



Reconstruction of Holocene Climate Changes in Southwestern Iran using Modern Pollen Rain Analysis

Mahmoud Davoudi^{a*}, Mohammad Amin Moradi Moghaddam^b

^a Assistant Professor in Climatology, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan, Rasht, Iran

^b PhD in Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 18 February 2022

Revised: 2 March 2022

Accepted: 4 April 2022

Abstract

The basis of estimating the future climate is the evidence of today's climate. The more stable the evidences, the more accurate the perceptions will be. Reconstructing the past climate of hundreds to millions years ago, paleoclimatology can help reconstructing the future climate. In this research, 120 surface samples were used to analyze modern pollen rain and determine the relationship between pollen and climatic variables. Extraction of pollen from surface samples was done using a combination of standard methods of Faegri and Iverson (1975) and Moore et al. (1991). To reconstruct climatic variables, MAT method in PAST software was used as an environmental transfer function. By implementing the results of modern pollen rain analysis on the fossil pollens of Parishan Lake, the climatic variables of the region were reconstructed during the Holocene. The results showed that since about 10,000 years ago, temperature and precipitation have fluctuated a lot in southwest Iran. At this time, the rainfall fluctuated between 316 and 750 mm. There has been three periods of heavy rainfalls in southwest Iran: 8000-9500, 6200-6800, and 2200-4500-years ago. In all the periods, the rainfall average had been more than today's rainfall average. The minimum rainfall was 550 and the maximum was 750 mm. In all the periods with an increase in precipitation, the temperature has decreased, and there is a strong inverse relationship between them; the greater the decrease of temperature, the greater the increase of precipitation. The decrease of temperature in the Holocene occurred at least up to 19 degrees Celsius and increased up to 26 degrees at the maximum. The temperature increase that matches with the decrease of precipitation occurred in three periods: The early Holocene to 9500 years ago, 6800-8000 years ago, and 4500-6200 years ago.

Keywords: Paleoclimate, MAT, Palynology, Temperature-precipitation Changes, Holocene

* Corresponding author: Mahmoud Davoudi E-mail: m.davudi62@gmail.com Tel: + 989125910074

How to cite this Article: Davoudi, M., & Amhadmorad Moghaddam, M. A. (2023). Reconstruction of Holocene climate change in southwestern Iran using modern pollen rain analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(1). 171-188

DOI: 10.22067/geoeh.2022.75218.1174



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 1 - Number 45, Spring 2023

<https://geoeh.um.ac.ir>

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75218.1174>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارهٔ چهل و پنجم، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۷۱-۱۸۸

مقاله پژوهشی

بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن در جنوب غرب ایران با استفاده از «واکاوی بارش گرده معاصر»^۱

محمود داودی^۲ - استادیار گروه جغرافیای دانشگاه گیلان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

محمدامین مرادی مقدم - دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱/۱۵

چکیده

مبنای درک آب و هوای آینده شواهد آب و هوایی امروز هستند و هر قدر این شواهد طولانی تر باشد می توان درک دقیق تری از تغییرات آب و هوایی آینده داشت. آب و هواشناسی دیرینه با بازسازی آب و هوای گذشته بین صدها تا میلیون ها سال گذشته می تواند کمک مؤثری در بازسازی اقلیم آینده داشته باشد. در این پژوهش برای انجام تحلیل گرده معاصر و درک روابط بین گرده ها و متغیرهای اقلیمی از تعداد ۱۲۰ نمونه سطحی استفاده شد. استخراج گرده ها از نمونه های سطحی با استفاده از ترکیبی از روش های استاندارد فانگری و ایورسن^۳، ۱۹۷۵ و موور^۴ و همکاران، ۱۹۹۱ انجام شد. برای بازسازی متغیرهای اقلیمی نیز از روش MAT در نرم افزار PAST به عنوان تابع انتقال محیطی استفاده شد. بدین صورت که با پیاده سازی نتایج تحلیل بارش گرده ای معاصر بر روی گرده های فسیل دریاچه پریشان، متغیرهای اقلیمی منطقه در هولوسن بازسازی شد. نتایج نشان داد از حدود ۱۰ هزار سال قبل در جنوب غرب ایران دما و بارش دارای نوسانات زیادی بوده اند. در این زمان بارش بین ۳۱۶ تا ۷۵۰ میلی متر نوسان داشته است که در سه مقطع زمانی ۹۵۰۰-۸۰۰۰، ۶۸۰۰-۶۲۰۰ و ۴۵۰۰-۲۲۰۰ سه دوره پر بارش در جنوب غرب ایران بوده است. در

1 modern pollen rain

Email: m.davudi62@gmail.com

۲ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۹۱۰۰۷۴

3 Faegri and Iverson

4 Moore

نحوه ارجاع به این مقاله:

داودی، محمود؛ مرادی مقدم، محمدامین؛ ۱۴۰۲. بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن در جنوب غرب ایران با استفاده از «واکاوی

بارش گرده معاصر». جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۱). صص ۱۷۱-۱۸۸

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75218.1174>

تمامی این سه دوره بارش بیش از میانگین امروز بوده است و حداقل بارش ۵۵۰ و حداکثر ۷۵۰ میلی‌متر بوده است. در تمامی دوره‌های با افزایش بارش دما نیز کاهش داشته است و رابطه معکوس قوی بین آن‌ها وجود دارد و هر قدر میزان کاهش دما بیشتر بوده میزان افزایش بارش نیز بیشتر بوده است. کاهش دما در هولوسن حداقل تا ۱۹ درجه سلسیوس رخ داده و حداکثر نیز تا ۲۶ درجه افزایش داشته است. افزایش دما که مصادف با کاهش میزان بارش است، در سه دوره رخ داده که شامل اوایل هولوسن تا ۹۵۰۰ سال پیش، ۶۸۰۰-۸۰۰۰ سال قبل و ۶۲۰۰-۴۵۰۰ سال قبل است.

کلیدواژه‌ها: آب و هواشناسی دیرینه، MAT، گرده‌شناسی، تغییرات دما-بارش، هولوسن.

۱-مقدمه

آگاهی از تغییرات محیطی گذشته نه تنها زمینه‌ای را برای مطالعه تغییرات حال و آینده فراهم می‌سازد، بلکه ما را در شناسایی مکانیسم‌های طبیعی مؤثر در تغییرپذیری‌های آب‌وهوایی یاری می‌رساند (ترون^۱، ۲۰۰۶). امروزه تغییر اقلیم به مبحثی مهم در سراسر دنیا تبدیل شده و داشتن تصویری هرچند کلی از شرایط آب‌وهوایی در آینده بسیار مهم است. مبنای درک آب‌وهوای آینده، شواهد آب‌وهوایی امروز هستند و هر قدر این شواهد طولانی‌تر باشند می‌توان درک دقیق‌تری از تغییرات آب‌وهوایی آینده داشت. متأسفانه داده‌های هواشناسی ثبت شده آنقدر طولانی نیستند که با استفاده از آن‌ها، بتوان آب‌وهوای طولانی‌مدتی را پیش‌بینی کرد. آب و هواشناسی دیرینه با بازسازی آب‌وهوای گذشته بین صدها تا میلیون‌ها سال گذشته این خلأ را تا حدودی پر کرده و می‌تواند با بازسازی عناصر آب‌وهوایی گذشته در پیش‌بینی الگوهای آب‌وهوایی آینده کمک کننده باشد (داودی و همکاران، ۱۳۹۴).

پیشرفت‌های اخیر در زمینه بازسازی مقادیر کمی متغیرهای محیطی منجر به گسترش وسیع تکنیک‌های بازسازی طولانی‌مدت گذشته بر مبنای فسیل‌ها شده است. در این تکنیک‌ها معمولاً اجتماع فسیل‌ها با استفاده از توابع ریاضی به مقادیر کمی متغیرهای محیطی منتج می‌شود (جیانگ^۲، ۲۰۱۰؛ ژانگ^۳، ۲۰۰۷). یکی از ابزارهای عالی برای بازسازی شرایط محیطی و اقلیمی گذشته پالینولوژی است که می‌توان با استفاده از آن شرایط محیطی گذشته و دوره‌های مرطوب-خشک و سرد-گرم را بازسازی کرد. مطالعات «بارش گرده معاصر» در زمینه آب و هواشناسی دیرینه کاربرد زیادی دارد (گومز^۴ و همکاران، ۲۰۲۱) و با استفاده از آن می‌توان مقادیر کمی متغیرهای اقلیمی گذشته را بر اساس مطالعات پالینولوژی تعیین کرد.

1 Theron

2 Jiang

3 Zhang

4 Gomes

به دلیل پیچیدگی‌های حاکم بر شرایط اقلیمی دوره هولوسن، مطالعات گسترده‌ای در سراسر جهان برای شناسایی و درک تغییرات اقلیمی این دوره صورت پذیرفته است. از جمله مطالعات اخیر در ایران در مورد تغییرات اقلیمی هولوسن این موارد هستند:

قربانی (۱۳۹۶) با بررسی تغییرات اقلیمی کواترنر پایانی بیان می‌کند که در دوره‌های یخچالی و یخبندان، سرزمین ایران شرایط سرد و خشکی داشته و بلعکس در دوره‌های بین‌یخچالی و بین‌یخبندان، شرایط گرم و مرطوب تا نسبتاً گرم و مرطوبی حاکم بوده است. نتایج پژوهش عزیززی و داودی، ۱۳۹۸، سبک خیز و همکاران، ۱۳۹۸، صفایی راد و همکاران، ۱۳۹۷ نیز تأیید کننده این مورد است. **داودی و همکاران (۱۳۹۳)** و عزیززی و همکاران، ۱۳۹۲ با بررسی‌های پالینولوژیکی به کاهش رطوبت در دوره‌های سرد و افزایش آن در دوره‌های گرم اشاره می‌کنند (**داودی، ۱۳۹۳**). مطالعات خارجی در مورد تغییرات اقلیمی ایران نیز نتایج مشابهی دارد. نتایج این مطالعات نیز از اقلیم ایران نشان داد که اقلیم ایران در اواخر هولوسن خشک‌تر از اواسط هولوسن، در دوره‌های سرد دارای رطوبت کمتری بوده و اواسط هولوسن رطوبت بیشتری نسبت به شروع هولوسن و اواخر آن داشته است (**جونز^۱ و همکاران، ۲۰۱۳؛ اشمیت^۲ و همکاران، ۲۰۱۰؛ کهل^۳، ۲۰۰۹؛ اندرو^۴ و همکاران، ۲۰۲۰؛ طالبی^۵ و همکاران، ۲۰۱۶**).

اما در مورد بارش گرده معاصر و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی کار چندانی در ایران انجام نشده است و می‌توان به کار **مردای مقدم و همکاران، ۱۳۹۹** اشاره کرد که با استفاده از گرده‌های فسیل دریاچه زریبار و استفاده از تکنیک بارش گرده معاصر دما و بارش دوره پلیستوسن را بازسازی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که در این دوره دما ۵-۴ درجه سلسیوس سردتر و بارش ۲۰٪ کمتر از شرایط امروز بوده است. اما در دنیا این نوع مطالعات رواج زیادی داشته که از آن جمله به این موارد می‌توان اشاره کرد:

مطالعه **شن^۶ و همکاران ۲۰۰۶** در فلات تبت نشان داد که بارش سالانه و دمای جولای متغیرهای اصلی کنترل کننده بارش گرده‌های معاصر در منطقه هستند. **هوویوان^۷ و همکاران ۲۰۱۱** با استفاده از برداشت ۱۲۰۲ نمونه سطحی از ارتفاع ۱۰ تا ۵۵۰۰ متری، متغیرهای اقلیمی هولوسن را در فلات قینقاي-تبت^۸ بازسازی کردند و **چنگ^۹ و همکاران، ۲۰۲۰** نیز با برداشت ۸۴ نمونه سطحی در شبه‌جزیره مالای^{۱۰} و بررسی بارش گرده معاصر به وجود ارتباط قوی بین عناصر محیطی با جوامع گیاهی اشاره کردند.

1 Jones

2 Schmidt

3 Kehl

4 Andrew

5 Talebi

6 Shen

7 Houyuan

8 Qinghai-Tibetan Plateau

9 Cheng

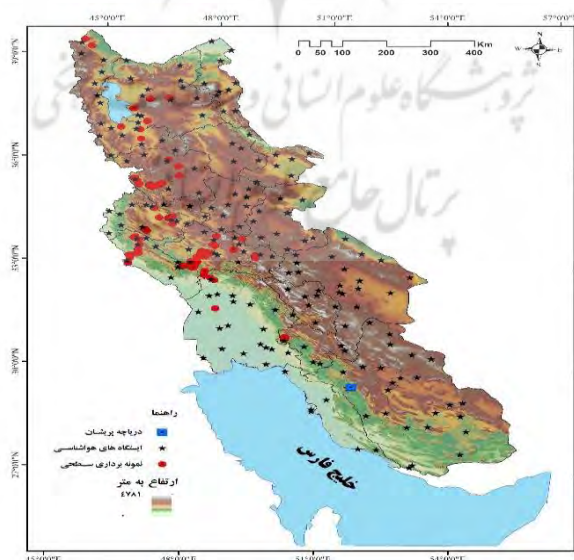
10 Malay

شناسایی ارتباط بین اجتماع‌های گرده‌های نمونه‌های سطحی و نوسانات متغیرهای اقلیمی در مرحله اول و بازسازی متغیرهای اقلیمی هولوسن با استفاده از گرده‌های فسیل دریاچه پریشان و ارتباط آن با نمونه‌های معاصر در مرحله دوم از اهداف این پژوهش است.

۳- مواد و روش تحقیق

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

پهنه رویشی زاگرس وسیع‌ترین و اصلی‌ترین رویشگاه گونه‌های مختلف بلوط در ایران بوده و به همین دلیل این منطقه از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است. جنگل‌های زاگرس با گستردگی در ۱۱ استان کشور با ۵ میلیون هکتار مساحت، ۴۰ درصد جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۳). بارندگی این ناحیه در ایستگاه‌های موجود از ۶۰۰ میلی‌متر در قسمت‌های شمالی تا ۳۰۰ میلی‌متر در جنوب غرب در نوسان است. اقلیم جنوب غرب ایران بیشتر تحت تأثیر سه عامل بارش، دما و رطوبت نسبی است که می‌توان از بارش به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار نام برد. بر اساس نوع اقلیم این منطقه را می‌توان به سه ناحیه تقسیم‌بندی کرد: اول ناحیه گرم و مرطوب که بخش‌های زیادی از استان بوشهر و خوزستان را در بر می‌گیرد و شامل سواحل خلیج فارس است؛ دوم ناحیه گرم و خشک و کم بارش که بخش‌های زیادی از استان فارس در این محدوده جای می‌گیرد و ناحیه سوم سرد و پربارش که شمال ارتفاعات زاگرس (ارتفاعات استان چهارمحال و بختیاری، ایلام، لرستان و کهگیلویه و بویراحمد) را شامل می‌شود (نظری پور و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه همراه با نمونه‌های سطحی و فسیل برداشت شده و ایستگاه‌های هواشناسی

۳-۲- جمع‌آوری و شمارش گرده‌های نمونه‌های سطحی

برای انجام تحلیل بارش گرده معاصر ابتدا نیاز به برداشت نمونه‌های سطحی است که در این پژوهش تعداد ۶۰ نمونه سطحی از منطقه مورد مطالعه از ارتفاعات پایین تا ارتفاعات بالا برداشت شد. با هدف افزایش تعداد نمونه‌های سطحی و افزایش دقت کار، نمونه‌های برداشت شده رایت و همکارانش در سال ۱۹۶۷ نیز به این داده‌ها اضافه شد؛ در نهایت تعداد ۱۲۰ نمونه سطحی برای انجام تحلیل گرده معاصر استفاده شد (شکل ۱).

برداشت نمونه‌های سطحی از استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، لرستان، ایلام و کردستان انجام شد. برداشت نمونه‌های سطحی بدین روش انجام شد که پس از انتخاب محدوده‌های ۱۰*۱۰ متر از ۵ قسمت محدوده‌ها شامل چهارگوشه و وسط آن‌ها نمونه برداشت شد. میزان برداشت این نمونه‌ها ابعاد ۱۵*۱۵ سانتی‌متر و به عمق ۱ سانتی‌متر بود که در نهایت از مخلوط کردن ۵ نمونه، نمونه نهایی برای هر محدوده فراهم گردیده و اطلاعات محیطی شامل ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی این محدوده‌ها توسط GPS ثبت شد. برای داشتن آگاهی کلی از وضعیت پوشش گیاهی و گونه‌های موجود در هر نمونه از هر مکان نمونه‌برداری یک عکس گرفته شد. پس از انتقال نمونه‌های سطحی به آزمایشگاه ابتدا با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها خشک شده و پس از کوبیده شدن از لک با مش یک میلی‌متری عبور داده شد (مردای مقدم، ۱۳۹۹). برای تطبیق اطلاعات اقلیمی نمونه‌های گرده‌ای معاصر به نمونه‌های فسیل دریاچه پریشان ابتدا باید مقادیر متغیرهای اقلیمی را برای هر ترکیب گرده‌ای محاسبه کرد. در واقع هر نمونه سطحی حاوی تعدادی گرده خاص است که نوع پوشش گیاهی مکان نمونه‌برداری را نمایان می‌کند؛ با توجه به برداشت نمونه‌های سطحی از ارتفاعات پایین تا ارتفاعات بالای منطقه و نبود ایستگاه‌های هواشناسی در ارتفاعات بالا، از تکنیک‌های رگرسیونی و درونیابی برای تعیین متغیرهای اقلیمی استفاده شد. پس از تعیین متغیرهای اقلیمی در مکان نمونه‌برداری با استفاده از تکنیک‌های نمونه‌برداری در محیط GIS مقادیر دما و بارش برای هر ترکیب گرده‌ای معاصر استخراج شده و سپس این مقادیر به ترکیب‌های گرده‌ای فسیل تعمیم داده شد.

برای شناسایی گرده‌های مغزه از رفرنس‌های معتبر اینترنتی، مقالات و کتاب‌های موجود استفاده شد (وفادار^۱ و همکاران، ۲۰۱۰؛ دمسکه^۲، ۲۰۱۳؛ رویک^۳، ۲۰۰۳؛ حسه^۴ و همکاران، ۲۰۰۹؛ و سایت گرده‌شناسی استرالیا، آریزونا و سان فرانسیسکو، داودی و همکاران، ۱۳۹۴). در مجموع برای نمونه‌های سطحی برداشت شده و نمونه‌های رایت^۵ و همکاران (۱۹۶۷) تعداد ۵۸ نوع گرده شناسایی و شمارش شد.

- 1 Vafadar
- 2 Vafadar
- 3 Roubik
- 4 Hesse
- 5 Wright

۳-۳- روش مورد استفاده برای بازسازی کمی متغیرهای اقلیمی

برای بازسازی متغیرهای اقلیمی در این مطالعه از روش MAT^۱ در نرم افزار PAST به عنوان تابع انتقال محیطی استفاده شد. این روشی برای بازسازی متغیرهای محیطی گذشته با استفاده از تجمع گیاهان و جانوران است. در واقع این روش بین اجتماع جانداران نمونه‌های سطحی به دنبال نمونه‌هایی است که کمترین مقادیر عدم تشابه را با گرده نمونه فسیل داشته باشد. سپس میانگین متغیرهای محیطی وابسته به این «نمونه‌های جدید» را به نمونه گرده فسیل نسبت می‌دهد (بارتلین^۲ و همکاران، ۲۰۱۱).

در فرایند تحلیل روش MAT بلید اثر ارتباط خطی بین متغیرهای محیطی را از بین برد که برای این کار از عامل تورم واریانس (VIF^۳) کمک گرفته شد. چنانچه VIF بین دو متغیر بالاتر از ۱۰ باشد، نشان دهنده ارتباط خطی بین آن دو متغیر است؛ بنابراین یکی از آنها در تحلیل‌ها حذف می‌شود (مرادی مقدم، ۱۳۹۹). نتایج VIF نشان داد بین دمای سالیانه و دمای تابستان و زمستان ارتباط خطی قوی وجود دارد؛ از این رو تنها دمای سالیانه در تحلیل‌ها استفاده شد. همچنین ارتباط بالای بین بارش سالیانه و بارش فصل زمستان باعث شد که در متغیر بارش نیز فقط از بارش سالیانه و بارش بهار برای بازسازی متغیر بارش گذشته در نمونه‌های فسیل دریاچه پریشان استفاده شود (جدول ۱).

جدول ۱- عامل تورم واریانس بین ۸ متغیر محیطی

	ELV	MAT	MST	MWT	MAP	MWP	MSP	MSPP
ELV	۱	*	*	*	*	*	*	*
MAT	۶/۹۳	۱	*	*	*	*	*	*
MST	۸/۱۳	۸۵۳/۳۷	۱	*	*	*	*	*
MWT	۵/۵۸	۱۴۰/۹۳	۱۴۰/۹۳	۱	*	*	*	*
MAP	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۴	۱/۰۵	۱	*	*	*
MWP	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۱۱/۹	۱	*	*
MSP	۱/۱	۱/۱۸	۱/۱	۱/۱۸	۱/۰۳	۱/۱	۱	*
MSPP	۱/۰۹	۱	۱	۱/۲۵	۲/۱۵	۱/۵۳	۱	۱

1 modern analog technique

2 Bartlein

3 variance inflation factors

۳-۴- سن سنجی

برای سن سنجی مغزه رسوبی دریاچه پریشان از روش رادیوکربنی^۱ ۱۴ استفاده شد. بدین صورت که چهار نمونه از اعماق ۱۶۵، ۴۰۰، ۷۰۰ و ۸۴۵ سانتیمتری برداشت و به آزمایشگاه تعیین سن رادیوکربنی میامی^۲ آمریکا ارسال و سن این نمونه‌ها به صورت کالیبره شده دریافت شد. با توجه به نرخ رسوبگذاری متفاوت در دوره‌های مختلف سرد و گرم در دریاچه پریشان، روش‌های آماری مختلف برای تخمین سن مغزه بر اساس چهار نمونه سن سنجی شده امتحان شده و در نهایت از روش‌های کمترین مربعات و رگرسیونی با استفاده از چند جمله‌ای درجه سوم داده‌های سن سنجی به کل مغزه رسوبی تعمیم داده شد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- تعیین شرایط اقلیمی

بعد از انجام کارهای آزمایشگاهی و شمارش گرده‌ها، ترکیب گرده‌ای هر محدوده تعیین شد. این ترکیب‌های گرده‌ای که معرف نوع پوشش گیاهی آن منطقه است، هر کدام در شرایط آب‌وهوایی متفاوتی ایجاد شده است. از این رو برای درک شرایط آب‌وهوایی هر ترکیب گرده‌ای لازم است تا میزان متغیرهای آب‌وهوایی در محدوده مناطق نمونه‌برداری شده را داشته باشیم. از آنجا که مقادیر هواشناسی به صورت نقطه‌ای ثبت می‌شود و معمولاً در ارتفاعات بالا نیز ایستگاه‌های هواشناسی نداریم، برای رسیدن به این هدف باید از روش‌های رگرسیونی و درونیابی استفاده کنیم. در این راستا از تعداد ۱۹۵ ایستگاه هواشناسی با طول آماری ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ استفاده شد (شکل ۱).

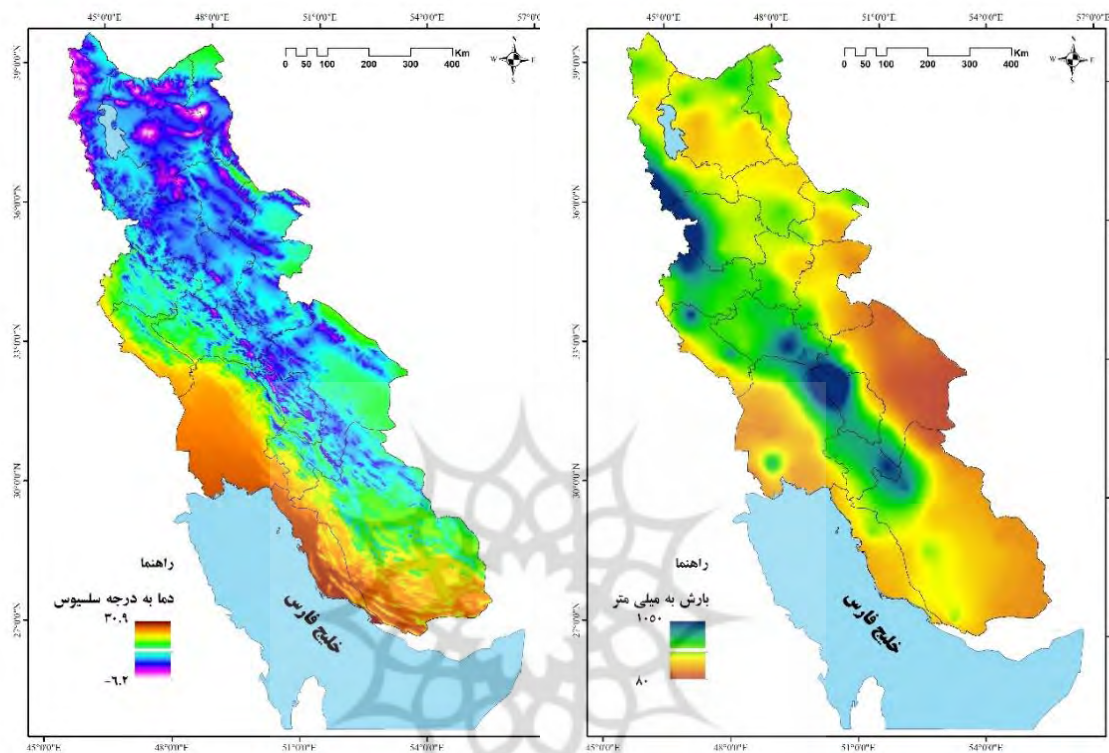
برای بررسی وجود ارتباط بین فاکتورهای ارتفاع و عرض جغرافیایی بر دما و بارش منطقه از مدل رگرسیونی خطی استفاده شد. نتایج مدل رگرسیون خطی برای دما معنادار بود به گونه‌ای که ضریب تعیین برای هر سه حالت دمای سالانه، دمای تابستان و زمستان بالای ۹۰٪ بود که نشان می‌دهد مدل برازش خوبی داشته و حداقل ۹۰٪ تغییرات دما توسط ارتفاع و عرض جغرافیایی توجیه می‌شود. همچنین میزان P-value نیز کمتر از ۰.۰۵ بود (جدول ۲) که نشان دهنده وجود همبستگی قوی بین متغیرهای مستقل و وابسته است. اما این مدل برای بارش معنادار نشد و برای ایجاد لایه رستری بارش از روش‌های درونیابی استفاده گردید.

برای درونیابی بارش با توجه به وسعت و توپوگرافی منطقه از روش زمین آمار کریجینگ استفاده شد. بررسی‌های اکتشافی داده‌های بارش نشان داد که این داده نرمال نیستند؛ از این رو از طریق روش لگاریتمی نرمال شد. همچنین بررسی روند داده‌های بارش نشان داد که بارش‌ها دارای روند کاهشی غرب به شرق و روند افزایشی جنوب به شمال هستند؛ بنابراین برای حذف روند در انجام درونیابی نیز از معادله درجه سوم که کمترین میزان خطا را داشت استفاده

1 carbon-14 dating

2 Miami, Florida 33155 USA

شد. در نهایت با انجام تنظیمات مختلف روش کریجینگ تا حد امکان از میزان خطا کاسته شده و لایه بارش درونیایی شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه بارش و دمای سالانه منطقه مورد مطالعه

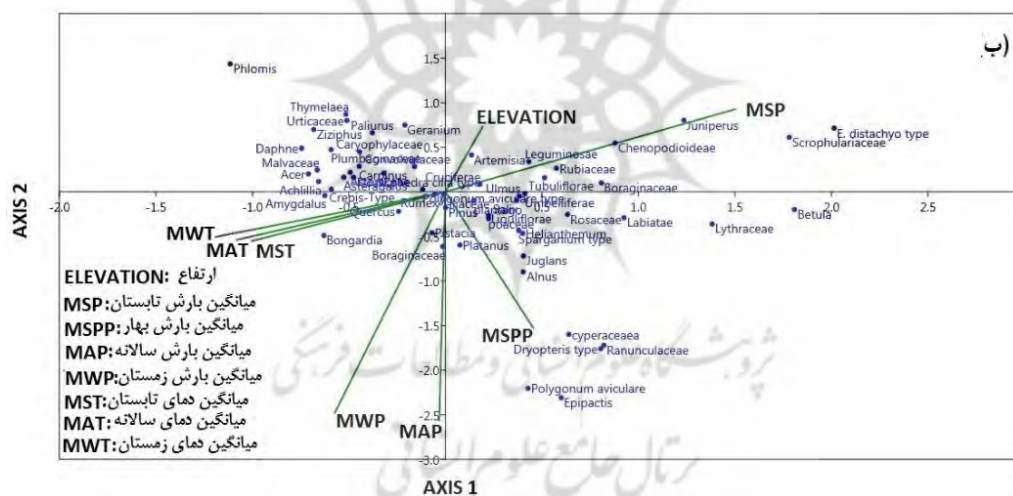
جدول ۲- روابط همبستگی بین دو متغیر ارتفاع و عرض جغرافیایی با دما

معادله خط وایزی	P-Value	Significance F	R ²	دوره	ردیف
$Y = -0.9439 * Y_{cordinte} - 0.00557 * elevation + 56.537$	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۹۵	سالانه	۱
$Y = -1.067 * Y_{cordinte} - 0.00537 * elevation + 48.677$	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۹۷	زمستان	۲
$Y = -0.837 * Y_{cordinte} - 0.00551 * elevation + 64.58$	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۹۱	تابستان	۳

۲-۴- تحلیل ارتباط بین ترکیب‌های گرده‌ای نمونه‌ها و متغیرهای اقلیمی

در این پژوهش برای مطالعه ارتباط بین ترکیب‌های گرده‌ای با متغیرهای محیطی از تحلیل همبستگی کانونی (CCA) استفاده می‌گردید. نتایج تحلیل نشان داد که دما بیشتر از بارش بر روی گرده‌ها تأثیر داشته است. گرده‌هایی مانند *Quercus*، *Pistacia*، *Artemisia*، *Poaceae* که به مرکز نمودار نزدیک هستند از هر دو عامل دما و بارش تقریباً به‌طور مساوی تأثیر پذیرفته‌اند. *Chenopodiaceae* که در سمت راست و بالا قرار دارد نشان می‌دهد که در شرایط خشک و گرم بهتر رشد می‌کند و *phlomis* که در سمت چپ و بالای نمودار قرار دارد نشان‌دهنده علاقه به شرایط زیستی سرد و خشک در محل رویش است. بارش فصل بهار بر گرده‌های *Juglans*، *Cyperaceae*، *Alnus*، *Platanus* و *Poacea* تأثیر دارد.

مقادیر ویژه برای دو محور اول CCA برابر با $\lambda_1 = 0.244$ و $\lambda_2 = 0.193$ و همبستگی بین متغیرهای محیطی و گرده‌های گیاهی برای این محورها برابر با (۰/۷۳ و ۰/۷۱۹) است که نشان‌دهنده رابطه معنی‌دار بین توزیع ۵۸ نوع گرده و ۸ متغیر محیطی است.



شکل ۳- تحلیل همبستگی کانونی (CCA) روابط بین ۵۸ نوع گرده و متغیرهای اقلیمی (Eigenvalues: $\lambda_1=0.285$, $\lambda_2=0.180$).

۳-۴- بازسازی بر اساس توالی گرده‌های فسیل دریاچه پریشان

پریشان یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های آب شیرین ایران در شهرستان کازرون استان فارس واقع شده است که امروزه به علت عوامل مختلف از جمله خشکسالی، حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت بیش از حد ظرفیت از آب چاه‌های پیرامون دریاچه (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۵) تقریباً خشک شده و در فصول مختلف میزان آب مختلفی دارد.

این دریاچه بین ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه و ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت آن ۴۳۰۰ هکتار و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۸۲۰ متر است و حوزه آبریز آن ۲۶۶۵ کیلومتر مربع است.

برای بررسی متغیرهای اقلیمی دریاچه پریشان از ایستگاه هواشناسی کازرون استفاده شد. بارش کازرون به‌طور متوسط حدود ۴۴۸ میلی‌متر است که از این مقدار ۴۸ درصد آن در زمستان می‌بارد؛ پاییز با ۳۵ درصد و بهار با ۱۷ درصد بارش سالانه در رتبه‌های بعدی قرار دارند و تابستان تقریباً بارش ندارد. در واقع می‌توان گفت در حال حاضر کازرون در نیمه سرد سال آب‌وهوای مرطوب و در نیمه گرم سال آب‌وهوای خشکی دارد. میانگین دمای سالانه منطقه ۲۳ درجه سلسیوس است که نشان‌دهنده گرم بودن این منطقه است. دمای تیر با میانگین ۳۳/۸ درجه سلسیوس و دی‌ماه با میانگین ۱۱/۲ درجه سلسیوس گرم‌ترین و سردترین ماه هستند. در حالت کلی زمستان با میانگین ۱۳/۶ درجه سلسیوس و تابستان با ۳۲/۵ درجه سلسیوس گرم‌ترین و سردترین فصل‌های کازرون هستند. بر طبق نمودار آمبروترمیک دی، بهمن و آذرماه جزو ماه‌های مرطوب و سایر ماه‌ها خشک هستند (سایت هواشناسی استان فارس). جهت برآزش این داده و بازسازی دما از داده‌های گرده‌های فسیل مغزه برداشت شده از دریاچه پریشان استفاده شد. این مغزه توسط دستگاه مغزه بردار روسی به طول ۸/۵ متر از این دریاچه برداشت شده و طول زمانی ۴۰±۱۰۹۸۰ سال را پوشش می‌دهد. در این نمونه ۳۳ گرده خشکی زی و ۲ گرده آبی شناسایی شد. فراوان‌ترین گرده در این مغزه *Chenopodiaceae* است که ۳۳٪ از کل گرده‌های مغزه را تشکیل می‌دهد. بعد از آن *poaceae* با ۲۹٪ و *Quercus* با ۱۲/۴٪ فراوان‌ترین گرده‌های این مغزه را تشکیل می‌دهند. علاوه بر بلوط گرده‌های درختان پسته، بادام و زیتون نیز در این مغزه وجود داشت و گرده‌های غیر درختی فراوان دیگر این مغزه شامل *Apiaceae*, *Artemisia*, *Asteraceae* و *Centaurea solstitialis* است (داودی، ۱۳۹۳).

نمودار گرده‌های فسیل دریاچه پریشان را از لحاظ ترکیب گرده‌ای می‌توان به ۶ زون تقسیم کرد (شکل ۴). در ابتدای این زون دمای سالانه در حدود دمای امروزی بوده است که افزایش دما بعد از دوره سرد یانگر دریاس را نشان می‌دهد. در زون اول که به ۱۰۳۶۸ تا ۱۰۰۹۷ سال قبل بازمی‌گردد گونه‌های *Chenopodiaceae*, *Artemisia* و *Asteraceae* گونه‌های غالب هستند که این ترکیب گرده‌ای ویژگی اقلیم با بارش ۳۰۰-۱۰۰ میلی‌متر (تاراسوف^۱، ۱۹۸۸) و دوره‌های گرم و خشک (کاپلان^۲، ۲۰۱۳) است که نشان از کم بودن بارش در اوایل هولوسن در منطقه دارد؛ کم بودن گونه‌های درختی در این زمان نیز کمبود بارش را تأیید می‌کند. بازسازی مقادیر دما و بارش نیز تأیید کننده هستند و مقدار بارش حدود ۳۹۰ میلی‌متر و دما حدود ۲۳ درجه سلسیوس بازسازی شده است (شکل ۴ و ۵).

1 Tarasov

2 Kaplan

زون بعدی که تا حدود ۸۰۰۰ سال قبل ادامه پیدا کرده است در ظاهر مشابه با زون قبل است اما وجود گرده‌های درختی (هر چند کم) در این زون قابل توجه بوده و نشان از افزایش بارش و شروع رشد درختان بوده است. چند نشانه در این زون قابل بحث است: ابتدا کاهش مقدار *Chenopodiaceae* و افزایش گونه *Poaceae* که نشان از افزایش بارش در نیمه گرم سال دارد؛ زیرا گندمیان تعرق زیادی داشته و سیستم ریشه‌ای پراکنده و سطحی دارند، بنابراین افزایش آن‌ها نسبت به اسفنجیان نشان از افزایش بارش در نیمه گرم سال دارد (ال موسلیمانی^۱، ۱۹۸۷)؛ دوم گونه‌های *Apiaceae* و *Centaurea* همراه با *Atermisia* که از معرف‌های آب‌وهوای سرد در خاورمیانه هستند (ویک^۲، ۲۰۰۳) بیشترین فراوانی را در این زون دارند که نشان از سرد شدن این دوره نسبت به اوایل هولوسن را دارد و سوم افزایش تدریجی گرده‌های درختی است. مقادیر بازسازی نشان داد که دما در این دوره تا ۱۹ درجه سلسیوس کاهش داشته و بارش بیش از میانگین امروز بوده است و حتی گاهی تا ۷۵۰ میلی‌متر نیز افزایش داشته است. با توجه به افزایش قابل توجه بارش این زون انتظار وجود گرده‌های درختی بیشتری در آن وجود دارد؛ اما ذکر این نکته لازم است که می‌توان این زون را دوره گذر دانست. در واقع منطقه پس از عبور از دوره سرد چند هزار ساله یانگر دریا س و از بین رفتن جنگل‌ها و سپس دوره گرم و خشک اوایل هولوسن برای تشکیل جنگل‌های انبوه به زمان نیاز دارد؛ اتفاقی که در اواخر این زون رخ داده است و میزان گرده‌های بلوط به حدود ۱۲٪ از کل گرده‌های موجود افزایش یافته است. البته این افزایش در سایر گونه‌های درختی رخ نداده است؛ زیرا گونه‌هایی همچون پسته و بادام جزو گیاهان کم‌گرده نمایان هستند (ال موسلیمانی، ۱۹۸۷) (شکل ۴ و ۵).

در زون بعدی که چیزی در حدود ۴۰۰ سال طول کشیده است دوباره کاهش گونه‌های درختی رخ داده است، به گونه‌ای که بادام حذف شده و مقدار گرده بلوط از ۱۲ به ۶ درصد کاهش پیدا کرده است؛ علاوه بر آن شاهد افزایش شدید گونه *Chenopodiaceae* و کاهش گونه *Poaceae* هستیم که نشان از کم شدن بارش در این زمان است. در این زمان دما تا حدود ۲۵ درجه سلسیوس افزایش یافته و بارش تا ۳۱۶ میلی‌متر کاهش داشته است. به نظر می‌رسد که افزایش ۶ درجه‌ای دما در این دوره باعث افزایش نیاز رطوبتی گیاهان شده و علاوه بر آن کاهش بارش، باعث عقب نشینی دوباره گونه‌های درختی شده است (شکل ۴ و ۵).

زون بعدی از ۷۶۰۰ تا ۵۸۰۰ سال قبل طول کشیده است که بارزترین ویژگی آن تشکیل جنگل‌های انبوه است به گونه‌ای که ۳۴ درصد از پوشش گیاهی این زون را درختان تشکیل می‌دهند که حدود ۲۸ درصد آن بلوط است. همچنان پسته ۲/۹، زیتون ۰/۸ و بادام ۲/۲ درصد از پوشش درختی را این زون تشکیل می‌دهند. در کنار افزایش گونه‌های درختی، گونه *Chenopodiaceae* کاهش داشته است و مقدار گونه *Poaceae* نسبت به زون قبل افزایش داشته است که همه اینها نشان از افزایش بارش در این زمان دارد. خروجی مدل نیز نشان دهنده افزایش بارش تا ۷۰۰

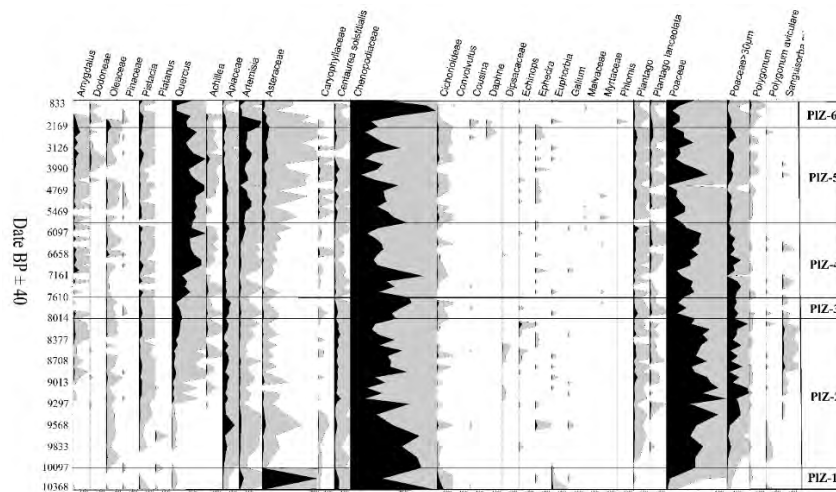
1 El-Moslimany

2 Wick

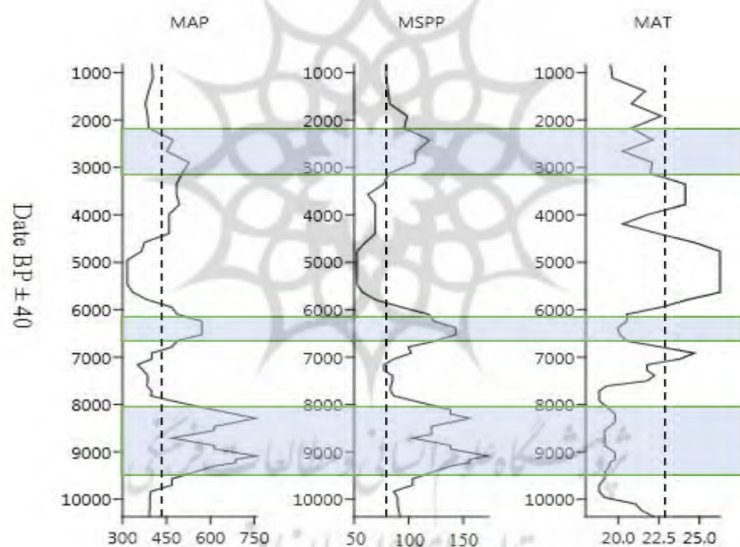
میلی متر است. در این زون نیز مشابه با زون دوم کاهش دما همراه با افزایش بارش بوده است و دما تا ۲۰ درجه سلسیوس کاهش یافته است. در اواخر هولوسن نیز دوباره کاهش دما تا ۲۰ درجه را داریم که با افزایش بارش تا ۶۰۰ میلی متر همراه است (سه ناحیه مشخص شده در شکل ۵) و به نظر می رسد که کاهش دما نه در اندازه یخبندان ولی کاهش ۷-۵ درجه ای دمای میانگین منطقه در افزایش رطوبت مؤثر است.

در زون پنجم گونه های درختی به خصوص جنگل های بلوط به رشد خود ادامه داده اند، ولی یک روند کاهش در گونه بلوط مشاهده می شود؛ به گونه ای که با وجود اوج ۳۱ درصدی در ۳۸۰۰ سال پیش در ۳۲۰۰ سال پیش مقدار گرده بلوط به ۱۲ درصد کاهش یافته است. این اتفاق همراه با افزایش بادام بوده است و این گونه با ۲/۸ درصد بیشترین مقدار را در کل مغزه در این زون دارد. در میان گرده های علفی *Chenopodiaceae* مشابه زون قبلی است ولی *Artemisia* و *Asteraceae* دوباره اوج گرفته و افزایش یافته اند. در اوایل این زون که ۵۸۰۰ تا ۲۲۰۰ سال قبل را در بر می گیرد، دما به حدود ۲۶ درجه سلسیوس رسیده است که ۳ درجه بیشتر از میانگین امروز است و همراه با کاهش بارش تا حدود ۳۰۰ میلی متر بوده است؛ اما در اواخر این زون کاهش دما به حدود ۲۱ درجه همراه با افزایش بارش تا ۶۰۰ میلی متر را شاهد هستیم. از این رو نوسانات زیاد بارش و دما باعث ایجاد حالت نوسانی در پوشش درختی به خصوص گونه بلوط شده است (شکل ۴ و ۵).

از ۲۲۰۰ سال پیش به بعد دوباره شاهد اوج گرفتن *Chenopodiaceae* هستیم که در کنار مقادیر زیاد گرده *Artemisia* و *Asteraceae* نشانه هایی از کم شدن بارش دارند به خصوص که همراه با کاهش محسوس گونه بلوط بوده است. نتایج مدل MAT نیز از کاهش بارش تا حدود ۴۰۰ میلی متر در این زون خبر می دهد. کمبود بلوط را گونه های درختی دیگر جبران کرده اند؛ به گونه ای که پسته و زیتون در این زون به حداکثر مقدار می رسند و پسته ۵/۱۸٪، زیتون ۲٪ و بادام ۲/۵٪ گونه های درختی این زون را تشکیل می دهند که تأیید کنند کاهش رطوبت است. اما یک تفاوت آشکار بین این زون با کل زون های قبلی وجود دارد و آن هم عدم افزایش بارش با کاهش دما است. در تمامی مغزه یک رابطه معکوس بین دما و بارش وجود داشت (شکل ۵) و کاهش دما همراه با افزایش قابل توجه بارش بوده است. در اوایل این زون دما حول و حوش میانگین امروز نوسان داشته و در اواخر آن به ۲۰ درجه کاهش یافته است ولی مقدار بارش کمی زیر میانگین امروز است. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به خشک شدن دریاچه پریشان در سال های اخیر، رسوبات سطحی این دریاچه در معرض هوا قرار گرفته و حالت پفکی و ریزشی داشته است. از این رو امکان اکسیداسیون گرده ها و وجود اشتباه در نمونه های سطحی این بخش طبیعی است. این دلیل قطعی نبوده و فقط یک فرض محسوب می شود که مطالعات دقیق در آینده می تواند آن را تأیید یا رد کند.



شکل ۴- نمودار گرده فسیل دریاچه پریشان (داودی، ۱۳۹۳)



شکل ۵- متغیرهای اقلیمی بازسازی شده برای 10368 ± 40 تا 833 ± 40 سال اخیر براساس گرده‌های فسیل دریاچه پریشان در جنوب غرب ایران (برای هموار شدن نمودارها، از داده‌ها میانگین متحرک گرفته شده است). دمای میانگین سالانه به درجه سلسیوس (MAT)، بارش میانگین سالانه به میلی‌متر (MAP) و بارش میانگین فصل بهار به میلی‌متر (MSPP). خط‌چین‌های عمودی مقادیر میانگین داده‌های هواشناسی دوره کنونی در ایستگاه هواشناسی کازرون را نشان می‌دهد (نمودارها بر اساس مقادیر میانگین متحرک ترسیم شده‌اند).

۵- بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش بازسازی متغیرهای اقلیمی جنوب غرب ایران در دوره هولوسن بر اساس تکنیک «بارش گرده معاصر» بود. از این رو ابتدا ارتباط بین ترکیب گرده‌های معاصر و متغیرهای اقلیمی شناسایی شد. بررسی متغیرهای دما نشان داد که سه متغیر محیطی دمای سالانه، دمای زمستان و دمای تابستان کاملاً در ارتباط با همدیگرند؛ زیرا در نمودارهای رج‌بندی زاویه بسیار کمی بین این متغیرها وجود دارد و تقریباً بر هم منطبق شده‌اند. متغیرهای دما نقش تعیین‌کننده‌ای در ترکیب گرده‌های نمونه‌های جنگل‌های بلوط و حاشیه داخلی و خارجی جنگل‌های بلوط دارند. بارش فصل تابستان در جهت مخالف متغیرهای دما است و همبستگی منفی با این متغیرها دارد. نمونه‌های شمال غرب ایران (که از استپ‌های فلات ایران و حاشیه داخلی جنگل‌های بلوط برداشت شده است) با بارش تابستان هم‌راستا هستند که نشان از تأثیر بارش تابستانه بر پوشش گیاهی این منطقه است؛ در حالی که به خاطر بارش کم عرض‌های جنوبی‌تر در تابستان، این مؤلفه در پوشش گیاهی آن‌ها تأثیر چندانی ندارد. بی‌شک مؤلفه ارتفاع نیز با کاهش دما تأثیر زیادی بر پوشش گیاهی دارد؛ اما به خاطر برداشت نمونه‌های این پژوهش از عرض‌های پایین تا بالا و روند کاهشی دما در این راستا، در خروجی‌ها نقش ارتفاع کم‌رنگ جلوه داده شده است؛ در حالی که این گونه نیست.

در ادامه به بررسی ارتباط بین گرده‌ها و عناصر اقلیمی پرداخته شده و نوع واکنش آن‌ها به متغیرهای اقلیمی تعیین شد. برای نمونه نتایج نشان داد که دما بیشتر از بارش بر روی گرده‌ها تأثیر داشته است. گونه‌هایی مانند *Quercus*، *Pistacia*، *Artemisia* و *Poaceae* از هر دو عامل دما و بارش تقریباً به‌طور مساوی تأثیر پذیرفته‌اند. گونه‌هایی همانند *Chenopodiaceae* و *Juniperus* در شرایط خشک و گرم بهتر رشد می‌کند و گونه *phlomis* در شرایط زیستی سرد و خشک رشد بهتری دارد.

پیاده‌سازی نتایج تحلیل بارش گرده‌ای معاصر بر روی گرده‌های فسیل دریاچه پریشان نشان داد که از حدود ۱۰ هزار سال قبل در جنوب غرب ایران دما و بارش دارای نوسانات زیادی بوده‌اند. در این زمان بارش بین ۳۱۶ تا ۷۵۰ میلی‌متر نوسان داشته است که در سه مقطع زمانی ۸۰۰۰-۹۵۰۰، ۶۸۰۰-۶۲۰۰ و ۴۵۰۰-۲۲۰۰ سه دوره پر بارش در جنوب غرب ایران بوده است. در تمامی این سه دوره بارش بیش از میانگین امروز بوده است و حداقل بارش ۵۵۰ و حداکثر ۷۵۰ میلی‌متر بوده است. در تمامی دوره‌های با افزایش بارش دما نیز کاهش داشته است و رابطه معکوس قوی بین آن‌ها وجود دارد و هر قدر میزان کاهش دما بیشتر بوده میزان افزایش بارش نیز بیشتر بوده است. کاهش دما در هولوسن حداقل تا ۱۹ درجه سلسیوس رخ داده و حداکثر نیز تا ۲۶ درجه افزایش داشته است. افزایش دما که مصادف با کاهش میزان بارش نیز هستند در سه دوره رخ داده که شامل اوایل هولوسن تا ۹۵۰۰ سال پیش، ۸۰۰۰-۶۸۰۰ سال قبل، ۶۲۰۰-۴۵۰۰ سال قبل است.

جنوب غرب ایران دارای میانگین دمای بالا است و در مواقع زیادی از سال تحت سیطره پرفشارهای جنب حاره است. به نظر می‌رسد که کاهش ۵ تا ۷ درجه‌ای دما در این منطقه می‌تواند تا حدودی حرکت شمال سوی این پرفشار را کند کرده و باعث افزایش بارش‌های این منطقه شود.

کتابنامه

داودی، محمود؛ ۱۳۹۳. مقایسه اقلیم مناطق شمالی و جنوبی نیمه غربی ایران در دوره هولوسن نمونه موردی: دریاچه پریشان، تالاب هشیلان و دریاچه نئور. رساله دکتری. دانشگاه تهران. دانشکده جغرافیا. استاد راهنما قاسم عزیزی.

<https://noordoc.ir/thesis/60163>. ۲۲۶

داودی، محمود، عزیزی، قاسم، مظفریان، ولی‌الله، صفایی راد، رضا، سلمانی، داود؛ ۱۳۹۴. گرده‌های فسیل دریاچه پریشان از دیدگاه آب و هواشناسی دیرینه. فصلنامه کواترنری ایران. دوره ۱. شماره ۳. ۲۸۰-۲۸۰-

<http://journal.iranqua.ir/article-1-41-fa.html>. ۲۶۵

داودی، محمود، عزیزی، قاسم، مقصودی، مهران؛ ۱۳۹۳. بازسازی تغییرات آب‌وهوایی هولوسن در زاگرس جنوبی: شواهد گرده‌شناسی و زغال در رسوبات دریاچه پریشان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال سوم. شماره ۱.

http://www.geomorphologyjournal.ir/article_77941.html. ۷۹-۶۵

سایت اطلس گرده‌ای آریزونا <http://www.geo.arizona.edu/palynology/polondc1.html>

سایت اطلس گرده و هاگ استرالیا <http://apsa.anu.edu.au>

سایت اطلس گرده‌های سان‌فرانسیسکو

<http://oldweb.geog.berkeley.edu/ProjectsResources/PollenKey/byFamiliesAll-in-1.html#Typhaceae>

سبک خیز، فاطمه، سیف، عبدالله، رامشت، محمدحسین، جمالی، مرتضی؛ ۱۳۹۸. بازسازی تغییرات اقلیمی دریاچه مهارلو از هولوسن تا عهد حاضر با تأکید بر ردیابی دوره‌های گرم و سرد. فصلنامه کواترنری ایران. دوره ۵. شماره ۲.

<http://journal.iranqua.ir/article-1-380-fa.html>. ۱۶۱-۱۴۳

شفیعی، مریم، رائینی سرجاز، محمود، غالمی سفیدکوهی، محمدعلی؛ ۱۳۹۵. بررسی اثر برداشت آب از چاه‌های بهره‌برداری پیرامون دریاچه پریشان بر افت تراز آب سطحی و زیرزمینی. پژوهش‌های محیط‌زیست. سال ۷. شماره ۱۴.

http://www.iraneiap.ir/article_45248.html. ۲۴۸-۲۳۷

صالحی، علیرضا، شبیری، سید امیدرضا، میرزایی قره‌لر، محمدرضا؛ ۱۳۹۳. ارزیابی چالش‌های اجرای طرح‌های جنگل‌کاری و غنی‌سازی جنگل از دیدگاه کارشناسان در منطقه بویر احمد. چهارمین کنگره علوم ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایران. شهریور ۱۳۹۳. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

<https://www.sid.ir/paper/845512/fa>

صفایی راد، رضا، عزیزی، قاسم، مقصودی، مهران؛ ۱۳۹۷. نقش تغییرات سامانه‌های بزرگ‌مقیاس جوی در تکوین آب‌وهوای پلیستوسن پسین و هولوسن در زاگرس. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ۴. شماره ۳. ۲۷۱-۲۵۳

<https://journal.iranqua.ir/article-1-316-fa.html>

عزیزی، قاسم، اکبری، طیبه، هاشمی، حسین، یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، عباسی جغنا، علی؛ ۱۳۹۲. تحلیل پالینولوژیکی رسوبات دریاچه نئور به‌منظور بازسازی فازهای رطوبتی دیرینه دریاچه نئور در اواخر پلیستوسن و اوایل هولوسن. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. سال ۴۵. شماره ۱. ۲۰-۱.

https://jphgr.ut.ac.ir/mobile/article_30432.html

عزیزی، قاسم، داودی، محمود؛ ۱۳۹۸. تغییرات اقلیمی ایران در دوره هولوسن. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ۵. شماره ۱. ۲۵-۱

<https://journal.iranqua.ir/article-1-352-fa.html>

قربانی، محمد صدیق؛ ۱۳۹۶. تحولات محیطی در کواترنر پایانی و منشأ دوره‌های بارانی ایران. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ۳. شماره ۲. ۱۷۵-۱۸۹

<https://journal.iranqua.ir/article-1-160-fa.html>

مرادی مقدم، محمدامین؛ ۱۳۹۹. *واکاوی توزیع گرده‌های معاصر برای بازسازی کمی آب‌وهوای دیرینه در منطقه زاگرس*. رساله دکتری. دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران. قاسم عزیزی و احمدرضا محرابیان.

<https://geography.ut.ac.ir/>

مرادی مقدم، محمدامین، عزیزی، قاسم، محرابیان، احمدرضا، خوش‌اخلاق، فرامرزی، شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ ۱۳۹۹. بازسازی کمی آب‌وهوای گذشته بر اساس تعمیم روابط اقلیم — گرده معاصر به روش MAT. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ۶. شماره ۱. ۲۲-۱.

https://journal.iranqua.ir/browse.php?a_id=441&sid=1&slc_lang=fa

نظری پور، حمید، دوستکامیان، مهدی، اسدی، آرزو، بیات، علی؛ ۱۳۹۳. ناحیه بندی جنوب و جنوب غرب ایران با رویکرد برنامه‌ریزی منطقه‌ای. *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. سال چهارم. شماره ۱۵. ۱۳۲-۱۱۹

https://jzpm.marvdasht.iau.ir/article_584.html

Andrews, J.E., S.A.Carolin, E.N.Peckover, A.Marca, S.Al-Omari, P.J.Rowe., 2020. Holocene stable isotope record of insolation and rapid climate change in a stalagmite from the Zagros of Iran, *Quaternary Science Reviews*, Volume 241, 106433.

<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106433>

Bartlein, P. J., Harrison, S. P., Brewer, S., Connor, S., Davis, B. A. S., Gajewski, K., Guiot, J., Harrison-Prentice, T. I., Henderson, A., Peyron, O., Prentice, I. C., Scholze, M., Seppa, H., Shuman, B., Sugita, S., Thompson, R. S., Vial, A. E., Williams, J., Wu, H., 2011. "Pollen-based continental climate reconstructions at 6 and 21 ka: a global synthesis", *Clim Dyn*, 37, 775–802. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-010-0904-1>

Cheng Zhongjing, Chengyu Weng, Swee Yeok Foong, Lu Dai., 2020. A study on modern pollen rain and pollen morphology in the tropical western Malay Peninsula and its implications for paleoenvironmental reconstructions in the Sunda region, *Review of Palaeobotany and Palynology* Volume 279, 104236. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104236>

Demske, Dieter, Pavel E. Tarasov, Takeshi Nakagawa, Suigetsu., 2013. Atlas of pollen, spores and further non-pollen palynomorphs recorded in the glacial-interglacial late Quaternary

- sediments of Lake Suigetsu, central Japan, *Quaternary International* 290-29, pp 164-238. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.02.002>
- El-Moslimany, A.P., 1987. The late Pleistocene climates of the Lake Zeribar region (Kurdistan, western Iran) deduced from the ecology and pollen production of non- arboreal vegetation, *vegetation* 72, p. 131-139. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00039834>
- ERRAZO M, BAUERMAN SG, LEIPNITZ IL., 2008. Palinomorfos nao polinicos provenientes de depositos quartenarios do delta do rio Doce, Espirito Santo, Brasil. Parte 1. *Journal of Geoscience* 4(2): 78-87. <https://DOI:10.4013/gaea.20082.04>
- Faegri, K. & Iverson, J., 1975. *Textbook of Pollen Analysis*, Hafner Press, 295 pp. New York. <https://doi.org/10.1002/jqs.3390050310>
- GOMES Bianca T, CORREA Angella MS, BRUNELLI Erika S, BITENCOURT Ana LV., 2021. Modern pollen rain analysis from Itapua State Park (Parque Estadual Itapua), RS, Brazil. *An Acad Bras Cienc* 93:1, e20200392. <https://DOI:10.1590/00013765202120200392>
- Hesse. Michael, Heidemarie. Halbritter, Reinhard. Zetter, Martina. Weber, Ralf. Buchner, Andrea. Frosch-Radivo, Silvia. Ulrich., 2009. *Pollen Terminology An illustrated handbook*, SpringerWienNewYork, 90. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-211-79894-2>
- Houyuan Lu, Naiqin Wu, Kam-biu Liu, Liping Zhu, Xiangdong Yang, Tandong Yao, Quan Li, Xingqi Liu, Caiming Shen, Xiaoqiang Li, Guobang Tong, Hui Jiang, Luo Wang., 2011. Modern pollen distributions in Qinghai-Tibetan Plateau and the development of transfer functions for reconstructing Holocene environmental changes, *Quaternary Science Reviews*, 30, 947-966. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.01.008>
- Jiang, W., Guiot, J., Chu, G., Wu, H., Yuan, B., Hatté, C., Guo, Z., 2010. An improved methodology of the modern analog's technique for palaeoclimate reconstruction in arid and semi-arid regions. *Boreas* 39, 145-153.
- Jones, Matthew, Morteza Djamali, Lora Stevens, Vanessa Heyvaert, Hajar Askari, Dariush Noorollahi, Lloyd Weeks., 2013. Mid Holocene environmental and climatic change in Iran, Environment, ecology, landscape and subsistence, 25-34, In book: *Ancient Iran and its neighbours: Local developments and long-range interactions in the 4th Millennium BC*. Edition: British Institute for Persian Studies Series, Chapter: 1, Publisher: Oxbow books, Editors: Petrie C.A. https://www.researchgate.net/publication/255979111_Mid_Holocene_environmental_and_climatic_change_in_Iran
- Kaplan, Güldem., 2013. Palynological analysis of the Late Pleistocene terrace deposits of Lake Van, eastern Turkey: Reconstruction of paleovegetation and paleoclimate, *Quaternary International* 292, 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.10.046>
- Kehl, Martin., 2009. Quaternary climate change in Iran– the state of knowledge, *Erdkunde*, vol 63. No1, pp 1-17. <https://DOI:10.3112/erdkunde.2009.01.01>
- Moore. P. D, Webb. J. A. and Collinson. M. E., 1991. *Pollen Analysis*, Second Edition. Blackwell Scientific Publications, Osney Mead, Oxford, OX2 0EL, England, U.K. <http://lib.modares.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=2283&Field=0&DTC=2>
- Roubik. David Ward., 2003. Pollen and Spores of Barro Colorado Island, La Ciudad de Panam, marzo, 101. <https://DOI:10.2307/4110734>
- Schmidt, Armin, Mark Quigley, Morteza Fattahi, Ghasem Azizi, Mehran Maghsoudi, Hassan Fazeli., 2010. Holocene settlement shifts and palaeoenvironments on the Central Iranian Plateau: investigating linked systems, *The Holocene* 21(4) 583-595. <https://doi.org/10.1177/0959683610385961>

- Shen, Caiming, Kam-biuLiu, LingyuTang, Jonathan T.Overpeck., 2006. Quantitative relationships between modern pollen rain and climate in the Tibetan Plateau, *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 140, Issues 1–2, 61-77.
<https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.03.001>
- Talebi, Taravat, Elias Ramezani, Morteza, Djamali, Hamid Alizadeh Ketek Lahijani, Alireza Naqinezhad, Kamaledin Alizadeh, Valérie Andrieu-Ponel., 2016. The Late-Holocene climate change, vegetation dynamics, lake-level changes and anthropogenic impacts in the Lake Urmia region, NW Iran, *Quaternary International*, Volume 408, Part A, 40-5.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.070>
- Tarasov, Pavel E, Rachid cheddadi, Joel guiot, Sytze bottema, Odile peyron, Jordina belmonte, Vitoria ruiz-sanchez, Fatima saadi, Simon brewer., 1998. A method to determine warm and cool steppe biomes from pollen data; application to the Mediterranean and Kazakhstan regions, *Journal of Quaternary Science*, 13 (4) 335-344.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1417](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417)
- Theron, Roberto., 2006. Visual Knowledge Discovery in Paleoclimatology with Parallel Coordinate, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol 4265, pp.368-372.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/11893318_44
- Vafadar. Mahnaz, Attar. Farideh, Maroofi. Hosein, Mirtadzadini. Mansur., 2010. Pollen morphology of *Amygdalus L.* (Rosaceae) in Iran, *Acta societatis botanicorum poloniae*, vol 79, no 1, 63-71. <https://DOI:10.5586/asbp.2010.009>
- Wick, Lucia, Gerry, Lemcke, Michael, Sturm., 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high – resolution pollen, charcoal, isotope and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey, *the Holocene* 13, 5. 665-675. <https://doi.org/10.1191/0959683603h1653rp>
- Wright, H.E. Jr., McAndrews, J.H., & Van Zeist, W., 1967. “Modern Pollen Rain in Western Iran, and Its Relation to Plant Geography and Quaternary Vegetational History”, *Journal of Ecology*, Vol. 55, No. 2, pp. 415-443.
- Zhang, E.L., Jones, R., Bedford, A., Langdon, P., Tang, H.G., 2007. A Chironomid-based salinity inference model from lakes on the Tibetan Plateau. *Journal of Paleolimnology* 38, 477-491.
<https://DOI:10.1007/s10933-006-9080-z>
- Zohary, M., 1973. *Geobotanical Foundations of the Middle East*. 2 volumes. Gustav Fischer Verlag.
<https://www.worldcat.org/title/geobotanical-foundations-of-the-middle-east/oclc/641510>