

# اقلیم‌شناسی دیرینه

دکتر مجید حبیبی نوخندان

(عضو هیئت علمی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو)

دکتر علیرضا بنی‌واهب

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تربت حیدریه)

دکتر منصوره کوهی

(عضو هیئت علمی پژوهشکده اقلیم‌شناسی)

دکتر لیلی گلی مختاری

(عضو هیئت علمی دانشگاه حکیم سبزواری)

بهاره بذر افشان

(کارشناس پژوهشکده اقلیم‌شناسی)

آذین معتمد

(کارشناس هواشناسی خراسان رضوی)

زهرا نجفی نیک

(کارشناس هواشناسی کرمان)

(این اثر با حمایت سازمان هواشناسی کشور منتشر شده است)

# اقلیم‌شناسی دیرینه

مؤلفان: دکتر مجید حبیبی نوخندان، دکتر علیرضا بنی‌واهب، دکتر منصوره کوهی، دکتر لیلی گلی مختاری، بهاره بذرافشان، آذین معتمد، زهرا نجفی نیک  
ناشر: انتشارات آتی‌نگر  
ناشر همکار: انتشارات پژوهشکده اقلیم‌شناسی  
طراحی جلد: سپیده شائمی  
صفحه‌آرایی: همتا بیداریان  
چاپ اول، ۱۴۰۲  
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه  
قیمت: ۱,۹۰۰,۰۰۰ ریال  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۷۱-۷۷-۶

ISBN: 978-622-7571-77-6

نشانی دفتر فروش: خیابان جمالزاده جنوبی، روبه‌روی کوچه رشتچی، پلاک ۱۴۴، واحد ۱

نمابر: ۶۶۵۶۵۳۳۷

تلفن: ۸-۶۶۵۶۵۳۳۶

www.ati-negar.com \* info@ati-negar.com



اقلیم‌شناسی دیرینه / مؤلفان مجید حبیبی نوخندان... [و دیگران].

تهران: آتی‌نگر، مشهد: سازمان هواشناسی کشور، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، ۱۴۰۲.

۲۵۶ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 978-622-757-77-6

فیبا.

یادداشت: مؤلفان: مجید حبیبی نوخندان، علیرضا بنی‌واهب، منصوره کوهی، لیلی گل مختاری،

بهاره بذرافشان، آذین معتمد، زهرا نجفی نیک.

موضوع: دیرین‌شناسی اقلیمی - Paleoclimatology

موضوع: دیرین‌شناسی اقلیمی - ایران - Paleoclimatology -- Iran

شناسه‌افزوده: حبیبی نوخندان، مجید، ۱۳۵۴، -

شناسه‌افزوده: سازمان هواشناسی کشور، پژوهشکده اقلیم‌شناسی

رده‌بندی کنگره

رده‌بندی دیویی

شماره کتابشناسی ملی

QC۸۸۴/۵

۵۵۱/۴۱۵

۹۲۰۰۱۴۶

# فهرست مطالب

۷	پیشگفتار
۹	فصل ۱: بازسازی اقلیم دیرینه
۹	۱-۱ مقدمه.....
۱۴	۲-۱ منابع اطلاعات اقلیم دیرینه.....
۱۹	۳-۱ سطوح تحلیل اقلیم دیرینه.....
۲۰	۴-۱ مدل سازی در پژوهش های اقلیم دیرینه.....
۲۲	۵-۱ منابع.....
۲۵	فصل ۲: تغییر اقلیم
۲۵	۱-۲ اهمیت تغییر اقلیم.....
۳۱	۲-۲ سیستم اقلیمی.....
۳۱	۱-۲-۲ مؤلفه های سیستم اقلیمی.....
۴۱	۳-۲ سازوکارهای پس خور.....
۴۳	۴-۲ تعادل انرژی زمین و جو.....
۵۲	۵-۲ مقیاس های زمانی نوسان های اقلیمی.....
۵۴	۶-۲ تغییرات در پارامترهای مداری زمین.....
۶۶	۷-۲ منابع.....
۶۹	فصل ۳: اهمیت روش های سن یابی در بازسازی اقلیم دیرینه
۶۹	۱-۳ مقدمه.....
۷۰	۲-۳ روش های رادیوایزوتوپ پرتوزا.....
۷۱	۱-۲-۳ سن یابی 14C.....
۷۸	۲-۲-۳ سن یابی 40K / 40Ar.....

۸۱	۳-۲-۳ سن یابی مجموعه‌های اورانیم.....
۸۴	۴-۲-۳ روش‌های سن یابی با استفاده از ایزوتوپ‌ها:.....
۸۷	۵-۲-۳ مرکز زمین‌شناسی برای ایزوتوپ در دانشگاه فلوریدا و فعالیت‌های آن.....
۸۷	۶-۲-۳ سن یابی لومین سانس.....
۹۰	۳-۳ نتیجه‌گیری.....
۹۲	۴-۳ منابع.....

## فصل ۴: یخچال‌ها

۹۵	۱-۴ مقدمه.....
۹۵	۱-۱-۴ پراکندگی پوشش یخ و یخچال‌ها و تغییر آب و هوا.....
۹۶	۲-۱-۴ پالئوژئوگرافی دوران چهارم.....
۹۷	۳-۱-۴ دوره‌های یخچالی.....
۹۸	۴-۱-۴ رسوب‌های یخچالی.....
۹۹	۲-۴ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هسته‌های یخی.....
۱۰۱	۳-۴ تحلیل ایزوتوپ پایدار.....
۱۰۱	۴-۴ اندازه‌گیری و استاندارد کردن ایزوتوپ‌های پایدار در آب.....
۱۰۳	۱-۴-۴ عوامل جغرافیایی مؤثر بر تمرکز ایزوتوپ پایدار.....
۱۰۴	۵-۴ زمان‌سنجی برف و یخ.....
۱۰۷	۶-۴ چینه‌شناسی برف و یخ.....
۱۰۷	۱-۶-۴ همبستگی‌های چینه‌شناسی.....
۱۰۹	۷-۴ بازسازی اقلیم گذشته از مغزه‌های یخ.....
۱۱۰	۱-۷-۴ گزارش مغزه یخ از جنوبگان.....
۱۱۰	۲-۷-۴ گزارش هسته یخ از گرینلند.....
۱۱۴	۳-۷-۴ گزارش هسته یخ در ایران.....
۱۱۵	۸-۴ منابع.....

## فصل ۵: رسوب‌ها

۱۲۱	۱-۵ مقدمه.....
۱۲۱	۲-۵ رسوب‌ها.....
۱۲۲	۳-۵ داده‌های اقلیم گذشته از مواد زیستی در هسته‌های اقیانوسی.....
۱۲۵	۱-۳-۵ آثار اقلیمی.....
۱۲۷	۲-۳-۵ موارد استفاده آثار رسوبی در جغرافیای گذشته زمین.....
۱۲۸	

- ۳-۳-۵ مطالعه ایزوتوپ اکسیژن رسوب‌های دریایی و فسیل‌های جانوری- آهکی ..... ۱۲۹
- ۴-۳-۵ ترکیب ایزوتوپی اکسیژن اقیانوس‌ها ..... ۱۳۰
- ۴-۵ رسوب‌های کواترنری در ایران ..... ۱۳۰
- ۱-۴-۵ کواترنری در البرز ..... ۱۳۱
- ۲-۴-۵ کواترنری در کویر بزرگ نمک (ایران مرکزی) ..... ۱۳۲
- ۳-۴-۵ انواع رسوبات در کویرهای ایران ..... ۱۳۴
- ۵-۵ رسوب‌های دریاها و اقیانوس‌های کنونی ..... ۱۴۲
- ۱-۵-۵ اقیانوس اطلس ..... ۱۴۲
- ۲-۵-۵ اقیانوس کبیر (آرام) ..... ۱۴۴
- ۳-۵-۵ اقیانوس هند ..... ۱۴۵
- ۴-۵-۵ دریاهای قطبی ..... ۱۴۵
- ۵-۵-۵ دریای سرخ- احمر ..... ۱۴۵
- ۶-۵-۵ دریای مدیترانه ..... ۱۴۶
- ۷-۵-۵ دریای خزر ..... ۱۴۷
- ۸-۵-۵ خلیج فارس ..... ۱۵۷
- ۹-۵-۵ انتشار دریاها در دوره‌های گذشته ..... ۱۵۹
- ۱۰-۵-۵ جریان‌های دریایی ..... ۱۵۹
- ۶-۵ مرجان‌ها ..... ۱۶۰
- ۱-۶-۵ اقلیم دیرینه و آهنگ رشد مرجان‌ها ..... ۱۶۱
- ۲-۶-۵ ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در مرجان‌ها ..... ۱۶۱
- ۳-۶-۵ ایزوتوپ 13 C در مرجان‌ها ..... ۱۶۳
- ۴-۶-۵  $\Delta 14c$  در مرجان‌ها ..... ۱۶۴
- ۵-۶-۵ عناصر ردیاب در مرجان‌ها ..... ۱۶۴
- ۷-۵ منابع ..... ۱۶۵

## فصل ۶: تحلیل گرده‌ای

- ۱-۶ مقدمه ..... ۱۶۹
- ۲-۶ کاربردهای پالینولوژی ..... ۱۷۴
- ۳-۶ مبانی تحلیل گرده‌ای ..... ۱۷۶
- ۱-۳-۶ مشخصات دانه‌های گرده ..... ۱۸۰
- ۲-۳-۶ تولید و پراکنش گرده: باران گرده ..... ۱۸۲

۱۸۳	..... منابع فسیل گرده ۳-۳-۶
۱۸۶	..... آماده‌سازی نمونه‌ها ۴-۳-۶
۱۸۸	..... باران گرده به‌عنوان نمایشگر وضعیت گیاهان و اقلیم ۵-۳-۶
۱۸۹	..... نقشه‌های اطلاعات امروزی گرده ۶-۳-۶
۱۹۰	..... گیاهان با چه سرعتی به تغییر اقلیم واکنش نشان می‌دهند ۴-۶
۱۹۱	..... تحلیل گرده‌ای یک مکان: نمودار گرده ۵-۶
۱۹۳	..... پهنه‌بندی نمودار گرده ۱-۵-۶
۱۹۴	..... ترسیم تغییر پوشش گیاهی: نقشه‌های هم‌گرده و هم‌زمان ۶-۶
۱۹۴	..... بازسازی‌های کمی اقلیم دیرینه بر مبنای تحلیل گرده‌ای ۷-۶
۱۹۵	..... بازسازی اقلیم دیرینه با استفاده از داده‌های ثبت‌شده‌ی گرده ۸-۶
۲۰۵	..... منابع ۹-۶

## فصل ۷: حلقه‌های درختان یک شاخص مهم در بازسازی اقلیم دیرینه ۲۱۱

۲۱۱	..... مقدمه ۱-۷
۲۱۲	..... دندروکلیماتولوژی ۲-۷
۲۱۳	..... اصول و مفاهیم دندروکلیماتولوژی ۱-۲-۷
۲۱۶	..... نمونه‌برداری ۲-۲-۷
۲۲۱	..... سن‌یابی ۳-۲-۷
۲۲۵	..... استاندارد کردن داده‌های عرض حلقه درختان ۴-۲-۷
۲۳۳	..... کالیبراسیون داده‌های حلقه درختان ۵-۲-۷
۲۳۹	..... اثبات بازسازی‌های اقلیمی ۶-۲-۷
۲۴۱	..... دندروکلیماتولوژی ایزوتوپی ۳-۷
۲۴۳	..... بازسازی دندروکلیماتیک ۴-۷
۲۵۰	..... منابع ۵-۷

# پیشگفتار

اقلیم‌شناسی دیرینه، گرایشی از اقلیم‌شناسی و ترکیبی از دانش زمین‌شناسی، جغرافیای دیرینه، گیاه‌شناسی و جانورشناسی است که به مطالعه شرایط آب و هوایی گذشته کره زمین و آثار و نشانه‌هایی می‌پردازد که در نتیجه سیر تحولی اقلیم از گذشته‌های دور به جا مانده است. در مقایسه با عمر طولانی کره زمین، اطلاعات ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی بازه زمانی بسیار کوتاهی را پوشش می‌دهند. این در حالی است که برخی از عوامل تغییردهنده اقلیم کره زمین در مقیاس‌های زمانی چند صد هزار ساله (همچون تغییرات مدار کره زمین) عمل می‌کنند و اقلیم کره زمین را دستخوش تغییر می‌کنند. از این رو این دانش در پی آن است تا با دستیابی به منابع اطلاعاتی چون رسوبات اقیانوسی و دریاچه‌ای، مغزه‌های یخ قطب شمال و جنوب، رسوبات غارها، مرجان‌ها، حلقه‌های درختان و ... با به‌کارگیری روش‌های مختلف، تغییرات اقلیم کره زمین در بازه‌های زمانی بلندمدت را بازسازی کند. چنین بازسازی‌هایی، دانش ما را از شیوه پاسخگویی اقلیم کره زمین به واداشتهای وارده بر آن بیشتر می‌کند و در واقع همچنان که از جمله مشهور «گذشته کلید آینده است» برمی‌آید، می‌توان با بهره‌گیری از اطلاعات به‌دست آمده از پژوهش‌های اقلیم‌شناسی دیرینه با اطمینان بیشتری تغییرات اقلیمی آینده کره زمین را پیش‌بینی کرد.

امروزه یافته‌های این علم تصویری نسبتاً واضح از چگونگی تغییرات آب و هوایی طی ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ میلیون سال پیش به‌دست داده است. بدیهی است که رویدادهای اقلیمی با نزدیک‌شدن هر چه بیشتر به زمان حال دقیق‌تر و روشن‌تر می‌شود. دساوردهای اخیر نشان می‌دهند که اقلیم در طول هزاران و میلیون‌ها سال گذشته تغییرات اساسی را تجربه کرده است و دوره‌های خشک و مرطوب و سرد و گرم به‌طور متناوب جایگزین یکدیگر شده‌اند. نوسان‌های اقلیمی حتی در ۲۰۰ سال اخیر که آمار و داده‌های هواشناسی در مورد آن موجود است، بسیار مشهود بوده‌اند. برخی از اقلیم‌شناسان نوسان‌های اقلیمی را به تلاطم و امواج دریایی تشبیه می‌کنند که حرکت واقعی آن را تغییرات حقیقی اقلیم همچون گذار از دوره‌های یخچالی و بین یخچالی تشکیل می‌دهند.

کتاب حاضر برگرفته از نتایج طرح مطالعاتی مورد حمایت سازمان هواشناسی کشور است لذا بر خود فرض می‌دانیم از حمایت‌های مجموعه معاونت پژوهش و توسعه کاربردهای سازمان هواشناسی کشور و زحمات ناشر محترم و تمامی عزیزانی که در تهیه این کتاب ما را یاری کرده‌اند، قدردانی کنیم.

به ناچار حشوش بود در میان

قبا گر حریر است و گر پرنیان

(سعدی)

مؤلفان

زمستان ۱۴۰۱