود دارد[۵]. نتایج به‌دست آمده از سایر مناطق شمال‌غرب آسیای جنوب‌غربی مشخص ساخت که در تمام این مناطق می‌توان وجود، سه دوره دیریخبندان، مرحله گذار از دوره دیریخبندان به دوره هولوسن و دوره هولوسن را شناسایی کرد. با وجود این از نظر سنی هماهنگی کامل بین دوره‌ها در مناطق مختلف وجود ندارد. تحقیقات نشان داده است که تاریخچه پوشش گیاهی مشابهی در طی دوره دیریخبندان و هولوسن در دریاچه وان و زریوار وجود داشته است. رکورد گرده در مرحله دیریخبندان در دریاچه وان با دریاچه زریوار متفاوت بود و در منطقه وان گرده‌های درختچه‌ای ریش‌بز که می‌تواند نشانه شرایط خشکی مرحله دیریخبندان باشد حضور چشمگیر داشتند. اما این وضعیت در کردار گرده دریاچه زریوار در دوره دیریخبندان مشاهده نشده است [۵]. استیون و رایت با بررسی ژئوشیمی رسوبات دریاچه زریوار دوره‌های متناوب خشک و مرطوب را در اوخر پلیستوسن و هولوسن شناسایی کردند [۲۱].

بر اساس کردار گرده منطقه گهر، مشابه منطقه وان ترکیه، حضور درختچه ریش‌بز در زون GHD به‌عنوان نزدیک‌ترین زون از نظر زمانی به شرایط امروزی قابل توجه است. به‌همین دلیل، شاید بتوان افزایش حدود ۲۵/۵ درصدی فراوانی درختچه ریش‌بز نسبت به زون قبلی در این زمان را به شرایط خشکی این منطقه در مقایسه با GHCنسبت داد. همچنین، کردار گرده نشان می‌دهد که پوشش گیاهی منطقه گهر جنگلی- استپی است که جامعه کلیماکس آن پوشش غالب بلوط است و با تحقیقات دریاچه میرآباد (ون زیست و بوتما، ۱۹۷۷) مطابقت دارد (شکل ۳). همچنین بازسازی داده‌های دما و بارش گذشته منطقه نتایج به‌دست‌آمده از دریاچه زریوار مبنی بر وجود دوره‌های متوالی خشک و مرطوب را تأیید می‌کند. بر اساس پژوهش‌های انجام شده در دریاچه‌های شمال‌غرب ایران، دوره دیریخبندان در شمال‌غرب کشور به‌ویژه در دریاچه‌های ارومیه و زریوار از حدود ۱۵۴۰۰ تا ۱۲۶۰۰، دوره سرد یانگر دریاس در بازه زمانی حدود ۱۲۸۰۰ تا ۱۱۶۰۰ و شروع دوره هولوسن پس از پایان دوره سرد یانگر دریاس در حدود ۱۱۶۰۰ سال پیش رخ داده‌است. سپس، با شروع گسترش درختان از حدود ۶۵۰۰ سال پیش، دوره هولوسن پیشین به پایان رسید و دوره هولوسن میانی شروع شد. تعیین دوره‌های مختلف از نظر سنی به‌طور دقیق امکان‌پذیر نیست. به‌عنوان مثال، پژوهشگران با مقایسه سن‌سنجی رادیوکربنی دوره دیریخبندان در دریاچه زریوار با سن‌سنجی وارو[۱۳] در دریاچه وان ترکیه به این نتیجه رسیدند که گسترش پوشش درختان در منطقه وان ترکیه چندین هزار سال پس از دریاچه زریوار رخ داده و دوره دیریخبندان در منطقه وان هم‌زمان با دوره هولوسن پیشین در زریوار بوده است [۵]. بنابراین، مسئله اساسی در مقایسه تغییرات پوشش گیاهی دریاچه‌های مختلف، تعیین تفاوت سن‌سنجی است و به همین دلیل تعیین سن دقیق دوره‌ها مشکل و گاهی غیرممکن است. امید است که با ادامه پژوهش‌ها و استفاده از نمونه‌های سن‌سنجی ضمن به دست آوردن بازه‌های زمانی دقیق بتوان تغییرات پوشش گیاهی زاگرس را با سایر مناطق ایران مقایسه کرد.

۴-نتیجه‌گیری

بررسی دیرین‌اقلیم‌شناسی ایران به روش‌های مختلف در غرب، شمال‌غرب ایران و همچنین جنوب‌غرب آسیا توانسته است وقوع رخدادهای اقلیمی مانند فازهای خشک و

مرطوب یا سرد و گرم را در دوره کواترنری شناسایی کند، اما هنوز بحث بر سر تعیین سن و جهت تغییرات بر جای خود باقی است.

در این پژوهش با بررسی موردی دریاچه گهر در غرب ایران، تلاش شد تا تغییرات پوشش گیاهی و همچنین آب‌وهوایی دیرین منطقه به دو روش گرده‌شناسی و مدل‌سازی شناسایی شود. تحلیل خوشه‌ای درصد فراوانی گونه‌های گیاهی در کردار گرده حاکی از تغییرات پوشش گیاهی و وجود چهار زون اصلی GHA (عمق ۳۰۰ تا ۲۹۰ سانتی‌متر)، GHB (عمق ۲۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر)، GHC (عمق ۱۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) و زون GHD (عمق ۵۰ تا ۰ سانتی‌متر) در منطقه گهر است. فراوانی حضور گونه‌های درختی و علفی در دو زون قدیمی‌تر نسبت به دو زون جدیدتر قابل ملاحظه است.

همچنین نتایج بازسازی داده‌های دمای هوا و بارش منطقه به‌وسیله مدل MCM طی ۴۰ هزار سال گذشته نشان دهنده وجود به ترتیب چهار دوره اصلی سرد و خشک، گرم و خشک، سرد و مرطوب و گرم و خشک تا به امروز است. وجود دوره‌های متوالی متفاوت از نظر شرایط رطوبتی و حرارتی با استفاده از داده‌های بازسازی‌شده دما و بارش در منطقه مورد بررسی با تغییرات متوالی فراوانی گونه‌های درختی و علفی قابل توجیه است.

با مقایسه زون‌های کردار گرده گهر و سایر مناطق ایران به‌ویژه کردار گرده میرآباد و زریوار، به نظر می‌رسد پوشش گیاهی حاکم در دو زون GHA و GHB با شروع افزایش گونه‌های درختی بلوط و همچنین پسته همراه باشد. وجود پوشش گیاهی درختی در این زون نشان‌دهنده حاکمیت پوشش گیاهی از نوع جنگلی- استپی با گونه غالب بلوط در منطقه است. از دیگر نتایج این بررسی می‌توان به تغییرات فراوانی درختان بلوط و ریش‌بز در طول مغزه رسوبی اشاره کرد که به نظر می‌رسد ناشی از تغییرات شرایط رطوبتی و دمایی محیط است. همچنین با تحلیل کردار گرده، حذف پوشش گیاهی درختی به‌ویژه درختان بلوط و گیاهان علفی در مرز بین دو زون GHB و GHC است که احتمالاً با شرایط نامساعد رشد گیاهان در اواخر هولوسن در حدود ۴۰۰۰ سال پیش مرتبط است. به نظر می‌رسد فراوانی درختچه ریش‌بز شاهدی بر خشکی محیط در زون GHC باشد و پوشش گیاهی در منطقه گهر همانند زریوار پس از یک دوره خشک چند صد ساله مجددا در منطقه مستقر شده است.

با محاسبه شاخص‌های گرده در منطقه گهر مانند نسبت خانواده گندمیان به درمنه (P/A)، اسفناجیان به درمنه (C/A) و گرده‌های درختی به علفی (AP/NAP)، به نظر می‌رسد، افزایش شاخص اسفناجیان به درمنه می‌تواند معرف شرایط خشکی محیط در میانه زون GHB همراه با کاهش گونه‌های درختی نظیر بلوط باشد. همچنین تغییرات فراوانی گونه‌های علفی در دو زون GHC و GHD، می‌تواند نشانگر تغییراتی همچون تخریب پوشش گیاهی و چرای بی‌رویه باشد که منجر به افزایش گونه‌های گیاهی مهاجم نظیر بارهنگ در منطقه و جایگزینی آن به همراه سایر گیاهان علفی مانند علف هفت‌بند در اثر چرای شدیدشده است. همچنین حضور هرچند ناچیز گرده گیاهان درختی دست‌کاشت نظیر گردو، چنار در دو زون اخیر می‌تواند شاهد دیگری بر دخالت انسان در منطقه زاگرس در این زمان باشد.

این تحقیق نشان داد که تغییرات نسبت گونه‌های گیاهی شاخص، نظیر افزایش گیاهان خانواده اسفناجیان نسبت به درمنه احتمالاً می‌تواند منجر به تشدید شرایط خشکی در منطقه و جایگزینی پوشش درختی به وسیله گیاهان علفی مقاوم به شرایط آب‌وهوایی خشک شود. شواهد نشان می‌دهد که دوره مرطوب در منطقه گهر احتمالاً با افزایش پوشش گیاهی از نوع جنگلی- استپی همراه با گیاه درختی غالب بلوط همراه است. همچنین مدل‌سازی دما و بارش در منطقه نشان‌دهنده رخداد دوره‌های متوالی گرم و خشک، سرد و خشک، سرد و مرطوب و نهایتاً گرم و خشک در طول ۴۰ هزار سال گذشته تا به امروز در منطقه گهر است که مقایسه نتایج مدل‌سازی و گرده‌شناسی نیازمند داده‌های سن‌سنجی بیشتر در پژوهش‌های آتی است.

بررسی موردی دریاچه گهر در غرب ایران و بخش مرتفع زاگرس به‌روش گرده‌شناسی، توانایی این روش را در یافتن شاخص‌های گرده‌ای بررسی آب‌وهوای دیرین و تأثیر دخالت انسان در منطقه مورد بررسی را اثبات کرد. در این پژوهش، با بررسی پیشینه تحقیقات دیرین اقلیم‌شناسی و تغییر آب‌وهوای ایران و همچنین با شناسایی گرده‌های موجود و ترسیم کردار گرده در طول سه متر مغزه رسوبی دریاچه گهر تلاش شد تا ضمن بازسازی تغییرات پوشش گیاهی دیرین، با کمک داده‌های مدل‌سازی شده، تغییرات آب‌وهوایی در منطقه شناسایی شود. به‌نظر می‌رسد ادامه بررسی گرده‌شناسی با تفکیک بالاتر به همراه داده‌های سن‌سنجی بیشتر بتواند در تفسیر این تغییرات راه‌گشا باشد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق بدون همکاری اساتید و کارکنان محترم موسسه تحقیقات دینامیک اقلیم و دیرین‌اقلیم‌شناسی دانشگاه گوتینگن آلمان و همچنین سازمان زمین‌شناسی ایران امکان‌پذیر نبود. بدین‌وسیله، از همکاری این بزرگواران در انجام این پژوهش قدردانی می‌کنیم. همچنین، از معاونت پژوهشی دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی و مرکز همکاری‌های علمی و بین‌المللی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به خاطر حمایت در اجرا و تأمین هزینه‌های بخشی از این طرح تشکر می‌کنیم. از جناب آقای دکتر پیتر ویگاند که در بخش مدل‌سازی با ما همکاری کردند صمیمانه سپاس‌گزاریم. پژوهش‌های میدانی منطقه و نمونه‌برداری طی دو سفر با همکاری دوستان عزیز در دانشگاه تهران و شهید بهشتی و همچنین آقایان ظهراب و سجاد جهانبخشی صورت گرفت که به این وسیله صمیمانه از آنان قدردانی می‌کنیم.

پی‌نوشت‌ها

*شایان ذکر است که این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی با شماره قرارداد ۱۰۷۸ مورخ ۹۳/۹/۱۹ میان مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی بین‌المللی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و دانشگاه شهید بهشتی است.

[1] MCM (Macrophysical Climate Model)
[2] Younger Dryas
[3] Mediterranean pluviseasonal continental (Mpc)
[4] Mediterranean xeric continental (Mxc)
[5] Mediterranean desertic continental (Mdc)
[6] Auger Handy corer
[7] Georg-August-University of Göttingen, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, Palynology and Climate Dynamics.
[8] TPS (Total pollen Sum)
[9] Z-SCORE
[10] Arboreal Pollen / None Arboreal Pollen ratio (AP/NAP)
[11] Chenopodiaceae / Artemisia ratio (C/A)
[12] Poaceae (>30Mm) / Artemisia ratio (P/A)
[13] Varve

منابع

[1] Cuffey K M, Clow G D. Temperature, accumulation, and ice sheet elevation in central Greenland through the last deglacial transition. Journal of Geophysical Research; **1997**; **102**: 26383-26396.

[2] Alley R B, Mayewski P A, Sowers T, Stuiver M, Taylor K C and Clark P U. Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8,200 years ago. Geology; **1997**; **25**: 483-486.

[3] Van Zeist W, Bottema, S. Palynological investigations in Iran. Palaeohistoria ; **1977** ; **19**, 19-85.

[4] Van Zeist W, Wright H E. Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, science; **1963**; **140**, 65-67.

[5] Wasylikowa K, Witkowski A. Diatom Monographs. The palaeoecology of Lake Zeribar and surrounding areas; Western Iran; during the last 48000 years. A.R.G. Gantner Verlag K.G. Koeltz Science books; **2008** :8 Germany, ISBN-13978-3-906166-55-1.

[6] Djamali M, Akhani H, Andrieu-Ponel V, Braconnot P, Brewer S, de Beaulieu J L, Fleitmann D, Fleury J, Gass F, Guibal F, Jackson S T, Lezine A M, Medail M, Ponel P, Roberts N and Stevens L. Indian Summer Monsoon variations could have affected the early Holocene woodland expantion in the Near East. The Holocene; **2010**; **20**: 5: 153: 813–820.

[7] Nabavi M H. The first overview on origin of Lake Gahar: Oshtorankuh in Lorestan Province. Iran. Iranian Geological Survey; **1986**; [in Persian].

[8] Zohary M, Majnounian(translator). The geobotanical structure of Iran,Dayereh sabz publication. first pub; **2005**. **87**,[in Persian].

[9] Lashanizand M, Parvaneh B. Regionalization of climate in Lorestan Province. Journal of Physical Geography.4th year; **2000**; N.**11**. Spring. 23-45. [Persian].

[10] Hasanvand Z. Synoptic and thermodynamic analysis of heavy precipitation in Lorestan Province. Master Thesis. Climatology. Shahid Beheshti University. Tehran, Iran; **2015**.143 [in Persian].

[11] Djamali M, Akhani H, Khoshravesh R, Andrieu-Ponel V, Ponel P, Brewer S. Application of global bioclimatic classification to Iran: implications for understanding the modern vegetation and biogeography, Ecol. Mediterranean; **2011**; **37**: 91–114.

[12] Beug H J. Atlas: Leitfaden der Pollenbestimmung fur Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. published by verlag Dr Friedrich pfeil. ISBN 3-89937-043-0. Gottingen; **2004**.p.586.

[13a] [19a] Reille M. Pollen et Spores D'Europe et D'Afrique du Nord, Laboratoire de Botanique historique et Palynologie. Marseille. France ; **1992** ; ISBN 2-9507175-0-0.

[13b] [19b] Reille M. Pollen et Spores D'Europe et D'Afrique du Nord. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie,BOITE 451. 13397 Marseille cedex 20. France ;**1995** ; Supplement 1.

[13c] [19c] Reille M. Pollen et Spores D'Europe et D'Afrique du Nord. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie. BOITE 451. 13397 Marseille cedex 20. France ; **1998** ;Supplement 2.

[14] Grimm EC. CONISS: a Fortran 77 program for stratigraphically contrained cluster analysis by the method of the incremental sum of squares. Comp Geosci;**1987**. **13**:13–35.

[15] Bryson R A. Modelling the NW India Monsoon for the Last 40000 Years. Climate Dynamics;**1989**; **3**: 169-177.

[16] El-Moslimany A P. The Late Pleistocene climates of the Lake Zeribar region.Vegetation. Dr W. Junk Publishers. Dordrecht - Printed in the Netherlands; **1987**; **72**: 131-139.

[17] Rull V. A note on pollen counting in palaeoecology. I.V.I.C. Centro de Ecologia y Ciencias Ambientales. Apartado 21827 ; **1987** ; Caracas 1020-A.Venezuela .

[18] Bottema S, Woldring H. Anthropogenic indicators in the pollen diagrams of the Eastern Mediterranean. In: Bottema S, EntjesNieborg G, van Zeist W (eds) Man's role in the shaping of the Eastern Mediterranean landscape. Balkema. Rotterdam; **1990**; 231–264.

[19] Djamali M, De Beaulieu J L, Miller N, Andrieu-Ponel V, Berberian M, Gandouin E, Lahijani H, Ponel P, Salimian M, and Guiter F. A late Holocene pollen record from Lake Almalou in NW Iran: evidence for changing land-use in relation to some historical events during the last 3700 years, J Archaeol Sci ; **2009** ;**36**:1. 346–1.375.

[20] Djamali M, Jones M D, Migliore M, Balatti S, Fader M, Contreras D, Gondet S, Hosseini Z, Lahijani H, Naderi A, Shumilovskikh L S, Tengberg M, and Weeks L. Olive cultivation in the heart of the Persian Achaemenid Empire:new insights into agricultural practices and environmental changes reflected in a late Holocene pollen record from Lake Parishan, SW Iran. Vegetation History Archeobot; **2015**; DOI 10.1007/s00334-015-0545-8.

[21] Stevens L R, Wright Jr HE, Ito E. Proposed changes in seasolality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar. Iran. Holocene ;**2001** ; **11** : 747-755.

[22] Moore P D, Webb JA, and Collinson M E. Pollen Analysis. Second edition. Oxford: Blackwell;**1991**. 216.