

عصر یخبندان کوچک و تاثیر آن بر ایران زمین

جعفر سپهری (مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی)

پریسا زارعی (کارشناس ارشد رشته فیزیک دریا)

هیچکس در هیچ زمانی قله کوه دماوند را خالی از برف ندیده است و چنانچه هنگامی بدون برف بماند، در جهتی که کوه بی برف نمایان گردد، فتنه و آشوب برپا و خون و خونریزی خواهد شد. (سفرنامه ابودلف)

بشوید به سیلاب از چین به سند
به خورشید تابان ماه تموز

که تیر مه باد دریای هند
به موسم کند زنده او نیمروز

برای تمام ساکنان سیاره زمین، تغییرات آب‌وهوایی نکته‌ای بسیار آشناست. سرعت این تغییرها به اندازه‌ای زیادست که ما می‌توانیم هر روز افت و خیز دما، تغییر رطوبت هوا و سمت و سرعت باد را احساس کنیم. تغییرات فصلی آب‌وهوا به صورت یک چرخه معمولاً پیش‌بینی‌پذیر است. بهار همیشه پس از زمستان و پاییز بعد از تابستان می‌آید. ترکیبی از عوامل آب‌وهوایی که در منطقه معینی به مدت چندین سال مشخص و نمایان شده باشد را اقلیم می‌نامند. هر منطقه اقلیمی هم می‌تواند جزئی از یک منطقه اقلیمی بزرگتر، مانند اقلیم قطبی، باران‌های موسمی، حاره‌ای، بیابانی و ... باشد. هنگامی که اقلیم خاصی برای منطقه‌ای مشخص شد، پدیده‌های نادری مانند توفان‌های شدید و بارندگی‌های سیل‌آسا، ویا بادهای ناگهانی، موجب نمی‌شوند که اقلیم اصلی یک ناحیه تغییر کنند. به بیان دیگر اینکه، آنچه که به نام یک اقلیم می‌نامیم، میانگین اندازه‌گیری متغیرهای آب‌وهوایی در یک دوره زمانی طولانی است.

بسیار دشوار است که ما بخواهیم، اندازه‌گیری تغییرات طولانی مدت آب‌وهوایی در دهه‌ها یا سده‌ها را ارزیابی کنیم. به ویژه اینکه اندازه‌گیری متغیرها در زمان‌های گذشته هم امری ناممکن است. از این رو از روی نشانه‌ها و شواهد به بررسی این امر می‌پردازیم. شدت زمستان‌ها در ادوار گذشته از روی دانه‌های بلور نمکی سنجیده می‌شود. اما این اندازه‌گیری پرسش زیر را هم مطرح می‌کند: آیا در طی سده‌ها، در نقاط گوناگون زمین، اقلیم تغییر کرده است؟

هرچند که در آغاز پاسخ بلی نمایان می‌شود، اما چنین پاسخی باید بر استنتاج داده‌ها قرار داشته باشد. ما در این نوشتار به دوره سالیان ۱۴۵۰ تا ۱۸۵۰ میلادی (برابر با حدود ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ خورشیدی) می‌پردازیم. در این دوره دست‌کم در نیم‌کره شمالی دما از زمان کنونی پایین‌تر بوده است. زمانی که آنرا عصر یخبندان کوچک می‌نامیم.

در این دوره زمانی است که مسیر آمودریا (جیحون) تغییر کرده ارتباط دریای مازندران و دریاچه و خش (آرال) قطع شده است. رودخانه‌ها و دریاچه‌های محلی بسیاری در آغاز این دوره پر آب بوده و در پایان آن خشک شدند. پهنه گسترده‌ای از جنگل‌های تنک، علفزارها و مرغزارهای ایران زمین و همچنین زمین‌های کشاورزی در پایان این دوره از میان می‌روند. همچنین تنوع حیات وحش هم رو به کاهش می‌گذارد. گستره زندگی گربه‌سانان بزرگ در ایران کوچک و کوچک‌تر می‌شود تا اینکه ببر مازندران و شیر ایرانی که هر دو نماد کشور و تمدن ایران بودند در پایان این دوره به شدت کاهش یافته سپس منقرض می‌شوند.

همچنان که گفته شد، بسیار مهم است که دلایلی برای یک تغییر اقلیمی ریشه‌ای و اساسی یافت شود، اما چنین دلایلی تا کنون یافت نشده‌اند. این تعادل ظریف طبیعت است که زندگی روی زمین را امکان‌پذیر ساخته و در این تعادل پیشامدهای ناگوار غیرمترقبه، فاجعه و مصیبت نامیده می‌شوند.

به طور یقین، در بررسی و مطالعه تاریخی اقلیم، مشکلات زیادی وجود دارد. بسیاری از ابزارهای اندازه‌گیری که امروزه به طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند، مانند دماسنج، بادسنج، فشارسنج، باران‌سنج، در سالیان اخیر گسترش یافته‌اند. از این روست که برای دستیابی به اقلیم در سده‌های گذشته، استنتاج داده‌ها از منابع دیگر معنی پیدا می‌کند. این داده‌ها منابعی مانند روزنگار ناوگان دریایی، جدول‌های مالیاتی، تاریخ جوامع انسانی و مهاجران، میزان تولیدات کشاورزی، و از همه جالب‌تر اطلاعاتی از درون هنر و به ویژه ادبیات است.

در سال ۱۲۸۹ رودخانه زاینده‌رود خشکید. مردم در آن چاهی کندند به قرب سی زرع و آبی به زحمت می‌کشیدند برای مشروبات. (تاریخ مسعودی)

هنگامی که از عصر یخبندان کوچک صحبت می‌شود، عصر یخبندان بزرگ هم معنی پیدا می‌کند. تصور می‌شود که در دوران چهارم زمین‌شناسی (پلیستوسن) توده‌های یخ در مقیاس عظیم، حرکت کرده‌اند. شواهدی وجود دارد که کلاهک‌های یخی قطب‌ها، از مرزهای کنونی به نحو بارز و چشمگیری به اطراف گسترده شده بوده‌اند. در نیم‌کره غربی، شواهد یخبندان مانند خاک یخ‌زده، نشانه‌های صیقلی، خط روی صخره‌ها، یخ‌رفت، تخت‌سنگ‌های سرگردانی که از منشا خود بسیار دور شده‌اند در بیشتر کانادا و بخش‌هایی از شمال آمریکا چشمگیر هستند. تمامی این نشانه‌ها دلیلی بر وجود مقدار هنگفت یخ و حرکت آن در مقیاس بسیار بزرگی بوده است.

اما مشخصه عصر یخبندان کوچک، حرکت مقدار هنگفت یخ از قطب به سوی جنوب نیست، بلکه به وسیله زمستان‌های بسیار سخت یک دوره چندصدساله در نیم‌کره شمالی مشخص می‌شود. به علاوه، دیگر پدیده‌های هواشناسی مانند تابستان‌های خنک‌تر، تغییر عمده در مقدار بارش باران و جابجایی عمده در الگوی باد، همچنین تغییر چشمگیری در اندازه یخچال‌های کوهستانی مشاهده می‌شود.

دوره بلافاصله پیش از عصر یخبندان کوچک، دوره سال‌های ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ میلادی (حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ خورشیدی) یک آب‌وهوای نامتعارف و نامرتب را نشان می‌دهد. مشخصات آن با امروزه متفاوت بوده و میانگین دمای آن از امروز هم بالاتر بوده است. از این روست که در متون تاریخی جابجایی چشمگیری به سوی سرما به چشم می‌خورد. در این دوره استپ‌های

بی‌پایان آسیا مملو از مواد غذایی برای انسان می‌گردد. در نتیجه در میان اقوام این ناحیه رشد جمعیت زیادی به چشم می‌خورد. هم‌اینان با یورش خود تحت عنوان کلی قوم مغول به سوی سرزمین‌های متمدن، تاریخ جهان را دگرگون ساختند.

شاخص‌های تاریخی تغییر اقلیم

در آغاز از آثار دگرگونی اقلیم بر روی گیاهان و جانوران سخن می‌گوییم. تاکستان‌های جنوب انگلستان در حدود دوره سال‌های ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ میلادی (حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ خورشیدی) باردهی بالایی داشته است. و این حدود ۵۰۰ کیلومتر بالاتر از مدار کنونی کشت انگور در آلمان و فرانسه است. در زمان یاد شده انگور در شمال فرانسه و آلمان هم کشت می‌شده است، جایی که امروزه نگهداری تاکستان‌های آن هیچ‌گونه توجه اقتصادی ندارد. انگور تولیدشده در انگلستان بسیار بیشتر از مصرف محلی آن بود و صادرات انگور و فراورده‌های آن به ویژه به فرانسه رونق فراوان داشت. در سال‌های سده ۱۴۰۰ میلادی (حدود سده ۸۰۰ خورشیدی) دما برای ایجاد فراورده‌های انگور بسیار پایین بود و کشت تاکستان در مدارهای شمالی متوقف شد. حتی در زمان کنونی هم امکان کشت تجاری انگور در این نواحی وجود ندارد.

اینک می‌توان به طور تقریب میزان اختلاف دما در این دو دوره را حدس زد. در آلمان، در زمان این گرما، تاکستان‌ها در ارتفاع ۷۸۰ متری از سطح دریا یافت می‌شدند. آنها هم‌اکنون در ارتفاع ۵۶۰ متری از سطح دریا دیده می‌شوند. اگر در هر ۱۰۰ متر ارتفاع حدود ۰/۶ تا ۰/۷ درجه سانتیگراد کاهش دما داشته باشیم (لاپس‌ریت)، این داده‌ها به ما می‌گویند که دمای هوا حدود ۱/۰ تا ۱/۴ درجه سانتیگراد گرم‌تر از امروز بوده است. برای یک محصول انگور عالی، به یک بهار معتدل و به نسبت گرم پس از پایان شکفتن شکوفه‌ها نیاز است. همچنین، برای افزایش قند موجود در آن، یک تابستان گرم و پاییزی معتدل ضروری است. محصولات باید پیش از نخستین یخبندان گردآوری شوند.

شاهد گیاه‌شناختی دیگر بر این کاهش دما، خط رویش درختان در کوه‌های آلپ است که حدود ۷۰ تا ۳۰۰ متر پایین‌تر آمده است. این مشاهدات با بازمانده ته‌نشست‌های گیاهی و جنگلی در ارتفاعاتی بالاتر از آنچه امروزه هستند تایید می‌شود. همچنین در آلمان خط رویش درختان بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر پایین‌تر آمده است. در ایسلند این خط ۳۰۰ متر پایین‌تر آمده است. هنوز هم در انتهای دنباله‌های یخچال‌های موجود در ایسلند، تنه درخت‌چه‌های غان و غوشه به چشم می‌خورند. همچنین، کاهش دما به معنی کاهش در مدار کشت میوه‌ها، همانند جابجایی خط کاشت خرما در ایران، و پهنه تولید غلات و افزایش حدود ۲۰ روز به زمان رسیدن انگورهای تاکستان‌هاست.

بقایای آرامگاه‌های **Norse** در گرین‌لند، جایی است که اکنون خاک آن پیوسته یخ‌زده است. حدس زده می‌شود که دمای **Norse** در آن زمان بین ۲ تا ۴ درجه گرم‌تر از امروز بوده است. همچنین یافتن ریشه‌های گیاهان در چنین سطحی این دیدگاه را تقویت می‌کند، آن‌هم در جایی که امروزه سرمای پایدار و یخ‌بندان همیشگی جلوی رویش هرگونه گیاهی را می‌گیرد. شواهدی نیز در دست است که اسکیموهای امریکای شمالی، سرزمین‌های شمالی گرین‌لند، جزیره **Ellesmere** و جزایر سیبری شمالی را اشغال کرده بوده‌اند. در این مکان‌ها، شواهد بسیاری از اقامت کسانی که از راه دریا نقل‌ومکان می‌کرده‌اند، یافت شده است. باستان‌شناسان هم شواهد زیادی از وجود دهکده‌های صیادی باستانی که ماهیگیری و شکار نهنگ آنها را گسترش داده بود یافته‌اند. این مهاجرنشین‌ها با تغییر هوا مجبور به حرکت به سمت جنوب شدند، تا جایی که با وایکینگ‌ها در گرین‌لند جنوبی روبرو شدند. برخورد به‌ناچار رخ داد و مهاجرنشین‌های وایکینگ به ناگاه در سال‌های سده

۱۴۰۰ میلادی (حدود سده ۸۰۰ خورشیدی) ناپدید شدند. تماس این سرزمین با اروپا در ۱۴۲۰ قطع شد و تا دهه ۱۷۲۰ دوباره برقرار نشد. اروپایی‌ها تا سده ۱۸۰۰ میلادی دیگر در آنجا مهاجرنشین نساختند. در کاوش‌ها و حفاری‌ها در مراکز مسکونی و ایکینگ‌ها در گرین‌لند، دانه‌های غلات یافت شده است، که نمایانگر کشاورزی غلات است. شواهد تاریخی، نیز دال بر کشت غلات در مهاجرنشین‌های و ایکینگ پیش از عصر یخبندان کوچک است. موردی که تا دوران معاصر تکرار نشده بود.

در ایسلند هم تا سده چهارده میلادی غلات کشت می‌شده است. در سال ۱۶۹۵ (۱۰۷۴ خورشیدی) آب پیرامون این جزیره، به جز بخش کوچکی از آن، کاملاً یخ زد، از این رو نام این جزیره را سرزمین یخی نام نهادند. حتی از سوی کوه‌های بلند هم جریان آب به هیچ سویی وجود نداشت.

یخچال‌های کوهستان اطلاعات زیادی را در باره آب‌وهوا در یک مدت طولانی در خود ذخیره کرده‌اند. یخچال‌ها موجودیت خود را از کوه‌های مرتفع پوشیده از برف آغاز می‌کنند. برف فشرده‌شده در اثر جاذبه (گرانش) زمین، چون رودی از یخ به سمت پایین کوه حرکت می‌کنند. در اثر این حرکت، لایه‌های پایینی یخ شکسته شده، ذوب می‌شوند. اگر میانگین دما گرم‌تر بشود، یک ناپایداری رخ می‌دهد که در آن آهنگ ذوب یخ بیشتر از آهنگ تشکیل آن است. آنگاه ابعاد یخچال کوچکتر شده و به ارتفاعات بالاتر پس خواهد رفت. اگر میانگین دما سردتر شده باشد، ناپایداری در جهت برعکس اتفاق خواهد افتاد و رطوبت در جهت افزایش ابعاد یخچال تامین خواهد شد.

در دوره گرمایی، جمعیت استپ‌های آسیا، به ویژه تیره‌های مغولی، رشد چشمگیری داشت. سپس این جمعیت همچون سیلی ویرانگر به سوی سرزمین‌های متمدن جنوبی سرریز شدند و فاجعه یورش مغول را پدید آوردند.

....

مشخصات فیزیکی عصر یخبندان کوچک

تا اینجا ما از شواهد اقتصادی و اجتماعی عصر یخبندان کوچک گفتگو کردیم. اینک باید به دنبال شواهد فیزیکی این فرضیه باشیم.

گیاهان، از محیط پیرامونی تا ساختار درونی آنها، از درهم‌آمیختگی اتم‌های گوناگون (کربن، هیدروژن و اکسیژن) تشکیل شده‌اند. ترکیب شکل یافته از این اتم‌ها تا دهه‌ها تغییر نمی‌کند. بنابراین، ترکیب شیمیایی یک گیاه می‌تواند اثرانگشت تغییرات آب‌وهوایی در طول رشد آن باشد. در جانداران، ایزوتوپ‌های گوناگون کربن، هیدروژن و اکسیژن وجود دارد. با تغییر فراوانی این عناصر، سنگینی ایزوتوپ‌های آنها هم تغییر می‌کند. نسبت تغییر ترکیب این ایزوتوپ‌ها در گیاهان، تابع دما است. همچنین این نکته نیز قابل توجه است که غلظت مقدار کربن ۱۴ گیاهان هم در زمان افزایش دما افزایش می‌یابد. مشاهده این عامل می‌تواند سرنخی برای موجبات عصر یخبندان کوچک باشد.

شواهد ایزوتوپی دیگری در درون یخ‌های گرین‌لند، نمایانگر سرما در این دوران است. در آب، بیشترین فراوانی را اکسیژن با وزن ۱۶ دارد و اکسیژن با وزن ۱۸ به ندرت یافت می‌شود. اگر اندازه نسبت $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ در آب حاصل از یخ تغییر کند، این تغییر نشانگر این است که رابطه میزان تئوری هماهنگ با دما تغییر کرده است.

شاهد دیگر بر وجود عصر یخبندان کوچک، حلقه‌های تنه درختان است. پهنای هر حلقه نشان می‌دهد که در آن سال آب‌وهوا تا چه اندازه برای رویش درخت مناسب‌تر بوده است. هر چه حلقه پهن‌تر باشد، شرایط مناسب‌تر بوده و هرچه حلقه باریک‌تر باشد، شرایط نامناسب‌تر بوده است. چنین مطالعه‌ای بر روی مرجان‌های دریایی هم انجام شده است. ایزوتوپ‌هایی که در رشد سالانه توسط مرجان‌ها جذب شده‌اند، در عصر یخبندان کوچک کاهش چشمگیر یافته‌اند.

دلایل احتمالی عصر یخبندان کوچک

هرچند یافتن شواهدی مبنی بر گسترش سرما ساده است، بیان دلیل اصلی این پدیده بسیار مشکل خواهد بود. در اینجا ضروری است که توضیح مختصری در باره ساختار گرمایی زمین بدهیم. آشکار است که سرچشمه اصلی گرمای سیاره ما، خورشید است. افت‌وخیزهایی در میزان انرژی جذب شده توسط زمین، مسبب و دلیل اصلی مقدار گرمای ذخیره شده یا از دست رفته است. ذرات معلق در هوا، هواویزها، که بخشی از انرژی گسیل شده را در خود نگاه می‌دارند، می‌توانند دلیل اصلی سرمای هوا در کوتاه مدت باشند. تا دوران حاضر، دلیل اصلی این هواویزها، فعالیت‌های آتشفشانی بودند. از سال‌های دهه پنجاه، مسبب اصلی هواویزها شناخته می‌شوند. در سده ۱۹ میلادی، فعالیت‌های آتشفشانی، مسبب اصلی سرمای سال‌های بعد بودند. انفجار آتشفشان **Tambora**، در سال ۱۸۱۵، که بیش از ۱۵۰ کیلومتر مکعب غبار به فضا گسیل کرد، دلیل اصلی سال بدون تابستان در ۱۸۱۶ میلادی، (۱۱۹۵ خورشیدی همزمان با ...)، بود. انفجار دهشت‌بار آتشفشان کراکاتوا در سال ۱۸۸۳ میلادی، برای چندین سال، میانگین دمای کره زمین را یک درجه پایین آورد. از آنجا که این ذرات هواویز به عنوان هسته میعان هم عمل می‌کنند، موجب افزایش بارندگی در سراسر سیاره زمین بوده‌اند. بدون این ذرات باید ذرات آب پیرامون زمین به حالت فوق‌اشباع می‌رسیدند تا بارش‌های جوی رخ می‌داد.

علاوه بر این ذرات، جذب میزان بیشتری از انرژی خورشید توسط ترکیبات گوگردی هم به سرد شدن هوا کمک می‌کرد. این ترکیبات گوگردی، حتی موجب باران‌های اسیدی شده و تا سال‌ها در جو بالایی باقی می‌ماندند و موجب ضخیم‌تر شدن لایه‌های ابر و انعکاس بیشتر نور خورشید، در نتیجه سردتر شدن هوا می‌شدند. در سال ۱۹۸۲، آتشفشان **ElChichon** در مکزیک فعالیت چشمگیری کرد. هواشناسان برای آن سال زمستان سختی را پیش‌بینی نمودند، که درست بود. **ما نیز در زمستان آن سال شاهد باران شدید و سیل‌آسایی در سراسر ایران، به ویژه در تهران بودیم.** اما، آیا فعالیت‌های آتشفشانی می‌توانند موجب سرمای شوند که سده‌ها ادامه یابد. به نظر نمی‌رسد که فعالیت‌های آتشفشانی بتوانند موجب چنین سرمای باشند. یک آتشفشان منفرد نمی‌تواند چنین مقداری از غبار را به جو پیرامون زمین گسیل کند. در تاریخ هم چنین آتشفشانی ثبت نشده است، اما در همین دوره چندین آتشفشان کوچکتر در سراسر کره زمین به ثبت رسیده است.

پس از آنکه سرد شدن هوا آغاز شد، پدیده همیشگی شدن رخ داد. با افزایش پوشش برف که انرژی جذب شده توسط خورشید را کاهش می‌دهد، بیش از ۸۰٪ انرژی خورشیدی توسط برف و یخ بازتابش پیدا می‌کند. این کاهش معنی‌دار انرژی ذخیره شده، موجب تشدید اثر سرما می‌شود. منطقه مدار قطبی، شمالگان و جنوبگان، محلی برای چنین کاهش از دما در نظم جهانی آب‌وهوایی است. گرمایی که در تابستان جذب می‌شود، به هیچ وجه، به اندازه گرمایی که در زمستان از دست می‌رود، نمی‌شود. همچنین در مناطق استوایی هم میزان جذب دما ۲/۵ برابر مقدار از دست دادن آن است. تعادل گرمایی میان منطقه استوایی و قطبی، موجب پایداری و ثابت ماندن دما در سیاره زمین می‌شود.

مقدار انبوه آب اقیانوس‌ها به تعدیل سرما بر روی قاره‌ها کمک می‌کند. با کاهش دمای هوا و آب، آب کمتری تبخیر می‌شود، با کاهش میزان آب در جو باران و برف کمتری هم خواهیم داشت. با کاهش بارش، ...

گرم‌تر شدن جو موجب افزایش سطح CO_2 می‌شود. تاثیر CO_2 بر روی جو، در زمان حاضر، یکی از مهمترین مطالبی است که بر روی آن بررسی می‌شود. تا زمانی که خورشید به زمین می‌تابد، پرتوهای نور جذب نشده، مطابق قانون استفان-بولتزمن، با طول موج بلندتری به درون جو باز می‌گردند. گاز CO_2 موجود در جو، مقداری از این پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کند. این گرمای افزوده، موجب تحرک بیشتر مولکول‌های جو می‌گردد. این اثر گلخانه‌ای زنگ خطری است که استفاده فراوان از سوخت‌های فسیلی، موجب ذوب شدن کلاهک‌های قطبی، همچنین افزایش میانگین دمای سطح اقیانوس‌ها و گسترش بیابان‌ها می‌شود. شاید پیامدهای انقلاب صنعتی، از جمله تولید CO_2 بیشتر در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی به عصر یخبندان کوچک پایان داده باشد.

لکه‌های خورشیدی

فرضیه دیگری که برای این کاهش دما بیان شده، تغییر در انرژی گسیل شده از خورشید به سوی زمین است. کاهش حتی کمتر از ۱٪ در انرژی خورشیدی، منجر به بروز اختلالات چشمگیر در آب‌وهوای زمین می‌شود. نکته قابل توجه هم‌زمانی پرمعناي کاهش شدید فعالیت لکه‌های خورشیدی در طی عصر یخبندان کوچک، به‌ویژه در سال‌های سردتر آن است. اما راه دستیابی به تعداد و میزان لکه‌های خورشیدی در دوره‌های تاریخی چیست؟

در زمان کنونی لکه‌های خورشیدی، مناطقی که دمای آنها کمتر اما فعالیت مغناطیسی آنها به شدت بیشتر است، در یک دوره ۱۱ ساله کم و زیاد می‌شوند. این تغییر موجب تغییر در آهنگ تولید کربن-۱۴ ^{14}C در سطح زمین شده است. از این رو با بررسی میزان ^{14}C می‌توان به تغییرات لکه‌های خورشیدی پی برد. مشاهدات مستقیم از قرن هفدهم به این سو، نظم مشخصی را در تغییرات لکه‌های خورشیدی نشان می‌دهد. در طی این سال‌ها تلاش زیادی برای یافتن پیوندی میان تغییر لکه‌ها و تغییرات آب‌وهوایی صورت پذیرفته است. هرچند بررسی و مطالعه لکه‌ها_آب‌وهوا هیچ‌گونه ارتباط و پیوندی را ثابت نکرده است، اما با تغییر لکه‌های خورشید، آب‌وهوای روی زمین هم تغییر می‌کند. اما در سال‌های سده شانزدهم و اوایل سده هفدهم میلادی، کاهش شدیدی در تعداد و میزان فعالیت لکه‌های خورشیدی به چشم می‌خورد، این سال‌ها سردترین سال‌های ثبت شده در عصر یخبندان کوچک است.

نتیجه‌گیری

دلایل و شواهد زیادی وجود دارد که سرمای شدیدی از حدود ۱۴۵۰ میلادی آغاز شده، و چندین قرن ادامه داشته است. این سرما تغییرات مهمی را بر زندگی گیاهان و جانوران گذاشته و تمدن بشری، به‌ویژه ایران را تحت تاثیر قرار داده است. دلایل چنین سرمای می‌تواند ترکیب چندین متغیر از جمله تغییر انرژی ورودی از خورشید و بودجه حرارتی زمین، افزایش ذرات معلق در هوا (هواویزها) به دلیل فعالیت‌های آتشفشانی و یا دلایل دیگری باشد که غبار حاصل از آن باعث کاهش انرژی دریافتی از خورشید شده و دمای زمین تغییر کرده است.

این تغییرات نشان می‌دهد که در صحت این مطلب که زمین فقط به پدیده‌های نیرومند واکنش نشان می‌دهد تردید کرد. می‌توان گفت که آنچه موجب بروز عصر یخبندان کوچک شد، تغییرات کوچک در عوامل کوچک، اما در مقیاسی بزرگ، بوده است.

پیوست

پیوست ۱

هفت اقلیم

واژه اقلیم از کلیمای یونانی گرفته شده و معادل پارسی آن کشور است.

بنابر نوشته ابوریحان بیرونی:

اقلیم نخست: هند، سرزمین جنوب شرقی،

هند و سند و جزایر آنها و زایج و زبح و ...

اقلیم دوم: حجاز، سرزمین جنوبی،

حجاز و حبش و عدن و بادیه‌العرب و بلاد جزیره و بحرین.

اقلیم سوم: مصر، سرزمین جنوب غربی،

شام و مصر تا اقصای مغرب و سیاهان بیابان‌ها و بربرها.

اقلیم چهارم: ایران زمین، سرزمین مرکزی،

فارس، بابل، عراق، جبل، خراسان، سیستان، زابلستان، تخارستان، بلخ، ...

اقلیم پنجم: روم، سرزمین شمال غربی،

روم و اندلس و فرنگ و دربند و ...

اقلیم ششم: یاجوج، سرزمین شمالی،

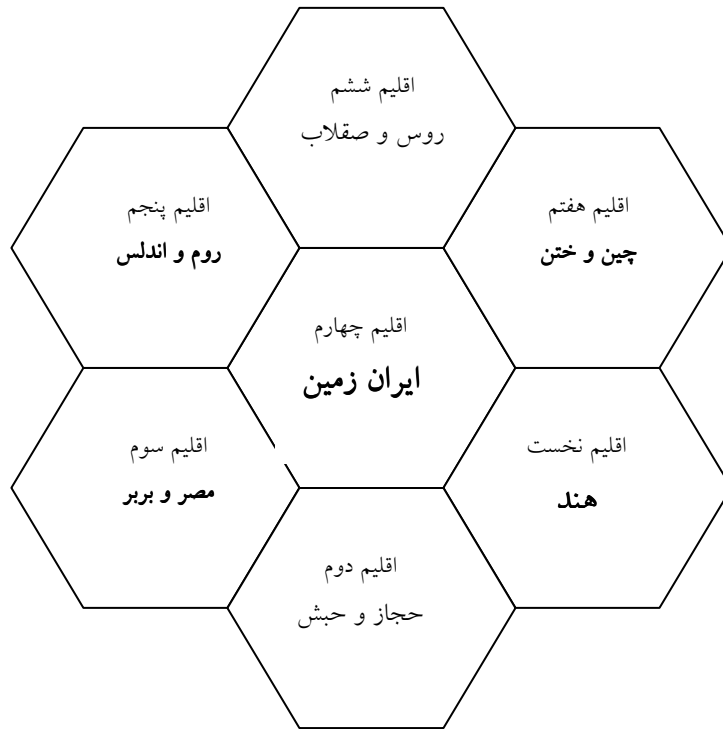
خزر و غز و خرخیز و روس و صقلابه.

اقلیم هفتم: چین، سرزمین شمال شرقی،

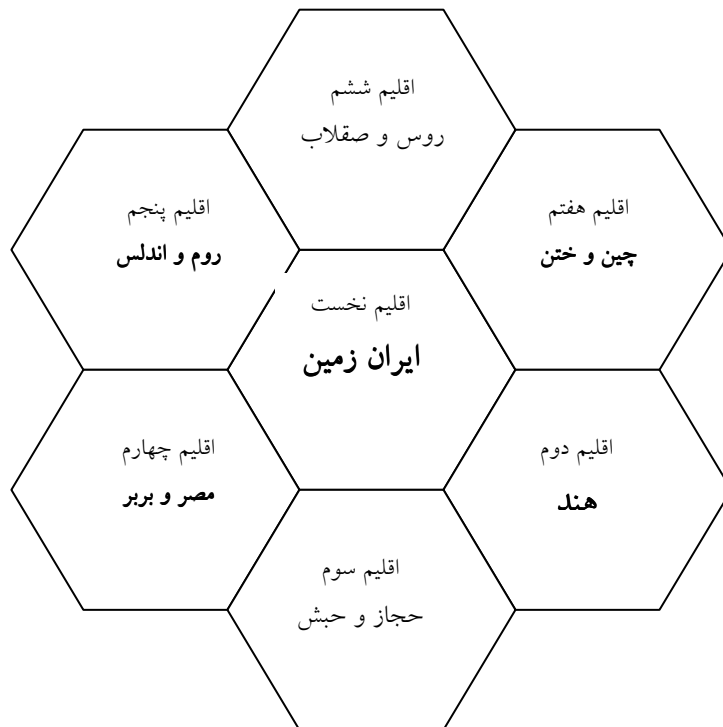
چین و ختن و تبت و ...

اقلیم پنجم روم و اندلس	اقلیم ششم روس و صقلاب	اقلیم هفتم چین و ختن و تبت
	اقلیم چهارم ایران زمین	
اقلیم سوم مصر و بربر	اقلیم دوم حجاز و حبش	اقلیم نخست هند

ابوریحان بیرونی:



مسعودی:



بنابر گفته مسعودی:

اقلیم پنجم روم و اندلس	اقلیم ششم روس و صقلاب		اقلیم هفتم چین و ختن و تبت
	بره و کمان	اقلیم نخست ایران زمین	
اقلیم چهارم مصر و بربر	اقلیم سوم حجاز و حبش		اقلیم دوم هند

اقلیم	سرزمین	جهت	ستاره	برج فلکی	فلز	رنگ
نخست	ایران زمین	مرکز	مشتري برجیس	بره و کمان حمل و قوس		
دوم	هند	جنوبشرق	زحل کیوان	بز جدی		
سوم	حجاز	جنوب	زهره ناهدید	کژدم عقرب		
چهارم	مصر	جنوبغرب	عطارد تیر	دوپیکر جوزا		
پنجم	روم	شمالغرب	قمر ماه	آبکش دلو		
ششم	روس	شمال	مریخ بهرام	خرچنگ سرطان		
هفتم	چین	شمالشرق	شمس خورشید	ترازو میزان		

نام‌گذاری چهارجهت اصلی در ایران باستان

• اپاختر یا باختر به معنای شمال

زبان گرم‌گوی و دل آزرم جوی
سراسر به سان شب لاجورد

سپهبد سوی باختر کرد روی
سوی باختر گشت گیتی ز گرد

• نیمروز (نصف‌النهار) به معنای جنوب

ولایت نیمروز به معنای سیستان که در جنوب ایران زمین بوده است.

• خوروران یا خاور به معنای مغرب

همه روم و خاور مر او را گزید
گرازان سوی خاور اندر کشید

نخستین به سلم انرون بنگرید
بفرمود تا لشکری بر کشید

• خورآیان یا خورآسان به معنای مشرق

از خراسان می‌زند طاووس و ش

مهر دیدم بامدادان چون بتافت

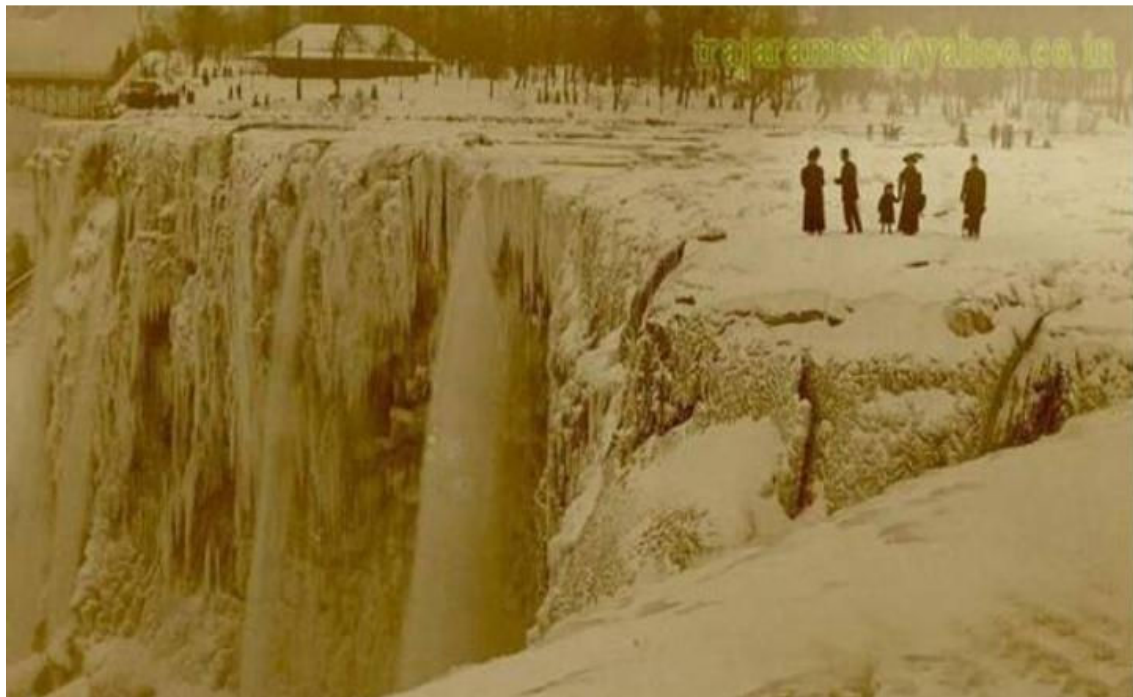
سوی خاور می‌خرامد شاد و کث

از خراسان سوی خاور می‌شتافت

	اپاختر _ باختر (شمال)	
خوروران _ خاور (مغرب)		خورآیان _ خورآسان (مشرق)
	نیمروز (جنوب)	

تصاویر

In 1911



بیخ زدن آبشار نیاکارا در ۱۹۱۱

منابع و مآخذ

سیاهوش، محمدتقی آب‌وهوای باستانی ایران

فرشاد، مهدی تاریخ علم در ایران

...

www.grisda.org/origins/10051.htm

<http://jrscience.wcp.muohio.edu/weather>

<http://academic.emporia.edu/aberjame/ice>