27

Journal Homepage: http://journal.richt.ir/mbp/
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706
Motaleat-e Bastanshenasi-e Parseh || Vol. 8 || No. 27 || Spring 2024 ||

# The Influence of Paleoclimatic Variability on the Rise and Fall of Iranian Dynasties and Ancient Cultures in Southeastern Iran from the 2nd Millennium BCE to the Sassanid Period

**Alireza Vaezi[1]; Morteza Djamali[2]; Nasir Skandari[3]; Vahid Tavakoli[4], Abdolmajid Naderi Beni[5]**

Type of Article: **Research**
Pp: 59-80
Received: 2023/02/01; Accepted: 2023/06/06
https://dx.doi.org/10.22034/PJAS.8.27.59

## Abstract

The potential vulnerability of primitive societies to natural disasters, such as droughts, floods, and famines caused by climate change, is an important issue that requires careful study. The main aim of this research is to investigate the possible effects of ancient environmental and climatic changes on Bronze Age settlements in southeastern Iran, as well as the main dynasties that ruled Iran based on archaeological and historical evidence of territorial boundaries, economic and political prosperity. Adaptation of climatic and cultural changes in the southeast of Iran can provide valuable information for researchers. In this regard, this article aims to answer the question of whether climate change has affected the ancient societies of Jiroft, and to what extent climate change has affected the economic prosperity and political influence of the ruling dynasties that have affected Iran. In the present study, using a combination of geochemical and pollinological indicators, we examine paleoclimatic changes of the southeastern plateau of Iran during the past 4000 years. Significant agricultural activities existed between 3900 and 3700 years ago in the southeast of Iran during moderate climatic conditions. Dry conditions with increased dust prevailed over the region from 3300 to 2900 years ago. Wet conditions from about 2900 to 2300 years ago facilitated extensive agriculture and coincided with the flourishing of regional governments such as the Medes, Urartos, and Mannas in the western Iran, and after that the Achaemenid Empire throughout Greater Iran. The decline of the Achaemenid Empire coincided with the beginning of a dry period that made agriculture less prosperous in Jiroft for nearly 200 years. Southeast Iran experienced humid conditions between 1550 and 1300 years ago, which coincided with the economic prosperity of the middle to late Sassanid Empire.

**Keywords:** Climate change, Sassanid, Bronze Age, Sediment core, Achaemenids.

*Motaleat-e Bastanshenasi-e Parseh*

**Parseh Journal of Archaeological Studies (PJAS)**
Journal of Archeology Department of Archeology Research Institute, Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT), Tehran, Iran

***Publisher:*** *Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT).*

*Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the* ***Creative Commons****.*

© The Author(s)

1. Assistant Professor of Environmental Engineering, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran (Corresponding Author). ***Email:*** al.vaezi@yahoo.com
2. Associate Professor of Geology, Aix Marseille Univ, Univ Avignon, CNRS, IRD, IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie), Marseille, France.
3. Assistant Professor, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Human sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Associate Professor of Geology, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. Associate Professor of Geology, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran.

**Citations:** Vaezi, A.; Djamali, M.; Skandari, N.; Tavakoli, V. & Naderi Beni, A., (2024). "The Influence of Paleoclimatic Variability on the Rise and Fall of Iranian Dynasties and Ancient Cultures in Southeastern Iran from the 2nd Millennium BCE to the Sassanid Period". *Parseh J Archaeol Stud.,* 8(27): 59-80. doi:https://dx.doi.org/10.22034/PJAS.8.27.59
**Homepage of this Article:** https://journal.richt.ir/mbp/article-1-822-en.html

## Introduction

This study aims to reconstruct the paleoclimate history in southeastern Iran by tracing the landscape changes and climate fluctuations since the Late Bronze Age and their impacts on human societies based on palaeo-environmental analysis of a wetland system. It will further evaluate the possible impacts of climate change on major ruling dynasties of Iran since the Late Bronze Age. An example of the latter would be following the territorial extent of major ruling dynasties from historical records, which would have been quintessential to society's prosperity and growth coeval to favorable climatic conditions for agriculture and trade, and the development of city-states. The study involves a multi-proxy palaeo-environmental reconstruction using geochemical, and paleoecological proxies in a 250-cm long peat sequence near the archaeological complex at Konar Sandal near Jiroft, covering the last 4000 cal yr BP. The different proxies suggest changes in elemental concentrations, stable isotopes, and pollen records.

## Materials and methods

Palynological analysis were done in Thirty-five subsamples at intervals of 1-10 cm at the Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie, Aix-en-Provence, France by procedure described by Gurjazkaite et al. (2018).

## Geographical setting

Konar Sandal (25 km south of Jiroft in southeast Iran) is the main excavation site in the Jiroft Valley. Several high mountain chains surround it, some of them rising to 3700 m asl (Fig. 1). The Halil Rud stretches from north to southeast for almost 400 km through fertile agricultural land before draining into the Jazmurian playa south of Konar Sandal. The water level in the river fluctuates throughout the year.

## Results

The sediment core was divided into six major units based on the sedimentological, geochemical, and palynological characteristics (Fig 2 and Fig. 3). The elemental ratios (Si/Al, Ti/Al, and Fe/Al) had relatively low values in Unit 1 (U 1; 250-189 cm; 4011-3548 cal yr BP). The first significant appearance of Cerealia-type pollen occurred in this unit extending from 3880-3700 cal yr BP (230-207 cm). The δ13COM showed a distinct increase in Unit 2 (U 2; 189-164 cm; 3548-3293 cal yr BP). Unit 3 (U 3; 164-134 cm; 3293-2897 cal yr BP) was characterized by high elemental ratios (Si/Al, Ti/Al, and Fe/Al). The K/Ti ratio had the highest values in the entire core in Unit 4 (U 4; 134-106 cm; 2897-2302 cal yr BP). δ13COM values were more negative in Unit 5 (U 5; 106-61 cm; 2302-1540 cal yr BP). Unit 6 (U 6; 61-10 cm; 1540-854 cal yr BP) was characterized by moderate values of different elemental ratios.

## Discussion

Around 3950 cal yr BP a wet period prevailed based on elemental ratios, stable C isotope, and pollen (Fig. 3). Between 3900 and 3300 cal yr BP, mild climate conditions developed. significant appearance of Cerealia-type pollen and agricultural activities existed between 3900 and 3700 cal yr BP. Dry and windy conditions followed from ca. 3300-2900 cal yr BP with the driest conditions around 3200 cal yr BP coinciding with the regional Late Bronze Age cultural collapse. The driest conditions in this dry period occurred around 3200 cal yr BP, coinciding with the decline of the Jiraft Bronze Age civilization at the end of the Bronze Age. The long wet period extending from 2900 to 2300 cal yr BP with a high presence of Sparganium-type and intensive agricultural practices. Wet conditions in the Jiroft valley from about during this period, simultaneously with the flourishing of the powerful Medes and Achaemenid empires, facilitated extensive agriculture. The decline of the Achaemenid Empire coincided with the beginning of a dry period that made agriculture less prosperous in Jiroft Valley for nearly 200 years. The highest Ti/Al values coeval with the lowest δ13COM values suggest an increase in Aeolian activity and dry conditions between 2100 and 1650 cal yr BP. The Jiroft Valley once again experienced humid conditions between 1550 and 1300 cal yr BP, which coincides with the economic prosperity of the mid to late Sassanid Empire (Fig. 4).

## Conclusion

In the present study, using a combination of geochemical and pollinological indicators, we examine the paleo-environmental changes of the ancient Jiroft valley in the southeast of Iran during the past 4000 years and their possible effects on the settlements of the Bronze Age and the main dynasties that ruled Iran based on records.

The Jiroft Valley experienced wet conditions between 1550 and 1300 cal yr BP, which overlapped with one of the most extensive territorial boundaries in Iran's imperial history (the Sassanid Empire in the early 7th century C.E.). Although mild conditions prevailed between 1315 and 854 cal yr BP, agricultural activities declined, probably due to weak succession and political instability. We evaluate the archeology and history of territorial borders, economic and political prosperity. Paleo-environmental reconstruction shows that the wet periods and increased agriculture in the Jiroft Valley coincided with the peak of political influence and economic wealth of the Achaemenid and Sassanid empires. Therefore, more detailed paleoclimatic records would be helpful for investigating the interplay of political and climatic factors in the development and decline of ancient settlements and imperial powers in Eurasian history.

## Acknowledgment

We are very grateful for the support of the National Institute of Oceanography and Atmospheric Sciences for drilling and various logistical activities during this project.

We thank Dr. Ruhollah Shirazi and Dr. Joyanto Ruth for their valuable guidance during this research.

## Observation Contribution

Conceptualization: Alireza Vaezi, Vahid Tavakoli, Abdolmajid Naderi Beni.
Data Curation: Alireza Vaezi, Vahid Tavakoli, Abdolmajid Naderi Beni.
Formal Analysis: Alireza Vaezi, Morteza Djamali.
Funding Acquisition: Vahid Tavakoli, Abdolmajid Naderi Beni.
Writing – original draft: Alireza Vaezi.

## Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest while observing publication ethics in referencing.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲۷

نشانی پایگاه نشریه: http://journal.richt.ir/mbp
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706

فصلنامهٔ علمی مطالعات باستان‌شناسی پارسه || شمارهٔ ۲۷ || سال هشتم || بهار ۱۴۰۳ ||

# تأثیرات تغییرات دیرین اقلیم بر شکوفایی و افول سلسله‌های حاکم‌بر ایران و فرهنگ‌های باستانی جنوب‌شرق ایران از هزارهٔ دوم پیش‌ازمیلاد، تا دورهٔ ساسانی

علیرضا واعظی[I]؛ مرتضی جمالی[II]؛ نصیر اسکندری[III]؛ وحید توکلی[IV]؛ عبدالمجید نادری‌بنی[V]

نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۸۰ - ۵۹
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶
شناسهٔ دیجیتال (DOI): https://dx.doi.org/10.22034/PJAS.8.27.37

## چکیده

آسیب‌پذیری بالقوهٔ جوامع اولیه در برابر بلایای طبیعی مانند خشک‌سالی، سیل و قحطی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی موضوع مهمی است که نیاز به مطالعات دقیقی دارد. هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات احتمالی تغییرات دیرینهٔ محیطی و اقلیمی بر سکونتگاه‌های عصرمفرغ در جنوب‌شرق ایران و سلسله‌های اصلی حاکم‌بر ایران براساس شواهد باستان‌شناسی و تاریخی مرزهای سرزمینی، رونق اقتصادی و سیاسی است. تطبیق تغییرات اقلیمی و فرهنگی در جنوب‌شرق ایران می‌تواند اطلاعات بسیار گران‌قیمتی را در اختیار محققین قرار دهد. در این‌راستا، پژوهش پیش‌رو سعی دارد پاسخ‌های مناسبی به این پرسش ارائه نماید که آیا تغییرات اقلیم‌بر جوامع باستانی جیرفت تأثیر گذاشته است یا خیر؟ و در نگاهی کلان‌تر تغییر اقلیم تا چه اندازه بر رونق اقتصادی و نفوذ سیاسی سلسله‌های حاکم‌بر ایران تأثیر گذاشته است؟ در مطالعهٔ حاضر با استفاده از ترکیبی از شاخص‌های ژئوشیمیایی و گرده‌شناسی، تغییرات دیرینهٔ اقلیمی جنوب‌شرق فلات ایران درطول ۴۰۰۰سال گذشته بررسی خواهد شد. فعالیت‌های کشاورزی قابل‌توجه، بین ۳۹۰۰ تا ۳۷۰۰ سال پیش از حاضر هم‌زمان با شرایط اقلیمی معتدل در جنوب‌شرق ایران وجود داشته اشت. شرایط خشک همراه با افزایش گرد و غبار از ۳۳۰۰ تا ۲۹۰۰ سال پیش از حاضر بر منطقهٔ حکم‌فرما بوده است. شرایط مرطوب در جنوب‌شرق ایران از حدود ۲۹۰۰ تا ۲۳۰۰ سال پیش از حاضر، هم‌زمان با شکوفایی حکومت‌های منطقه‌ای مانند مادها، اورارتوها، مانناها در نیمهٔ غربی ایران و پس از آن شاهنشاهی هخامنشی در سراسر ایران بزرگ، کشاورزی گسترده را تسهیل نموده است. افول شاهنشاهی هخامنشی هم‌زمان با آغاز یک دورهٔ خشک بوده است که برای نزدیک به ۲۰۰سال، کشاورزی در جیرفت را کم‌رونق نموده است. جنوب‌شرق ایران بار دیگر بین ۱۵۵۰ و ۱۳۰۰سال پیش از حاضر شرایط مرطوبی را تجربه کرده است، که با رونق اقتصادی اواسط تا اواخر شاهنشاهی ساسانی هم‌پوشانی زمانی دارد.

**کلیدواژگان:** تغییر اقلیم، ساسانیان، عصرمفرغ، مغزهٔ رسوبی، هخامنشیان.

I. استادیار مهندسی محیط زیست، گروه پژوهش‌های نوین کاربردی، پژوهشکدهٔ علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول). ***Email:*** al.vaezi@yahoo.com
II. دانشیار زمین‌شناسی، پژوهشکدهٔ بوم‌شناسی و تنوع زیستی مدیترانه (IMBE)، مارسی، فرانسه.
III. استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم‌انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
IV. دانشیار زمین‌شناسی، گروه سافت راک، دانشکدهٔ زمین‌شناسی، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
V. دانشیار زمین‌شناسی، گروه علوم غیرزیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران.

**ارجاع به مقاله:** واعظی، علیرضا؛ جمالی، مرتضی؛ اسکندری، نصیر؛ توکلی، وحید؛ و نادری‌بنی، عبدالمجید، (۱۴۰۳). «تأثیرات تغییرات دیرین اقلیم بر شکوفایی و افول سلسله‌های حاکم‌بر ایران و فرهنگ‌های باستانی جنوب‌شرق ایران از هزارهٔ دوم پیش‌ازمیلاد، تا دورهٔ ساسانی». مطالعات باستان‌شناسی پارسه، ۸ (۲۷): ۸۰-۵۹. https://dx.doi.org/10.22034/PJAS.8.27.37
**صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه:** https://journal.richt.ir/mbp/article-1-822-fa.html

فصلنامهٔ علمی مطالعات باستان‌شناسی پارسه
نشریهٔ پژوهشکدهٔ باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

ناشر: پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقالهٔ چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

© The Author(s)

## مقدمه

ایران از عصرمفرغ تا دورهٔ باستان متأخر در مرکز تحولات سیاسی و اقتصادی مهمی قرار داشت (Clarke et al., 2016; Colburn, 2013; Mashkour et al., 2013; Petrie & Weeks, 2019; Sharifi et al., 2015). در عصر مفرغ آغازین، سکونتگاه‌های درحال گسترش، مانند آن‌هایی که در درهٔ جیرفت از هزارهٔ سوم پیش‌ازمیلاد یافت شده‌اند (Madjidzadeh & Pittman, 2008; Mashkour et al., 2013; Gurjazkaite et al., 2018)، شاهد افرادی بودند که در اطراف رودخانه‌ها مشغول به توسعهٔ کشاورزی می‌شدند. یک گذار تدریجی از سبک زندگی روستایی به جوامع شهری متمرکز بر کشاورزی، تجارت و بازرگانی تحقق یافت. این روند تمدن نوظهور بین‌النهرین در هزارهٔ چهارم پیش‌ازمیلاد را پدید آورد (Staubwasser & Weiss, 2006; Mancini-Lander, 2009; Petrie & Weeks, 2019). در درهٔ جیرفت، یک مرحلهٔ مهم سکونت عصرمفرغ در «کنارصندل جنوبی» (KSS) شناسایی شده است که به‌نظر می رسد در حدود ۴۲۰۰ سال پیش از حاضر، به‌دلیل تغییرات شدید اقلیمی، این تمدن افول یافته است (Madjidzadeh & Pittman, 2008; Fouache et al., 2009; Gurjazkaite et al., 2018). مرحلهٔ دوم سکونت در کنارصندل مربوط به نیمهٔ اول هزارهٔ دوم پیش‌ازمیلاد است که در استقرار زیر سکوهای کنارصندل شمالی و هم‌چنین از کاوش‌های اخیر در یک تپه در ۷۰۰ متری شمال‌شرق تپهٔ کنارصندل جنوبی به‌دست آمد. مرحلهٔ سوم سکونت، مربوط به پایان هزارهٔ دوم و آغاز هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد در «کنارصندل شمالی» (KSN) است (Mashkour et al., 2013). اقتصاد این جوامع عصرمفرغ مبتنی‌بر کشت غلات (جو، گندم)، میوه‌ها (خرما، انگور) و گله‌داری (گوسفند، بز و گاو) بود. به‌نظر می‌رسد شرایط اقلیمی مساعدتری برای کشاورزی در این چشم‌انداز خشک کنونی حاشیهٔ کویر حاکم بوده است. جیرفت بخش مهمی از مسیرهای تجاری در عصرمفرغ بین درهٔ سند، فلات ایران، خلیج‌فارس و بین‌النهرین بوده است (Fouache et al., 2009; Madjidzadeh & Pittman, 2008; Mashkour et al., 2013; Petrie & Weeks, 2019; Vidale & Frenez, 2015). ارتباط نزدیک بین کشاورزی و آب و مشارکت در مبادلات گسترده‌تر اوراسیا که در دوران عصر مفرغ آغازین ایجاد شد، زمینهٔ نفوذ سیاسی و رشد اقتصادی در جیرفت را فراهم کرد.

به‌طور قابل‌توجهی سکونتگاه‌های عصرمفرغ قدیم در جنوب‌شرقی ایران (تپه‌یحیی، بمپور، شهرسوخته و شهداد) با افزایش جمعیت شروع به توسعه جوامع اولیهٔ شهری کردند (Petrie & Weeks, 2019; Pyankova, 1994). به‌دنبال سکونتگاه‌های عصر مفرغ، فلات ایران وارد عصرآهن شد که شاهد ظهور مراکز شهری با سبک‌ها، معماری و توسعهٔ فرهنگی متمایز بود. سپس شاهنشاهی هخامنشی پدید آمد (Turchin et al., 2006; Colburn, 2013) و بعدها، ساسانیان، یکی از رقبای اصلی جاه‌طلبی‌های امپراتوری روم در شرق پا به عرصه گذاشتند (Mancini-Lander, 2009; Shumilovskikh et al., 2017).

سرنوشت نیروهای سیاسی بعدی، ازجمله هخامنشی و ساسانی، با جانشینان ضعیف، جنگ‌ها، عدم تمرکز سکونتگاه‌ها و بیماری‌ها مرتبط بوده است (Madella & Fuller, 2006; Fouache et al., 2009; Mashkour et al., 2013)؛ با این‌حال، هم‌چنین پیشنهاد شده است که تغییرات اقلیمی هولوسن در اواسط تا اواخر ممکن است به‌شدت بر کشاورزی و تأمین منابع این ساختارهای حکومتی در خاورمیانه تأثیر گذاشته باشد (Clarke et al., 2016)؛ با این‌حال، این تعاملات انسان و محیط پیرامون به‌طورکلی نسبت به موضوعات گستردهٔ دیگر درمورد فتوحات نظامی و دستاوردهای سیاسی نادیده گرفته شده است. هم‌چنین فقدان سوابق دیرینه اقلیمی و محیطی با وضوح بالا در منطقه، درک ما را از نحوهٔ تعامل تغییر اقلیم با مظاهر قدرت سلسله‌های حاکم در کشاورزی، مبادلات اقتصادی، شهرک‌سازی و کنترل سیاسی در نقاط مختلف مکان و زمان محدود می کند (Vaezi et al., 2019).

با این‌وجود، آسیب‌پذیری بالقوهٔ جوامع اولیه در برابر بلایای طبیعی مانند: خشک‌سالی، سیل، و قحطی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی از بین‌النهرین تا چین گزارش شده است (Dixit et al., 2014; Laskar & Bohra, 2021; Ponton et al., 2012; Sharifi et al., 2015; Sinha et al., 2019; Staubwasser & Weiss, 2006; H. Weiss et al., 1993; Zhang et al., 2008).

این مطالعه با بهره‌گیری از ترکیبی از شاخص‌های ژئوشیمیایی و گرده‌شناسی به ردیابی تغییرات چشم‌انداز و نوسانات اقلیمی از اواخر عصر مفرغ در جنوب‌شرقی ایران می‌پردازد. هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات احتمالی تغییرات دیرینه محیطی و اقلیمی بر سکونتگاه‌های عصر مفرغ و سلسله‌های اصلی حاکم‌بر ایران براساس شواهد باستان‌شناسی و تاریخی مرزهای سرزمینی، رونق اقتصادی و سیاسی است. با توجه به آن‌که منطقهٔ جنوب‌شرق ایران شریان اصلی حیات تمدن‌های غنی مانند تمدن‌های عصر مفرغ، هخامنشیان، اشکانیان، ساسانیان و دوران پس از اسلام را تشکیل می‌دهد و این تاریخ غنی ارتباط تنگاتنگی با شرایط محیطی و اقلیمی داشته است، نتایج این بازسازی اقلیمی مطالعاتی با سن‌سنجی می‌تواند اطلاعات بسیار گران‌قیمتی درمورد زمین‌باستان‌شناسی منطقه در اختیار محققین قرار دهد.

**پرسش و فرضیهٔ پژوهش:** در این پژوهش، فقط بحث درمورد این نیست که آیا تغییرات اقلیم بر جوامع باستانی جیرفت تأثیر گذاشته است یا خیر؟ بلکه در ادامه به بررسی این موضوع پرداخته خواهد شد که تغییر اقلیم تا چه اندازه بر رونق اقتصادی و نفوذ سیاسی سلسله‌های حاکم‌بر ایران تأثیر گذاشته است. در این‌خصوص پرسش‌ها و پاسخ‌ها ارائه می‌شود که باید در تحقیقات آتی به‌عنوان فرضیه، مورد آزمایش قرار گیرند.

**روش پژوهش:** روش پژوهش در چند بخش قابل تبیین است.

• **سن‌سنجی:** تعیین سن ۸ نمونه به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های ناپایدار ۱۴C در مغزه‌های رسوبی به‌وسیلهٔ شتاب‌دهندهٔ طیف‌سنج جرمی (Accelerator Mass Spectrometry) در آزمایشگاه رادیوکربن پزنان لهستان Laboratory, Poland Poznań Radiocarbon برمبنای روش استاندارد صورت گرفت (Czernik & Goslar, 2001). سن‌های کربن ۱۴ با استفاده از پایگاه داده Intcal 20 (Reimer et al., 2020) که ویژهٔ کالیبره‌کردن سن‌های کربن ۱۴ است، کالیبره شدند. مدل سن-عمق با استفاده از نرم‌افزار R-software package BACON (Blaauw & Christen, 2011) ایجاد شد.

• **تعیین غلظت عناصر به‌وسیلهٔ فلورسانس پرتو ایکس (XRF) و ICP:** مطالعهٔ ژئوشیمی به روش فلورسانس اشعهٔ ایکس XRF نمونه‌ها در آزمایشگاه دانشگاه «لینشوپینگ» سوئد انجام گرفت. هر آنالیز یک دقیقه به طول می‌انجامد و در فواصل تا ۵سانتی‌متری به‌وسیلهٔ hand-held XRF scanner (S1 TITAN, Bruker) انجام می‌پذیرد. این دستگاه نتایج را به‌صورت ٪ نشان می‌دهد. برای اطمینان از دقت نتایج XRF، غلظت عناصر در ۲۲ نمونه از رسوبات به‌وسیلهٔ ICP اندازه‌گیری شد. از هر نمونه ۰/۳ گرم وزن گردید و ۱۰میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ در داخل محفظهٔ دستگاه به آن اضافه گردید؛ سپس نمونه‌ها به دمای ۱۸۵درجهٔ سانتی‌گراد در مدت ۳۰دقیقه رسیدند و ۱۵دقیقه دیگر نیز در این دما حرارت داده شدند. سپس نمونه‌ها با آب مقطر (MQ water) به حجم ۵۰میلی‌لیتر رسیدند.

• **محاسبهٔ میزان وزنی کربن آلی و نیتروژن:** برای اندازه‌گیری مقدار کل کربن آلی (TOC) در رسوبات بعد از پودر کردن و شستن نمونه با اسیدکلریدریک)برای از بین رفتن کربنات (از دستگاه CHN Elemental Analyzer (Carlo-Erba NC-1500) استفاده گردید (fumigation method, Hedges & Stern, 1984).

• **ایزوتوپ پایدار کربن در مواد آلی موجود در نهشته‌ها:** برای آماده‌سازی جهت تجزیه

و تحلیل δ13COM در آزمایشگاه کربنات کلسیم نمونه‌ها مطابق مراحل ذکرشده در بالا با HCI حذف گردید (fumigation method, Hedges & Stern, 1984). نمونه‌ها جهت آنالیز به آزمایشگاه بخش علوم زمین‌شناسی دریایی دانشگاه فلوریدا ایالات‌متحده (Stable Isotope Mass Spec Lab, University of Florida) منتقل گردید. در این آزمایشگاه، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت تحت‌تأثیر اسید فسفریک در دمای ۲۵درجهٔ سانتی‌گراد قرارگرفته و گاز دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از هر نمونه به کمک دستگاه طیف‌سنج جرمی (Thermo Electron Delta V Advantage isotope ratio mass spectrometer) اندازه‌گیری شده است. نسبت‌های ایزوتوپی در نمونه‌ها بر حسب استاندارد (VPDB) گزارش گردید.

• **تجزیه و تحلیل گرده‌های گیاهی:** تجزیه و تحلیل پالینولوژیکی در ۳۵نمونه در فواصل ۱ تا ۱۰سانتی‌متری در پژوهشکدهٔ بوم‌شناسی و تنوع زیستی مدیترانه (CNRS)-فرانسه با روش توصیف‌شده توسط «گرجزکیتا» و همکاران (۲۰۱۸) انجام‌پذیرفت. ۳۵نمونه برای آنالیز گرده‌شناسی در فواصل ۱-۱۰سانتی‌متری استخراج شد. استخراج شیمیایی با اتخاذ روش کلاسیک استخراج گرده که توسط «موری» و همکاران (۱۹۹۱) استاندارد شده است، انجام شد. برای هر نمونه حداقل ۳۰۰ گردهٔ گیاهی (به‌طور متوسط ۳۲۰ دانه در هر نمونه) شمارش شد. به‌طور استثنایی در نمونهٔ‌مربوط به عمق ۲۰ سانتی‌متری ۱۲۸ گرده شمارش گردید. شناسایی گرده‌ها براساس کلیدها و اطلس‌های شناسایی گرده (Hooghiemstra, 2006) و مجموعه‌های مرجع گرده‌های ایرانی که در مؤسسهٔ Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie, Aix-en-Provence، فرانسه تأسیس شده است، صورت پذیرفت.

## منطقهٔ مورد مطالعه

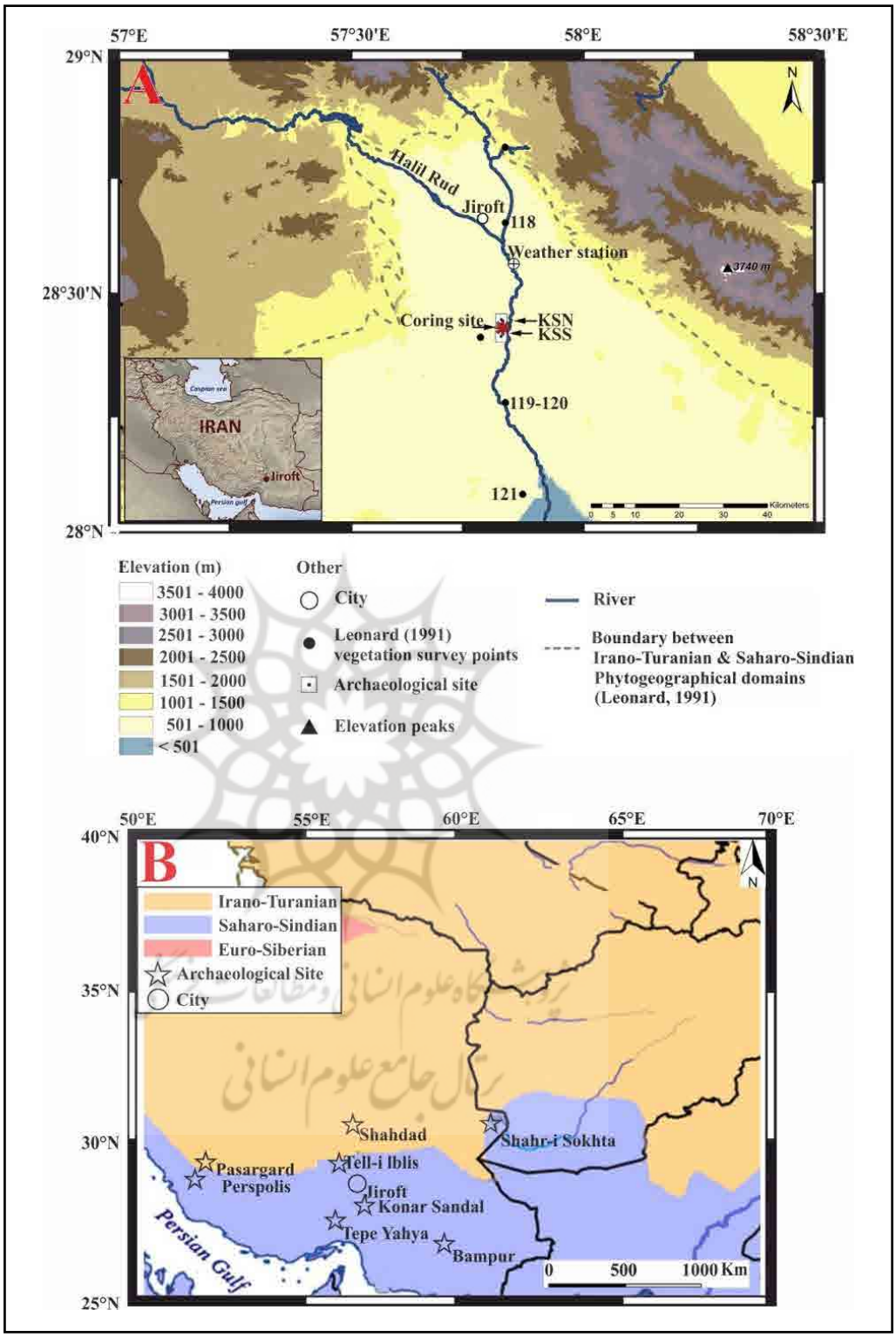
مغزهٔ رسوبی جیرفت به طول دوونیم‌متر از یک تورب‌زار خشکیده در ۲۵کیلومتری جنوب شهر جیرفت کنونی با استفاده از مغزه‌گیر روسی در بهار سال ۱۳۹۴هـ.ش. برداشت گردید.

درهٔ جیرفت از دو رشته‌کوه کرمان در شمال‌غربی و بارز در شرق سرازیر می‌شود. کوه‌های بارز تا ۳۷۴۰متر ارتفاع دارند. این دره به‌عنوان یک حوضهٔ تکتونیکی فرونشسته تشکیل شده است (Sharifi-Yazdi et al., 2022; Zandifar et al., 2022) که توسط دو سیستم گسلی پیچیده که در شرق و غرب در همسایگی آن قرار دارند، کنترل می‌شود. به‌نظر می‌رسد این سیستم‌ها از زمان میوپلیوسن فعال بوده اند (Fouache et al., 2005). سطح آب زیرزمینی در دشت آبرفتی نزدیک به سطح است. بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، چاه‌های آرتزین ایجاد می‌کند و به‌عنوان یک منبع مهم آب برای کشاورزی عمل می‌کند. درنتیجه وجود ژیپس و سایر کانی‌های تبخیری، آب چشمه‌ها از آب شیرین در نزدیکی جیرفت به‌شرایط لب‌شور در نزدیکی کنارصندل تغییر می‌کند؛ در حال‌حاضر، مناطق وسیع اطراف تورب‌زار جیرفت به مزارع نخل، پرتقال یا غلات (گندم و جو) تبدیل شده است. درهٔ جیرفت در مرز دو حوزهٔ جغرافیایی گیاهی در شمال آفریقا و اوراسیا قرار دارد (Leonard, 1993). در ضلع شمالی دشت‌ها که از کوه‌های کرمان سرچشمه می‌گیرد، پوشش گیاهی از تیپ ایران و تورانی است (تصویر ۱)، به‌سمت جنوب و تا دریاچهٔ جازموریان، پوشش گیاهی توسط تیپ صحارا-سندی تعریف می‌شود (Agnew & Zohary, 1974; Leonard, 1993).

## یافته‌ها و بحث

### - سن‌سنجی

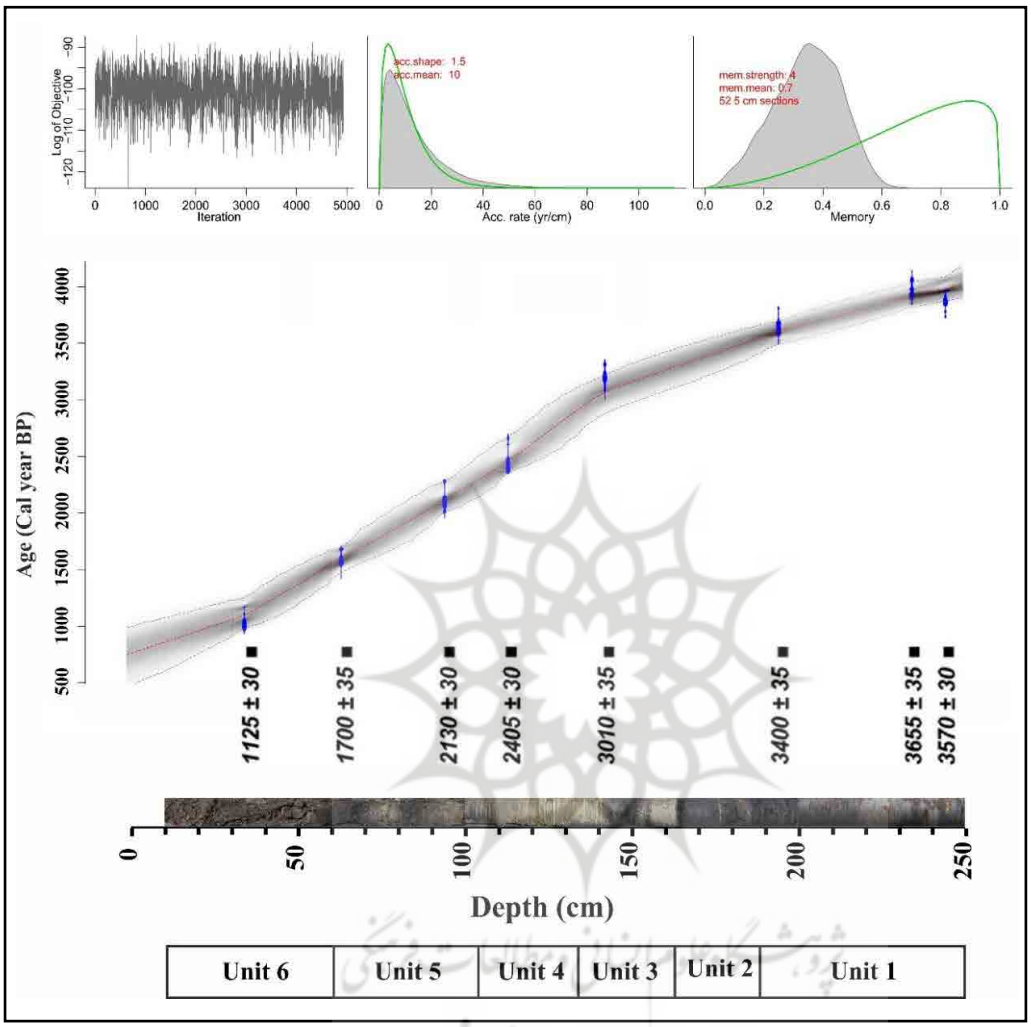
هشت سن رادیوکربن برای ساخت مدل سنی مغزهٔ کنارصندل استفاده شد (تصویر ۲). روندهای مغزهٔ رسوبی دقیقاً در حوالی افول اولیهٔ تمدن کنارصندل در حدود ۴۲۰۰سال پیش شروع می‌شود




تصویر ۱: ویژگی‌های کلیدی فیزیکی، باستان‌شناسی و جغرافیای گیاهی جیرفت (Gurjazkaite et al., 2018). محل برداشت مغزهٔ رسوبی در یک تورب‌زار نزدیک به محوطه‌های باستان‌شناسی کنارصندل شمالی (KSN) و کنارصندل جنوبی (KSS) است. نقشهٔ پوشش گیاهی منطقه و موقعیت تمدن‌های باستانی در نزدیکی منطقهٔ مورد مطالعه در تصویر پایین نمایش داده شده است (Vaezi et al., 2022).

**Fig. 1: Key physical, archaeological, and phytogeographical features of Jiroft (Gurjazkaite et al., 2018). Location of sediment core extraction in a peat bog near north Konar Sandal (KSN) and South Konar Sandal (KSS) archaeological sites. The vegetation cover map of the region and the position of ancient civilizations near the study area are shown in the below panel (Vaezi et al., 2022).**

و از اواخر عصر مفرغ تا عصرآهن (شروع حدود ۱۴۰۰ تا ۱۳۰۰پ.م.) و شاهنشاهی‌های ایران (حدود ۵۵۰ پ.م. تا ۶۵۰ م.) و اوایل دوران اسلامی را دربر می‌گیرد، و درنهایت پس از حملهٔ مغول (حدود ۱۲۱۹-۱۲۲۱ م.) پایان می‌یابد.




**تصویر ۲: مدل سن-عمق مغزهٔ جیرفت بازیابی‌شده از تورب‌زاری در نزدیک کنارصندل در جنوب‌شرقی ایران. تصویری از مغزهٔ رسوبی نیز نمایش داده شده است. مدل سن-عمق مغزهٔ جیرفت با استفاده از نرم‌افزار BACON (Blaauw & Christen, 2011). خط سیاه نشان‌دهندهٔ سن کالیبره‌شدهٔ متوسط است، سایهٔ خاکستری حداقل و حداکثر مقادیر را در فاصلهٔ اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهد ۶ واحد رسوبی بر مبنای تغییرات در رسوبات ارائه شده است (نگارندگان، ۱۴۰۲).**

**Fig. 2: Age-depth model of the recoverd Jiroft peat core near Konar Sandal in Southeast Iran. An image of the sedimentary core is also shown. Age-depth model of the Jiroft using R-software package BACON (Blaauw and Christen, 2011). The calibrated 14C dates (transparent blue) and the age-depth model (darker greys indicate more likely calendar ages and grey stippled lines infer 95% confidence intervals) are shown (Authors, 2023).**

## تغییرات دیرینه اقلیمی پیش از افول تمدن جیرفت

وضعیت اقلیم درهٔ جیرفت در واحد ۱ (U 1؛ ۲۵۰-۱۸۹ سانتی‌متر؛ ۴۰۱۱-۳۵۴۸ سال پیش از حاضر) و واحد ۲ (U 2؛ ۱۸۹-۱۶۴ سانتی‌متر؛ ۳۵۴۸-۳۲۹۳ سال پیش از حاضر) عمدتاً معتدل بوده است. در طول این بازهٔ زمانی، اما دو دورهٔ خشک کوتاه‌مدت قابل تشخیص است.

غرقابی‌شدن تورب‌زار که نشانهٔ یک دورهٔ کوتاه مرطوب در حدود ۳۹۵۰ سال پیش از حاضر در جیرفت است؛ براساس مقادیر کم C/N و مقادیر بالای K/Ti شناسایی گردید. مقادیر بالای K/

Ti نشان از افزایش هوازدگی شیمیایی و ورودی‌های آبرفتی بالاتر (Martinez-Ruiz et al., 2015; Wehausen & Brumsack, 2000) در طول این بازه است.

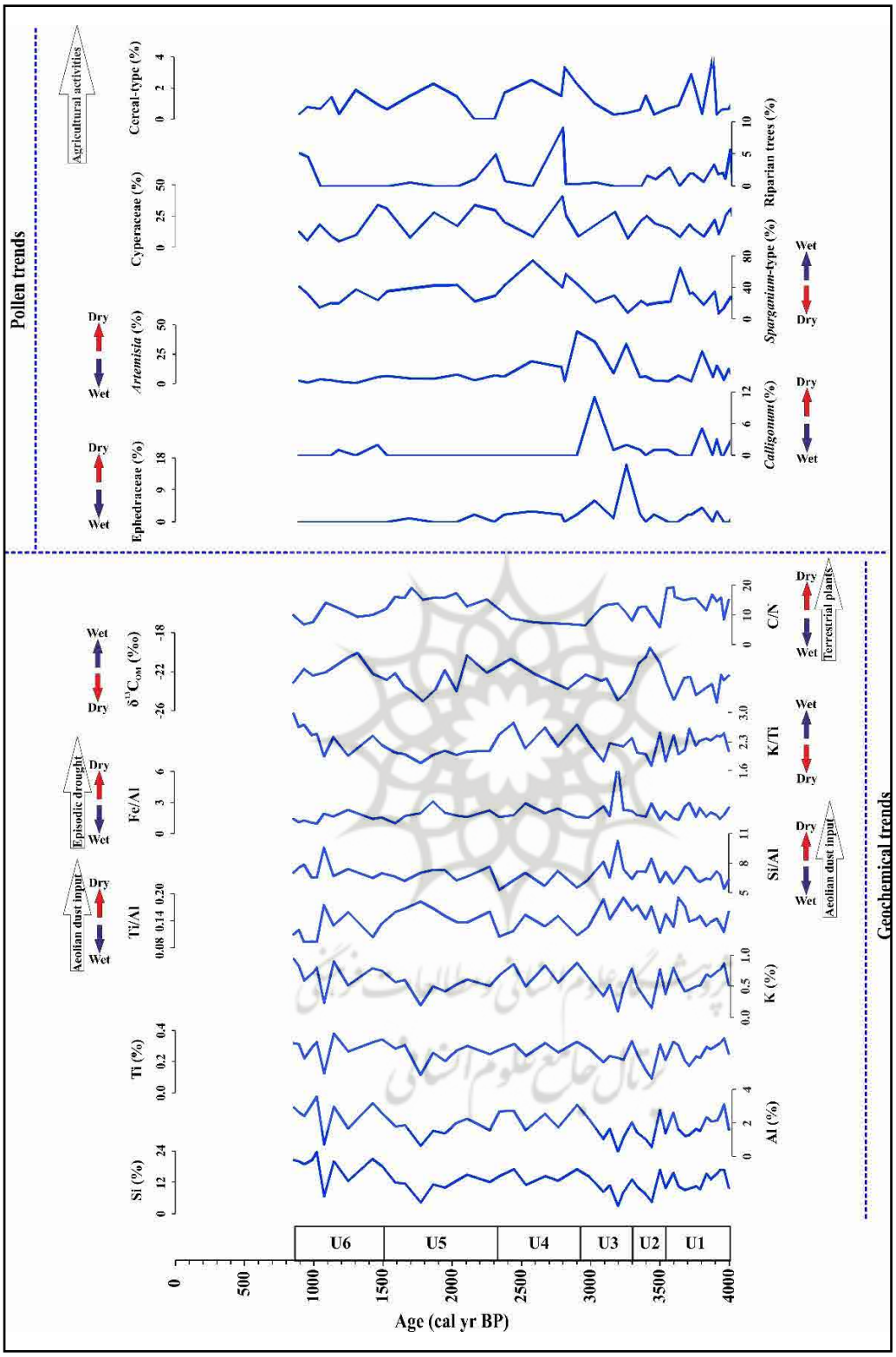
پس از این دورهٔ کوتاه مرطوب، شرایط آب‌وهوایی معتدل بین ۳۹۱۰ تا ۳۶۳۰ سال پیش از حاضر در جیرفت حاکم بوده است. این استنباط با مقادیر نسبتاً بالاتر Ti/Al، Si/Al مطابقت دارد. مطابق با این، این مقطع از مغزهٔ وجود درختچه‌ها و گیاهان آبزی فراوان را نشان می‌دهد؛ درواقع، هر دو نوع گیاهان آبزی از خانوادهٔ Typhaceae (نوع اسپارگانیوم) و گونه‌های زیرآبی/تشکیل‌دهندهٔ تورب مانند Cyperaceae قله‌های متناوب را در طول این بازهٔ زمانی نشان می‌دهند. فراوانی گرده‌های نوع Cerealia در حدود ۳۸۸۰ تا ۳۷۰۰ سال پیش از حاضر نشانگر وجود شرایط آب‌وهوایی مطلوب برای کشاورزی است.

واحد ۲ با افزایش قابل‌توجه در δ13COM و با اُفت شدید نسبت C/N در مقایسه با واحد ۱ مشخص می‌شود، که نشان‌دهندهٔ یک وضعیت معتدل است. مطابق با این، شرایط معتدل در این واحد با مقادیر بالاتر گردهٔ Cyperaceae مطابقت دارد. گردهٔ نوع Cerealia مقادیر نسبتاً کمی داشت به‌جز حدود ۳۴۹۱ سال پیش ازحاضر، که در آن تعداد بالای گردهٔ نوع Cerealia دیده شد. در این دوره، درحالی‌که گردهٔ نوع Typhaceae کاهش می‌یابد، Artemesia مقادیر کمی را نشان می‌دهد. مقادیر δ13COM مثبت‌تر در تورب‌زار، شرایط مرطوب و احتمالاً فعالیت‌های کشاورزی را نشان می‌دهد (تصویر ۳).

همان‌طورکه در بالا توضیح داده شد، شرایط اقلیمی درهٔ جیرفت در بازهٔ زمانی ۴۰۱۱ تا ۳۵۴۸سال پیش از حاضر عمدتاً مرطوب و معتدل بوده است؛ با این‌حال، دو دورهٔ خشک کوتاه در این بازهٔ زمانی قابل تشخیص است. اولین خشک‌سالی کوتاه‌مدت در حدود ۳۸۰۰ سال پیش از حاضر رخ داده است. این شرایط خشک توسط افزایش فراوانی گردهٔ درمنه و Calligonum + Ephedraceae همراه با کاهش شدید گرده‌های Typhaceae و Cereali در این بازهٔ زمانی قابل تشخیص بود. شرایط خشک دوم در نزدیکی بالای واحد ۱ حدود ۳۶۰۰ تا ۳۵۵۰ سال پیش از حاضر رخ داده است. این دورهٔ خشک با افزایش نسبت Ti/Al و با مقادیر پایین δ13COM و مقادیر بسیار بالای نسبت C/N همراه بود. کاهش شدید گردهٔ نوع Typhaceae هم‌زمان با کاهش گردهٔ نوع Cerealia است.

## افول تمدن جیرفت در اواخر عصرمفرغ

در واحد۳ (U 3؛ ۱۶۴-۱۳۴ سانتی‌متر؛ ۳۳۰۰-۲۹۰۰ سال پیش از حاضر) مقادیر بالای Ti/Al و Si/A در بازهٔ زمانی ۳۲۹۳ تا ۲۸۹۷ سال پیش از حاضر (تصویر ۳) نشان‌دهندهٔ ورودی بالای رسوبات بادی به تورب‌زار است. این بازهٔ زمانی یک دورهٔ خشک طولانی با بیشترین شدت خشکی در حدود ۳۲۰۰ سال پیش از حاضر را پوشش می‌دهد. رسوبات ته‌نشین‌شده در این واحد دارای مقادیر δ13COM منفی‌تر هستند که شرایط خشک را پشتیبانی می‌کنند. این دورهٔ خشک با کمترین مقدار گردهٔ کل آبزیان و نوع اسپارگانیوم، اما بیشترین تعداد درمنه در کل رکورد شناسایی می‌شود. علاوه‌بر این، درختچه‌های بیابانی Ephedraceae و Calligonum به‌طور قابل‌توجهی افزایش داشتند که نشان‌دهندهٔ بیابان‌زایی و توسعهٔ تپه‌های شنی است. به‌طور مشابه، گردهٔ نوع Cerealia کمترین تعداد (<۱٪) را در کل مغزهٔ رسوبی نشان می‌دهد که نشان‌دهندهٔ افول فعالیت‌های کشاورزی است. تحلیل‌های مشابهی درمورد تأثیرات تغییر اقلیم در افول سکونت‌گاه‌های باستانی (Cline, 2014) در فلات ایران (و فراتر از آن به جنوب‌شرق آسیا) ارائه گردیده است. این شرایط خشک و گرد و غباری در درهٔ جیرفت، هم‌زمان با افول تمدن‌های باستانی در اواخر عصرمفرغ در بخش‌هایی از بین‌النهرین و شرق مدیترانه و تحولات سیاسی-اجتماعی متعاقب آن است (Weiss, 1982; Haggis, 1993; Kaniewski et al., 2010; Paulette, 2012; Langgut et al., 2013)؛ به‌عنوان مثال،




تصویر ۳: نتایج رسوب‌شناسی، ژئوشیمی و پالینولوژی منتخب از توالی تورب‌زار جیرفت در جنوب‌شرقی ایران در طول ۴ هزار سال گذشته در رسوبات تورب‌زار کنارصندل در مقابل عمق و سن رسم شده‌اند. ۶ واحد رسوبی برمبنای تغییرات در رسوبات ارائه شده است (نگارندگان، ۱۴۰۲).

**Fig. 3: Selected results of sedimentology, geochemistry, and palynology from a 4,000-year-long peat sequence in southeastern Iran preserved in the Konar Sandal peat deposits have been plotted against depth and age. Six sedimentary units are presented based on changes in sediments (Authors, 2023).**

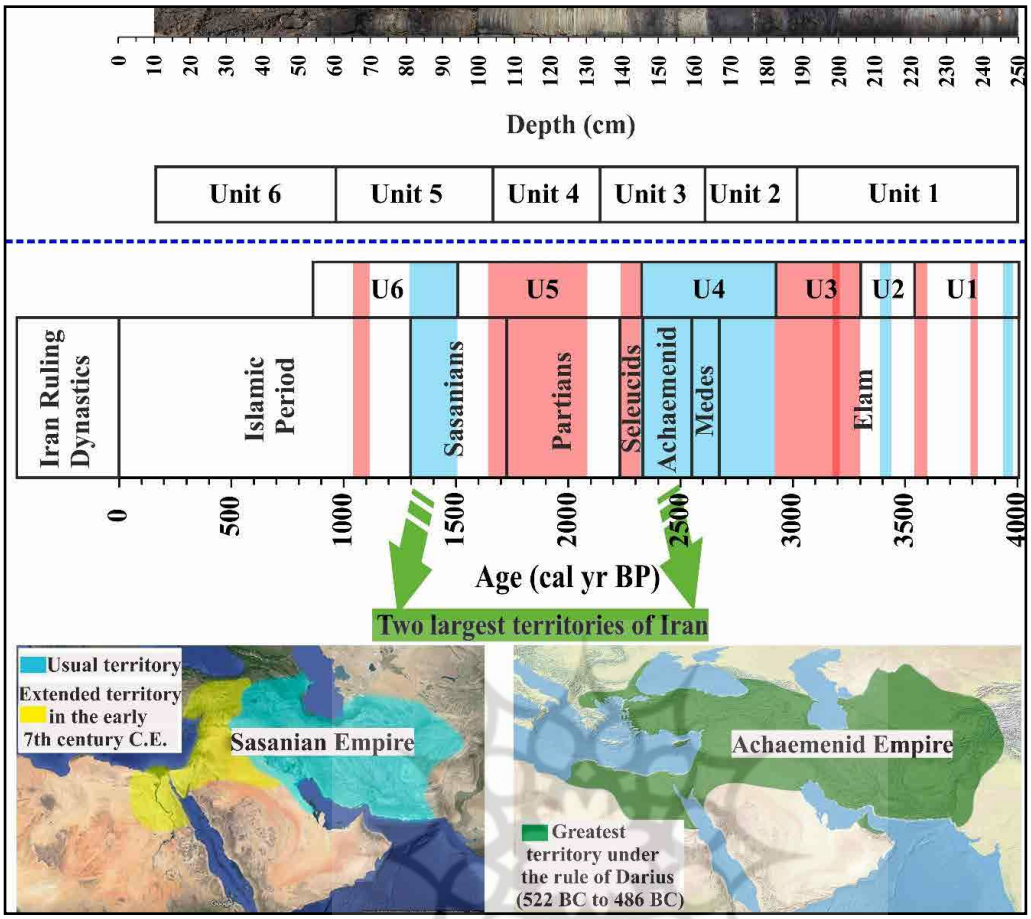
کاوش‌های باستان‌شناسی از «اوگاریت» در نزدیکی شهر لاذقیه، سوریه، گرما و خشکی شدید را در حدود ۳۲۰۰ سال پیش از حاضر نشان می‌دهد (Alpert & Neumann, 1989). علاوه‌بر این، بابل براساس شواهد متعدد از بین‌النهرین بین ۳۲۰۰ و ۲۹۰۰ سال پیش از حاضر دچار قحطی و افول شده است (Neumann & Parpola, 1987). افول تمدن‌ها در شمال و جنوب بین‌النهرین هم‌زمان با پایان سلسلهٔ آشوریان و درنهایت زوال کاسیت‌ها (Sinha et al., 2019) بود، و بسیاری از جوامع شیوهٔ زندگی متحرک‌تر و دامداری را به‌عنوان سازگاری با شرایط خشک اتخاذ کردند (Paulette, 2012).

## شکوفایی و افول شاهنشاهی‌های ایران

در واحد۴ (U 4؛ ۱۳۴-۱۰۶ سانتی‌متر؛ ۲۸۹۷-۲۳۰۲ سال پیش از حاضر) مقادیر بسیار بالای عناصر (Si, Al, K) در کنار کمترین مقدار ورودی رسوبات بادی (پایین‌ترین مقادیر نسبت‌های ژئوشیمیایی Si/Al و Ti/Al) شرایط مرطوب را نشان می‌دهد. مطابق با این طرح، روند افزایشی δ13COM در کنار نسبت‌های پایین C/N در این واحد از وجود شرایط مرطوب پشتیبانی می‌کند. کاهش چشمگیر گردهٔ گیاهی درمنه همراه با افزایش حضور گرده از نوع اسپارگانیوم در این واحد از وجود شرایط مرطوب در درهٔ جیرفت حمایت می‌کند. هم‌چنین واحد ۴ با مقادیر بالا و مداوم گرده از نوع Cerealia مشخص می‌شود که می‌تواند به افزایش فعالیت‌های کشاورزی به‌دلیل شرایط مرطوب ارتباط داشته باشد. مطابق با شرایط مرطوب در جیرفت در این بازهٔ زمانی، رسوبات دریاچهٔ تسر در مرکز ترکیه نیز شرایط مرطوبی را بین ۲۸۰۰ تا ۲۰۰۰ سال پیش از حاضر نشان می‌دهند (Kuzucuoğlu et al., 2011).

بازهٔ زمانی واحد ۴، مصادف با تغییرات مهم در سلسله‌های حاکم‌بر ایران است. پس از پایان پادشاهی ایلام، مادها (۲۶۷۸-۲۵۴۹ سال پیش از حاضر) و سرانجام هخامنشیان (۲۵۵۰-۲۳۳۰ سال پیش از حاضر) ظهور کردند. شاهنشاهی هخامنشی که از بزرگ‌ترین شاهنشاهی‌ها در جهان باستان بود که از آناتولی و مصر در سراسر آسیای غربی تا شمال هند و آسیای مرکزی امتداد داشت. حکومت مادها و هخامنشیان، با فعالیت‌های کشاورزی در مقیاس بزرگ در درهٔ جیرفت هم‌زمان بوده‌اند؛ همان‌طورکه از حضور قابل‌توجه گرده‌های نوع Cerealia استنباط می‌شود. مطابق با این، مطالعات پالینولوژیک نشان می‌دهد که در طول حکمرانی سلسلهٔ هخامنشی، شیوه‌های کشاورزی تا دریاچهٔ آلمالو (شمال‌غربی ایران) گسترش یافته است و کشاورزی در زاگرس جنوبی رشد کرد (Djamali et al., 2016). احتمالاً فعالیت‌های کشاورزی و دامداری گسترده به‌دلیل ثبات اجتماعی-اقتصادی و روش‌های جدید برای بهره‌برداری از منابع آب و شیوه‌های آبیاری شکوفا شد (Djamali et al., 2010a).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که ممکن است شرایط اقلیمی مساعد نقش عمده‌ای در افزایش ثبات اجتماعی-اقتصادی و درنتیجه حفظ قلمرو وسیع در طول دورهٔ نسبتاً طولانی هخامنشی داشته باشد. واحد ۵ (U 5؛ ۱۰۶-۶۱ سانتی‌متر؛ ۲۳۰۰-۱۵۴۰ سال پیش از حاضر) پایان شاهنشاهی هخامنشی و به‌دنبال آن سلوکیان و درنهایت انتقال به اشکانی تا شاهنشاهی ساسانی را پوشش می‌دهد. پایان شاهنشاهی هخامنشی (حدود ۲۳۰۰ سال پیش از حاضر) با شرایط خشک از ۲۳۰۰ تا ۲۲۴۰ سال پیش از حاضر در آغاز این واحد هم‌زمان است. وضعیت خشک در ابتدای این واحد بلافاصله پس از دورهٔ مرطوب در درهٔ جیرفت براساس کاهش شدید مقادیر K و K/Ti و افزایش نسبت‌های Ti/Al و Si/Al قابل استنباط است. کاهش گرده‌های نوع اسپارگانیوم همراه با کاهش گرده‌های نوع Cerealia (تقریباً صفر برای ۲۰۰سال بین ۲۳۱۵ و ۲۱۰۰ سال پیش از حاضر) جالب‌توجه است. مطابق با نتایج این تحقیق، در حدود ۲۳۵۰ سال پیش از حاضر گردهٔ گیاهان کشت‌شده کاهش‌یافته و در دریاچهٔ آلمالو (شمال‌غربی ایران) و دریاچهٔ مهارلو (جنوب ایران) تقریباً




تصویر ۴: شش واحد رسوبی برمبنای تغییرات در رسوبات در کنار تصویری از مغزهٔ رسوبی نمایش داده شده است. سلسله‌های اصلی حاکم‌بر ایران از اوایل عصر مفرغ در کنار نوارهای قرمز و آبی که نشان‌دهندهٔ دوره‌های خشک و مرطوب استنباط‌شده براساس شاخص‌های مختلف از توالی تورب‌زار جیرفت در جنوب‌شرقی ایران نشان داده شده‌اند. دو دورهٔ مرطوب با گسترده‌ترین قلمرو سرزمینی تحت حکومت شاهنشاهی‌های هخامنشی و ساسانی در تاریخ شاهنشاهی ایران هم‌زمان است (Vaezi et al., 2022).

**Fig. 4: Major ruling dynasties in Iran since the Early Bronze Age alongside red and blue bars represent the dry and wet periods are inferred based on various indices from Jiroft peat core, Southeastern Iran. The two wet periods coincide with the most extensive territories under the rules of the Achaemenid and Sasanian dynasties in the history of Iran (Vaezi et al., 2022).**

وجود ندارد (Djamali et al., 2010b). به‌نظر می‌رسد که کاهش فعالیت‌های کشاورزی در پایان شاهنشاهی هخامنشی به احتمال زیاد به‌دلیل تخریب زیرساخت‌ها و بی‌ثباتی موقت اجتماعی-اقتصادی ناشی از حملهٔ اسکندر مقدونی بوده است (Djamali et al., 2010a). با این‌حال، وجود شرایط خشک در منطقه، هم‌زمان با پایان شاهنشاهی هخامنشی نشان می‌دهد که تغییر اقلیم عامل زمینه‌ای بوده که احتمالاً بر کاهش فعالیت‌های کشاورزی تأثیر گذاشته و موجب بی‌ثباتی اقتصادی-اجتماعی شده است. این امکان وجود دارد که به‌دلیل شرایط خشک، جوامعی که در امتداد هلیل‌رود شکوفا شده بودند، نزدیک به ۲۰۰ سال مهاجرت کردند و کشاورزی را رها کردند. مطابقت نتایج این مطالعات درمورد کاهش فعالیت‌های کشاورزی و پایان یافتن شاهنشاهی هخامنشی نشان می‌دهد که حملهٔ یونانی‌ها و تغییر در سلسلهٔ حاکم، تأثیر مستقیمی بر مهاجرت در کل منطقه داشته است.

به‌طورکلی، در واحد ۵، K/Ti مقادیر پایینی داشت. در مقابل، Ti/Al مقادیر بالایی داشت و حداکثر تغییر بین ۲۰۰۰ تا ۱۵۳۰ سال پیش از حاضر رخ‌داد که نشان‌دهندهٔ فعالیت بادی بالا و شرایط

خشک در این بازهٔ زمانی است. شرایط خشک نیز براساس تعداد نسبتاً کم گرده نوع اسپارگانیوم در این واحد استنباط می شود. شرایط خشک هم‌چنین توسط کمترین مقادیر δ13COM در کل مغزهٔ رسوبی در این واحد پشتیبانی می‌شود. پس از یک وقفه در فعالیت‌های کشاورزی، در میانهٔ این دورهٔ خشک حاکم‌بر جیرفت بین ۲۰۰۰ و ۱۷۰۰ سال پیش از حاضر مصادف با سلسلهٔ اشکانی، مقدار متوسط گردهٔ نوع Cerealia کمی افزایش می‌یابد (حدود ۱٫۷۴٪). این اولین‌بار در طول ۴۰۰۰ سال گذشته است که کشاورزی در درهٔ جیرفت باوجود شرایط خشک وجود دارد. افزایش گرده‌های نوع Cerealia احتمالاً نشان‌دهندهٔ ایجاد سکونتگاه‌های جدید در درهٔ جیرفت و سازگاری جوامع با کشاورزی در شرایط خشک است.

## دورهٔ پیش از اسلام و عصر حاضر

در ابتدای واحد ۶ (U 6؛ ۶۱-۱۰ سانتی‌متر؛ ۱۵۴۰-۸۵۴ سال پیش از حاضر) بین ۱۵۴۰ تا ۱۳۱۵ سال پیش از حاضر ورود رسوبات بادی کاهش شدیدی نشان می‌دهد؛ درواقع، مقادیر بالای K/Ti و δ13COM در کنار مقادیر پایین Ti/Al و C/N شرایط مرطوب‌تری را در درهٔ جیرفت در این بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. وجود شرایط مرطوب هم‌چنین با افزایش گردهٔ نوع Typhaceae و گردهٔ نوع Cerealia پشتیبانی می‌شود. این دومین دورهٔ مرطوب قابل‌توجه از ۴۰۰۰ سال پیش از حاضر در درهٔ جیرفت هم‌زمان با دومین قلمرو تحت حاکمیت (از نظر وسعت) در تاریخ شاهنشاهی ایران است که توسط شاهنشاهی ساسانی (۱۷۲۶ تا ۱۲۹۹ سال پیش از حاضر) اداره می‌شد (Daryaee, 2013). هم‌زمان با شرایط مرطوب ابتدای این واحد، فعالیت‌های کشاورزی (کاشت درختان) در شمال‌غربی ایران در اواسط تا اواخر شاهنشاهی ساسانی افزایش یافته است (Djamali et al., 2010b; Shumilovskikh et al., 2017). آن‌ها پیشنهاد دادند که گسترش فعالیت‌های کشاورزی احتمالاً به‌دلیل ثبات بیشتر اجتماعی-اقتصادی و توسعهٔ بیشتر در شیوه‌های کشاورزی اتفاق افتاده است؛ با این‌حال، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شرایط آب‌وهوایی مطلوب بر شکوفایی این شاهنشاهی تأثیر گذاشته است.

پس از این بازهٔ زمانی مرطوب، بیشتر بخش‌های واحد ۶ با مقادیر متوسط نسبت‌های عنصری مشخص شدند که شرایط نیمه‌مطوب را نشان می‌دهد. فقط یک استثناء در افق رسوب در ۳۴سانتی‌متری (۱۰۷۵ سال پیش از حاضر) بود که در آن مقادیر Si/Al و Ti/Al بالا نشان‌دهندهٔ شرایط خشک و میزان بالای ورود رسوبات بادی به تورب‌زار است. در واحد ۶، تعداد درمنه بسیار کم بود، و حضور متوسطی از گردهٔ گیاهان نوع اسپارگانیوم وجود دارد که بیشتر نشان‌دهندهٔ وضعیت معتدل در این دوره است. علاوه‌بر این، تعداد کمی گرده از نوع Cerealia، ۱۳۱۵ سال پیش از حاضر تا انتهای این واحد وجود دارد. مطابق با یافته‌های پژوهش، مطالعات قبلی نشان‌دهندهٔ بی‌ثباتی سیاسی فراگیر ناشی از تهاجمات متعدد به رهبری اعراب، ترک‌ها و مغول‌ها در طول دورهٔ پس از اسلام است که بر فعالیت‌های کشاورزی در فلات ایران تأثیر گذاشته است (Djamali et al., 2010b; Shumilovskikh et al., 2017).

تغییرات غلظت Ti در تورب‌زاری در اطراف دریاچهٔ نئور در شمال‌غرب ایران تحت‌تأثیر بارش‌های زمستانهٔ مدیترانه‌ای نشان‌داد که چندین دورهٔ خشک‌سالی کوتاه‌مدت با سطوح بالای رسوبات گرد و غباری در فلات ایران از ۱۳۰۰ سال پیش از حاضر، با جنگ، تنش‌های سیاسی و بحران منابع در خاورمیانه همراه بوده است (Sharifi et al., 2015). علاوه‌بر این، گذار در برخی دیگر از تمدن‌های ایران و بین‌النهرین، ازجمله فروپاشی شاهنشاهی ساسانی در حدود ۱۳۰۰سال پیش از حاضر و شاهنشاهی صفوی در حدود ۹۵۰سال پیش از حاضر (Daryaee, 2013)، هم‌زمان با دوره‌های افزایش خشکی و ورود رسوبات بادی در اطراف دریاچهٔ نئور بوده است (Sharifi et al., 2015).

تغییرات اقلیمی در خاورمیانه باعث ناآرامی‌ها به‌صور مختلف ازجمله جنگ، تنش‌های سیاسی و بحران اجتماعی-اقتصادی به‌دلیل کمبود منابع مختلف شده است؛ با این‌حال، تداوم حضور و فعالیت انسان در درهٔ جیرفت و جنوب‌شرقی ایران (و فراتر از آن) در چنین دوره‌های غیرقابل پیش‌بینی اقلیمی و زیست‌محیطی، نشانگر انعطاف‌پذیری مردم برای گذار بین شیوه‌های مختلف امرار معاش و سامان‌دهی اجتماعی مناسب است.

## جمع‌بندی تطبیقی تغییرات اقلیمی و فرهنگی در درهٔ هلیل‌رود

در جدول ۱، جمع‌بندی تطبیقی تغییرات اقلیمی و فرهنگی در درهٔ هلیل‌رود ارائه گردیده است.

**جدول ۱. تطبیق تغییرات اقلیمی و فرهنگی در دره هلیل رود، جنوب‌شرق ایران (نگارندگان، ۱۴۰۲).**
**Tab. 1: Adaptation of climatic and cultural changes in Halil Rud Valley, Southeast of Iran (Authors, 2023).**

| دوره | شرایط اقلیمی جنوب‌شرق ایران | تطبیق تغییرات اقلیمی و فرهنگی |
|---|---|---|
| عصرمفرغ میانی (اوایل هزارهٔ دوم پیش‌ازمیلاد) | نیمه مرطوب | با بهبود شرایط اقلیمی در آغاز هزارهٔ دوم ق.م، و پس از خشک‌سالی ۲، ۴ شاهد افزایش شمار زیستگاه‌های در حوزهٔ فرهنگی هلیل‌رود هستیم. تپه‌یحیی دورهٔ IVA و تپه کنارصندل شمالی در این دوره جای می‌گیرند. |
| عصرمفرغ جدید (۱۶۰۰-۱۲۵۰ پ.م.) | خشک همراه با افزایش گرد و غبار | تاکنون هیچ استقراری از این دوره در جنوب‌شرق ایران شناسایی نشده است. |
| عصرآهن اولیه (۱۲۵۰-۹۰۰ پ.م.) | خشک همراه با افزایش گرد و غبار | باوجود اینکه مطالعات انجام‌شده وجود یک دورهٔ خشک را نشان می‌دهد، دشت جیرفت یک دورهٔ فرهنگی شکوفایی را در این دوره تجربه کرده است. محوطهٔ کنارصندل شمالی و تم‌گاوان از جمله محوطه‌های کاوش‌شده این دوره هستند. |
| عصرآهن متاخر | بسیار مرطوب | هم شواهد دیرین اقلیم و هم شواهد باستان‌شناسی حاکی از رونق و شکوفایی فرهنگی است. |
| دورهٔ هخامنشی | بسیار مرطوب | با تداوم شرایط اقلیمی مناسب دورهٔ قبل، جنوب‌شرق ایران در دورهٔ هخامنشی به‌شدت شکوفا می‌شود و ایالات کارمانیا نشان از اهمیت این منطقه در شاهنشاهی هخامنشی دارد. |
| اواخر دورهٔ هخامنشی | خشک | افول فرهنگی شدیدی در اواخر دورهٔ هخامنشی و اوایل دوران پساهخامنشی مشاهده می‌شود که کاملاً منطبق با شرایط اقلیمی بازسازی‌شده است. |
| دورهٔ اشکانی | خشک | بازیابی تدریجی منطقه در این دوران منطبق و هم‌سو با مساعدشدن شرایط اقلیمی. |
| دورهٔ ساسانی | مرطوب | |
| اواخر دوره ساسانی | نیمه خشک | هم‌خوانی میان شرایط اقلیمی نیمه‌خشک اواخر این دوره و از بین رفتن شاهنشاهی ساسانیان و تأثیر بر جوامع انسانی منطقه. |

## نتیجه‌گیری

درهٔ جیرفت شرایط معتدلی را از ۳۹۰۰ تا ۳۳۰۰ سال پیش از حاضر همراه با میزان قابل‌توجه گردهٔ نوع Cerealia در حدود ۳۸۸۰ و ۳۷۲۰ سال پیش از حاضر تجربه کرده است. شرایط معتدل‌تر به‌دنبال دورهٔ مرطوب کوتاهی در انتهای مغزهٔ رسوبی پدید آمده است. در طول این دورهٔ معتدل دو بازهٔ

زمانی کوتاه خشکی در حدود ۳۸۰۰ و ۳۵۷۵سال پیش از حاضر قابل تشخیص است. از ۳۲۹۳ تا ۲۸۹۷سال پیش از حاضر درهٔ جیرفت خشک و بادخیز بوده است. خشک‌ترین شرایط همراه با بالاترین میزان گرد و غبار در درهٔ جیرفت در حدود ۳۲۰۰سال پیش از حاضر، هم‌زمان با افول تمدنی اواخر عصرمفرغ در خاورمیانه، رخ داده است.

بین ۲۹۰۰ تا ۲۳۰۰سال پیش از حاضر، هم‌زمان با پایان پادشاهی ایلام و به‌دنبال آن پادشاهی مادها و شاهنشاهی هخامنشی، مرطوب‌ترین دوره در طول ۴۰۰۰سال گذشته در درهٔ جیرفت همراه با شواهد متعدد از فعالیت‌های کشاورزی گسترده در درهٔ جیرفت بوده است. شرایط خشک از ۲۳۰۲ تا ۲۲۴۰سال پیش از حاضر براساس افزایش شدید در ورود رسوبات بادی رخ داده است. خاتمهٔ شاهنشاهی هخامنشی (حدود ۲۳۳۰سال پیش از حاضر) با آغاز این بازهٔ خشک هم‌سو بود. نکتهٔ قابل‌توجه، ۲۰۰سال افول کشاورزی در درهٔ جیرفت پس از پایان شاهنشاهی هخامنشی است. کاهش پوشش درختی در سایر مناطق ایران نیز ازجمله دریاچهٔ آلمالو و دریاچهٔ مهارلو پس از پایان شاهنشاهی هخامنشی گزارش شده است.

شرایط خشک و افزایش قابل‌توجه در میزان گرد و غبار بین ۲۰۰۰ تا ۱۶۵۰سال پیش از حاضر، هم‌زمان با حکمرانی سلسلهٔ اشکانیان، در درهٔ جیرفت حاکم بوده است. این اولین‌بار در طول ۴۰۰۰سال گذشته بوده است که باوجود شرایط خشک، فعالیت کشاورزی در درهٔ جیرفت گسترش یافته است (اما در مقایسه با دورهٔ مادها و هخامنشیان به میزان کمتری). این گسترش احتمالاً به‌دلیل بلوغ جوامع محلی در درهٔ جیرفت و سازگاری اجتماعی با شرایط خشک بوده است.

درهٔ جیرفت بین ۱۵۴۰ تا ۱۳۱۵سال پیش از حاضر، هم‌زمان با دومین قلمرو بزرگ تاریخ شاهنشاهی ایران (ساسانیان در اوایل قرن هفتم میلادی)، شرایط مرطوبی را تجربه کرد. این دو دوره در تاریخ ایران، یعنی شاهنشاهی‌های هخامنشی و ساسانی، هم‌زمان با دو دورهٔ مرطوب‌ترین تاریخ ما هستند. این روند حاکی از ثبات اقتصادی-اجتماعی است و گسترش فعالیت‌های کشاورزی در طول این بازه‌ها به‌شرایط اقلیمی مساعدتر مربوط می‌شود؛ درحالی‌که بیشتر اوقات، بین ۱۳۱۵ و ۸۵۴سال پیش از حاضر، درهٔ جیرفت شرایط معتدلی داشته است، میزان گرده از نوع Cerealia قابل‌توجه نیست. احتمالاً به‌دلیل بی‌ثباتی سیاسی، فعالیت‌های کشاورزی در فلات ایران در این فاصلهٔ محدود بوده است،

نتایج این مطالعه نشان‌داد که دو مورد از گسترده‌ترین مرزهای سرزمینی تاریخ شاهنشاهی ایران در دوران شاهنشاهی‌های هخامنشی و ساسانی، تقریباً با دو مرطوب‌ترین دوره‌ها در درهٔ باستانی جیرفت هم‌زمان هستند. این روند حاکی از ثبات اقتصادی-اجتماعی است و گسترش فعالیت‌های کشاورزی در طول این بازه‌ها به شرایط اقلیمی مساعدتر مربوط می‌شود. پایان شاهنشاهی هخامنشی با آغاز دورهٔ خشکی و ۲۰۰ سال کشاورزی متروکه در درهٔ جیرفت هم‌زمان است. کاهش پوشش درختی در سایر مناطق ایران نیز ازجمله دریاچهٔ آلمالو و دریاچهٔ مهارلو در همین بازهٔ زمانی گزارش شده است.

این مطالعه نشان می‌دهد که تغییر اقلیم را می‌توان یکی از عوامل زمینه‌ای تأثیرگذار بر سلسله‌های اصلی حاکم‌بر ایران دانست؛ علاوه‌بر این، نتایج پژوهش نشان می‌دهند که شرایط اقلیمی مطلوب به‌طور غیرمستقیم از افزایش ثبات اجتماعی-اقتصادی و حفظ کنترل‌های سرزمینی وسیع در طول شاهنشاهی نسبتاً طولانی هخامنشی و بعداً ساسانی پشتیبانی کرده است. با این‌حال، نتایج این مطالعه بیشتر نشان‌دهندهٔ هم‌بستگی است و نیاز است که باستان‌شناسان، مورخان و زمین‌شناسان فرضیه‌های مختلفی را برای توضیح «مکانیسم» و معنادار بودن این گونه هم‌بستگی‌های زمانی مطرح و آزمایش کنند. علاوه‌بر این، این مطالعه براساس یک رکورد است و تعمیم نیاز به رکوردهای با وضوح بالای بیشتری دارد.

## سپاسگزاری

ما از حمایت‌های پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی برای حفاری و فعالیت‌های لجستیکی مختلف در طول انجام این پروژه بسیار سپاسگزاریم. از آقای دکتر روح‌الله شیرازی و آقای دکتر جویانتو روث به‌خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در طول این تحقیق تشکر می‌کنیم.

## درصد مشارکت نویسندگان

مفهوم پردازی: علیرضا واعظی، وحید توکلی، عبدالمجید نادری بنی؛ گردآوری داده ها: علیرضا واعظی، وحید توکلی، عبدالمجید نادری بنی.آنالیز و تحلیل: علیرضا واعظی، مرتضی جمالی. تامین مالی: وحید توکلی، عبدالمجید نادری بنی. نگارش پیش نویس اصلی: علیرضا واعظی. نگارش - بازبینی و اصلاح: علیرضا واعظی، مرتضی جمالی، نصیر اسکندری.

## تضاد منافع

نگارندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی‌ها و هم‌چنین در عدم انتشار مطالب پژوهش، قبل و بعد از انتشار این مقاله در هیچ نشریهٔ دیگر، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

## کتابنامه

- Agnew, A. D. Q. & Zohary, M., (1974). "Geobotanical Foundations of the Middle East". *The Journal of Ecology,* 62(1). https://doi.org/10.2307/2258907

- Alpert, P. & Neumann, J., (1989). "An Ancient "Correlation" between Streamflow and Distant Rainfall in the near East". *Journal of Near Eastern Studies,* 48(4): 313-314. https://doi.org/10.1086/373411

- Blaauw, M. & Andrés Christen, J., (2011). "Flexible Paleoclimate Age-Depth Models Using an Autoregressive Gamma Process". *In Bayesian Analysis,* 6: 457-474. https://doi.org/10.1214/11-BA618

- Clarke, J.; Brooks, N.; Banning, E. B.; Bar-Matthews, M.; Campbell, S.; Clare, L.; Cremaschi, M.; di Lernia, S.; Drake, N.; Gallinaro, M.; Manning, S.; Nicoll, K.; Philip, G.; Rosen, S.; Schoop, U. D.; Tafuri, M. A.; Weninger, B. & Zerboni, A., (2016). "Climatic changes and social transformations in the Near East and North Africa during the "long" 4th millennium BC: A comparative study of environmental and archaeological evidence". *Quaternary Science Reviews,* 136: 96-121. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.10.003

- Cline, E. H., (2014). "1177 B.C. The year civilization collapsed". *In 1177 B.C. The Year Civilization Collapsed*. https://doi.org/10.1215/10474552-3697876

- Colburn, H. P., (2013). "Connectivity and communication in the achaemenid empire 1". *Journal of the Economic and Social History of the Orient,* 56(1): 29-52. https://doi.org/10.1163/15685209-12341278

- Cronin, S., (2021). *Social Histories of Iran*. In Social Histories of Iran. https://doi.org/10.1017/9781108120289

- Daryaee, T., (2013). *Sasanian Persia The Rise and Fall of an Empire* (Paperback). I.B.Tauris & Co Ltd. https://doi.org/10.1111/hisn.12054

- Dixit, Y.; Hodell, D. A.; Sinha, R. & Petrie, C. A., (2014). "Abrupt weakening of the Indian summer monsoon at 8.2 kyr B.P.". *Earth and Planetary Science Letters*, 391: 16–23. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.01.026

- Djamali, M.; Akhani, H.; Andrieu-Ponel, V.; Braconnot, P.; Brewer, S.; de Beaulieu, jacques-L.; Fleitmann, D.; Fleury, J.; Gasse, F.; Guibal, F.; Jackson, S.; Lezine, A.-M.; Médail, F.; Ponel, P.; Roberts, N. & Stevens, L., (2010a). "Indian Summer Monsoon variations could have affected the early-Holocene woodland expansion in the Near East". *The Holocene,* 20(5): 813-820. https://doi.org/10.1177/0959683610362813

- Djamali, M.; Jones, M. D.; Migliore, J.; Balatti, S.; Fader, M.; Contreras, D.; Gondet, S.; Hosseini, Z.; Lahijani, H.; Naderi, A.; Shumilovskikh, L. S.; Tengberg, M. & Weeks, L., (2016). "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 and Archaeobotany,* 25(3): 255-269. https://doi.org/10.1007/s00334-015-0545-8

- Djamali, M.; Miller, N. F.; Ramezani, E.; Andrieu-Ponel, V.; de Beaulieu, J.-L.; Berberian, M.; Guibal, F.; Lahijani, H.; Lak, R. & Ponel, P., (2010b). "Notes on Arboricultural and Agricultural Practices in Ancient Iran based on New Pollen Evidence". *Paléorient*, 36(2): 175-188. https://doi.org/10.3406/paleo.2010.5394

- Fouache, E.; Cosandey, C.; Adle, C.; Casanova, M.; P. Francfort, H.; Madjidzadeh, Y.; Tengberg, M.; Sajadi, M.; Shirazi, Z. & Vahdati, A., (2009). *A study of the climatic crisis of the end of the Third millennium BC in Southeastern Iran through the lens of geomorphology and archaeology*. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 1505). http://meetings.copernicus.org/egu2009

- Fouache, E.; Garçon, D.; Rousset, D.; Sénéchal, G. & Madjidzadeh, Y., (2005). "La vallée de l'Halil Roud (région de Jiroft, Iran) : étude géoarchéologique, méthodologie et résultats préliminaires". *Paléorient,* 31(2): 107. https://doi.org/10.3406/paleo.2005.5128

- Czernik, J.; & Goslar, T. (2001). "Preparation of graphite targets in the Gliwice Radiocarbon Laboratory for AMS 14C dating". *Radiocarbon,* 43(2A): 283-291. https://doi.org/10.1017/S0033822200038121

- Gurjazkaite, K.; Routh, J.; Djamali, M.; Vaezi, A.; Poher, Y.; Beni, A. N.; Tavakoli, V. & Kylin, H., (2018). "Vegetation history and human-environment interactions through the late Holocene in Konar Sandal, SE Iran". *Quaternary Science Reviews*, 194: 143-155. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.06.026

- Haggis, D. C., (1993). "Intensive survey, traditional settlement patterns, and Dark Age Crete: the case of early Iron Age Kavousi". *Journal of Mediterranean Archaeology*, 6(2), 131-174. https://doi.org/10.1558/jmea.v6i2.131

- Hamzeh, M. A.; Mahmudy Gharaie, M. H.; Alizadeh Ketek Lahijani, H.; Djamali, M.; Moussavi Harami, R. & Naderi Beni, A., (2016). "Holocene hydrological changes in SE Iran, a key region between Indian Summer Monsoon and Mediterranean winter precipitation zones, as revealed from a lacustrine sequence from Lake Hamoun". *Quaternary International*, 408: 25–39. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.011

- Hedges, J. I. & Stern, J. H., (1984). "Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids1". *Limnology and Oceanography,* 29(3): 657–663. https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0657

- Hooghiemstra, H., (2006). "Leitfaden der Pollenbestimmung fur Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. H.-J. Beug. Publisher Verlag Friedrich Pfeil, Munich, 2004 (542 pp. 120 plates, 12 tables) ISBN 3 89937 043 0". *Journal of Quaternary Science,* 21(1). https://doi.org/10.1002/jqs.915

- Kaniewski, D.; Paulissen, E.; Van Campo, E.; Weiss, H.; Otto, T.; Bretschneider, J. & Van Lerberghe, K., (2010). "Late second-early first millennium BC abrupt climate changes in coastal Syria and their possible significance for the history of the Eastern Mediterranean". *Quaternary Research,* 74(2): 207-215. https://doi.org/10.1016/j.yqres.2010.07.010

- Kuzucuoğlu, C.; Dörfler, W.; Kunesch, S. & Goupille, F., (2011). "Mid- to late-Holocene climate change in central Turkey: The tecer lake record". *Holocene,* 21(1): 173-188. https://doi.org/10.1177/0959683610384163

- Langgut, D.; Finkelstein, I. & Litt, T., (2013). "Climate and the Late Bronze collapse: new evidence from the southern Levant, *Tel Aviv, Journal of the Institute of Archaeology of Tel Aviv University,* 40(2)" 149-175. https://doi.org/10.1179/033443513X13753505864205

- Laskar, A. H. & Bohra, A., (2021). "Impact of Indian Summer Monsoon Change on Ancient Indian Civilizations During the Holocene". *In Frontiers in Earth Science,* 9, 709455. https://doi.org/10.3389/feart.2021.709455

- Leonard, J., (1993). "Comparisons between the Phytochorological Spectra of Three Iranian Deserts and Those of Various Surrounding Regions". *Bulletin Du Jardin Botanique National de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België*, 62(1/4): 389-396. https://doi.org/10.2307/3668284

- Madella, M. & Fuller, D., (2006). "Palaeoecology and the Harappan Civilisation of South Asia: a reconsideration". *Quaternary Science Reviews*, 25(11-12): 1283-1301. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379105002908

- Madjidzadeh, Y. & Pittman, H., (2008). "Excavations at Konar Sandal in the Region of Jiroft in the Halil Basin: First Preliminary Report (2002–2008)". *Iran,* 46(1): 69–103. https://doi.org/10.1080/05786967.2008.11864738

- Mancini-Lander, D. J., (2009). "A history of Iran: Empire of the mind by michael axworthy (New York: Basic books, 2008. 249 pages.)". *American Journal of Islam and Society,* 26(4): 121-123. https://doi.org/10.35632/ajis.v26i4.1371

- Martinez-Ruiz, F.; Kastner, M.; Gallego-Torres, D.; Rodrigo-Gámiz, M.; Nieto-Moreno, V. & Ortega-Huertas, M., (2015). "Paleoclimate and paleoceanography over the past 20,000 yr in the Mediterranean Sea Basins as indicated by sediment elemental proxies". *Quaternary Science Reviews,* 107: 25–46. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.018

- Mashkour, M.; Tengberg, M.; Shirazi, Z. & Madjidzadeh, Y., (2013). "Bio-archaeological studies at Konar Sandal, Halil Rud basin, southeastern Iran".

*Environmental Archaeology,* 18(3): 222–246. https://doi.org/10.1179/1749631413Y.0000000006

- Moore, P. D.; Webb, J. A. & Collinson, M. E., (1991). *Pollen analysis*. Second Edition, Blackwell, Oxford, 1-216.

- Neumann, J. & Parpola, S., (1987). "Climatic Change and the Eleventh-Tenth-Century Eclipse of Assyria and Babylonia". *Journal of Near Eastern Studies,* 46(3): 161-182. https://doi.org/10.1086/373244

- Paulette, T., (2012). "Domination and resilience in bronze age mesopotamia". In: *Surviving Sudden Environmental Change: Answers from Archaeology*, 167: 196. https://doi.org/10.2307/j.ctt1wn0rbs.12

- Petrie, C. A. & Weeks, L., (2019). "The Iranian Plateau and the Indus River Basin". In: *Climate Changes in the Holocene*: (pp: 293-326). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781351260244-14

- Ponton, C.; Giosan, L.; Eglinton, T. I.; Fuller, D. Q.; Johnson, J. E.; Kumar, P. & Collett, T. S., (2012). "Holocene aridification of India". *Geophysical Research Letters*, 39(3): 1-6. https://doi.org/10.1029/2011GL050722

- Pyankova, L., (1994). "Central Asia in the Bronze Age: Sedentary and nomadic cultures". *Antiquity*, 68(259): 355-372. https://doi.org/10.1017/S0003598X00046718

- Reimer, P. J.; Austin, W. E. N.; Bard, E.; Bayliss, A.; Blackwell, P. G.; Bronk Ramsey, C.; Butzin, M.; Cheng, H.; Edwards, R. L.; Friedrich, M.; Grootes, P. M.; Guilderson, T. P.; Hajdas, I.; Heaton, T. J.; Hogg, A. G.; Hughen, K. A.; Kromer, B.; Manning, S. W.; Muscheler, R.; … Talamo, S. (2020). "The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP)". *Radiocarbon,* 62(4): 725-757. https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41

- Sharifi-Yazdi, M.; Tavakoli, V.; Salehi-Noparvar, S.; Vaezi, A.; Naderi Beni, A.; Nazemi, M.; Duttagupta, S. & Routh, J., (2022). "Influence of the Late Quaternary climate on sedimentology of the Jazmurian Playa, SE Iran". *Journal of Paleolimnology*, 68(2): 169-187. https://doi.org/10.1007/s10933-022-00239-8

- Sharifi, A.; Pourmand, A.; Canuel, E. A.; Ferer-Tyler, E.; Peterson, L. C.; Aichner, B.; Feakins, S. J.; Daryaee, T.; Djamali, M.; Beni, A. N.; Lahijani, H. A. K. & Swart, P. K., (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. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.006

- Shumilovskikh, L.; Djamali, M.; Andrieu-Ponel, V.; Ponel, P.; de Beaulieu, J.-L.; Naderi-Beni, A. & Sauer, E. W., (2017). "Palaeoecological insights into agri-horti-cultural and pastoral practices before, during and after the Sasanian Empire". *Sasanian Persia: between Rome and the Steppes of Eurasia*, 2nd edn. Edinburgh University Press, Edinburgh: 51-73. https://doi.org/10.3366/edinburgh/9781474401012.003.0003

- Sinha, A.; Kathayat, G.; Weiss, H.; Li, H.; Cheng, H.; Reuter, J.; Schneider, A. W.; Berkelhammer, M.; Adali, S. F.; Stott, L. D. & Lawrence Edwards, R., (2019). "Role

of climate in the rise and fall of the neo-assyrian empire". *Science Advances,* 5(11). eaax6656. https://doi.org/10.1126/sciadv.aax6656

- Staubwasser, M. & Weiss, H., (2006). "Holocene Climate and Cultural Evolution in Late Prehistoric–Early Historic West Asia". *Quaternary Research,* 66(03): 372–387. https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.09.001

- Turchin, P.; Adams, J. M. & Hall, T. D., (2006). "East-West Orientation of Historical Empires and Modern States". *Journal of World-Systems Research,* 219-229. https://doi.org/10.5195/jwsr.2006.369

- Vaezi, A.; Ghazban, F.; Tavakoli, V.; Routh, J.; Beni, A. N.; Bianchi, T. S.; Curtis, J. H. & 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. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.09.026

- Vaezi, A.; Routh, J.; Djamali, M.; Gurjazkaite, K.; Tavakoli, V.; Beni, A. N. & Roberts, P., (2022). "New multi-proxy record shows potential impacts of precipitation on the rise and ebb of Bronze Age and imperial Persian societies in southeastern Iran". *Quaternary ScienceReviews*,298:107855.https://doi.org/10.1016/J.QUASCIREV.2022.107855

- Vidale, M. & Frenez, D., (2015). "Indus Components in the Iconography of a White Marble Cylinder Seal from Konar Sandal South (Kerman, Iran)". *South Asian Studies*, 31(1): 144-154. https://doi.org/10.1080/02666030.2015.1008820

- Wehausen, R. & Brumsack, H.-J., (2000). "Chemical cycles in Pliocene sapropel-bearing and sapropel-barren eastern Mediterranean sediments". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 158(3): 325–352. https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00057-2

- Weiss, B., (1982). "The decline of Late Bronze Age civilization as a possible response to climatic change". *Climatic Change,* 4(2): 173-198. https://doi.org/10.1007/BF02423389

- Weiss, H.; Courty, M. A.; Wetterstrom, W.; Guichard, F.; Senior, L.; Meadow, R. & Curnow, A., (1993). "The genesis and collapse of third millennium north Mesopotamian civilization". *Science,* 261(5124): 995-1004. https://www.jstor.org/stable/2881847

- Zandifar, S.; Tavakoli, V.; Vaezi, A.; Naeimi, M.; Naderi Beni, A.; Sharifi-Yazdi, M. & Routh, J., (2022). "Influence of transport mechanism on playa sequences, late Pleistocene-Holocene period in Jazmurian Playa, southeast Iran". *Arabian Journal of Geosciences,* 15(7): 653. https://doi.org/10.1007/s12517-022-09918-2

- Zhang, P.; Cheng, H.; Edwards, R. L.; Chen, F.; Wang, Y.; Yang, X.; Liu, J.; Tan, M.; Wang, X.; Liu, J.; An, C.; Dai, Z.; Zhou, J.; Zhang, D.; Jia, J.; Jin, L.; & Johnson, K. R. (2008). *A test of climate, sun, and culture relationships from an 1810-year Chinese cave record. science,* 322(5903): 940-942. http://science.sciencemag.org/content/322/5903/940.abstract