

زمین گرم

ارمغان سده بیست و یکم

یوسف ثبوتی

دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه - زنجان

نویسندگان همکار:

محمد جواد بنی مهدی دهکردی

فاطمه طباطبائی

زهرا علفاری

زینب مختاری

کاظم نجفی قوشه بلاغ

شمس الدین اسماعیلی

زینب خرمی

سمیه عبداللہی

ماندانا فرهادیان

پروین مصطفوی

چاپ اول



مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی
گیتاشناسی
WWW.GITASHENASI.COM

سرشناسه	ثبوتی، یوسف، ۱۳۱۱ =
عنوان و نام پدیدآور	زمین گرم / ارمغان سده بیست و یکم / یوسف ثبوتی ۱ نویسندهگان همکار: شمس‌الدین اسماعیلی ... (و دیگران).
مشخصات نشر	تهران : موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۲۴۰ ص. : مصدق (رونق)، جدول، نمودار.
فروست	سری کتابهای جغرافیایی ۵۲۴ ۱.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۴۲-۳۸۳-۴ : ریا ۱ : ۹۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	نویسندهگان همکار: شمس‌الدین اسماعیلی، زینب خرمی، سیمه عبداللهی، مانانا فرهادیان، پروین مصطفوی، محمدجواد بنی‌بهدی‌دهکردی...
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	نمایه.
موضوع	گرمایش جهانی
موضوع	اقلیم‌شناسی -- تغییرات
موضوع	گازهای گلخانه‌ای
شناسه افزوده	اسماعیلی، شمس‌الدین
شناسه افزوده	موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی
رده بندی کنگره	۱۳۹۰ ت ۲۴۴ / ۸۱۸ / ۹۴۸۱۸
رده بندی دیویی	۳۶۳ / ۷۲۸۷۴
شماره کتابشناسی ملی	۲۴۴۶۵۵۶



تهیه، لیتوگرافی و چاپ از: مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی

نمایشگاه و فروشگاه مرکزی: تهران: میدان هفت تیر، ابتدای خیابان کریمخان زند، شماره ۱۷

کد پستی: ۱۵۸۵۹۱۷۷۱۴، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۳۴۴۱

تلفن: ۸۸۲۴۲۳۷۸-۸۲، ۸۸۸۳۹۳۶۲، ۸۸۸۳۹۳۶۲، Email: info@gitashenasi.com

مرکز پخش و فروش: تهران: خیابان انقلاب اسلامی، چهارراه ولی عصر، جنب پارک دانشجو،

خیابان رازی، خیابان استاد شهریار، شماره ۲۰، کد پستی: ۱۱۳۳۷۳۴۶۱۱

تلفن: ۶۶۷۰۳۳۲۱ و ۶۶۷۰۳۴۶۰ و ۶۶۷۱۳۶۰۳، ۶۶۷۱۳۶۰۳، ۶۶۷۰۵۷۸۲، ۶۶۷۰۵۷۸۲

• زمین گرم / ارمغان سده بیست و یکم

• نویسنده: یوسف ثبوتی

• چاپ اول: پاییز ۱۳۹۰

• چاپ: هامون

• صحافی: هامون

• تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

• قیمت: ۹۰،۰۰۰ ریال

• کلیه حقوق نشر برای مؤسسه گیتاشناسی محفوظ است.

هر گونه بهره برداری تکثیری از این مجموعه، بدون اجازه مؤسسه گیتاشناسی

ممنوع است.

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۴۲-۳۸۳-۴
ISBN 978-964-342-383-4

فهرست مطالب

۹	پیش‌گفتار
۱۴	نقشه جهان
۱۷	بخش ۱: چکیده برای آنهایی که تنها مجال خلاصه‌خوانی دارند
۱۸	اقليم: تعريف و مولفه‌های آن
۲۲	طبقه‌بندی اقليم‌های جهان
۲۲	تاریخچه اقليم‌شناسی
۲۳	اقليم‌های دیرینه
۲۴	اثر گل‌خانه‌ای و گازهای گل‌خانه‌ای
۲۵	نقش انسان در دست‌کاری اقليم
۲۶	سازگاری و کاهش تبعات تغییر اقليم
۲۸	یافته‌ها و پیش‌نگری‌های اقليم
۳۷	بخش ۲: هواکره
۳۸	لایه‌های هواکره
۴۱	ترکیب شیمیایی هواکره
۴۲	فشار هوا
۴۳	نظام بادها
۴۶	نم هوا

بخش ۳: اثر گل‌خانه‌ای ۴۹

- ۴۹ تعادل دمایی سطح زمین و لایه‌های زیرین هواکره
۵۲ بخار آب و اثر گل‌خانه‌ای افزوده
۵۴ گازهای گل‌خانه‌ای
۵۶ زور تابشی گازهای گل‌خانه‌ای
۵۸ تغییر در گازهای گل‌خانه‌ای
۶۵ دسته‌بندی آلاینده‌های جو از دیدگاه‌های گوناگون

بخش ۴: چرخه‌های کربن و نیتروژن ۶۹

- ۶۹ کربن و اثر آن بر مولفه‌های اقلیم
۷۱ ذخایر کربن
۷۱ چرخه کربن
۷۳ اسیدی شدن اقیانوس و اثرات آن بر اقلیم و اکوسیستم دریایی
۷۳ چرخه نیتروژن

بخش ۵: آب کره ۷۷

- ۷۸ آب‌های شیرین
۷۹ برف و یخ قطب‌ها و یخچال‌ها
۸۰ روان‌آب‌ها
۸۰ آب‌های زیرزمینی
۸۱ آب‌های شور (اقیانوس‌ها)
۸۴ ساختار لایه‌های اقیانوسی
۸۵ جریان‌های اقیانوسی
۸۶ جریان‌های سطحی بزرگ
۸۸ تغییر در اقیانوس‌ها و تغییر در اقلیم
۹۱ گلف استریم
۹۳ ال نینو

۹۷	بخش ۶: اقلیم‌های دیرینه
۹۸	عوامل مؤثر در سامانه اقلیم
۱۰۵	اقلیم دوره کواترنری
۱۰۷	اقلیم دور پلیستوسن
۱۰۹	اقلیم آخرین یخبندان
۱۱۰	اقلیم هولوسن
۱۱۴	سازوکار اقلیم هولوسن
۱۱۴	اقلیم در عصر انقلاب صنعتی
۱۲۱	بخش ۷: اقلیم سده بیست و یکم
۱۲۲	گرمایش زمین در سده ۲۱
۱۲۳	تراز آب دریاها در سده ۲۱
۱۲۶	منابع آب شیرین در سده ۲۱
۱۲۷	شدت و فراوانی فریندهای اقلیمی در سده ۲۱
۱۲۸	واکنش زیست‌بوم‌ها
۱۳۱	نشت متان از کف اقیانوس‌ها
۱۳۲	گرمایش زمین و امنیت غذایی
۱۳۳	گرمایش زمین و یخ‌های قطبی و کوهستانی
۱۳۹	بخش ۸: مدل‌های اقلیم
۱۴۰	مدل‌های هواشناسی
۱۴۳	مدل‌های پیش‌بینی‌های فصلی
۱۴۴	مدل‌های اقلیمی
۱۴۵	بازخوردها در سامانه اقلیم، پیش‌نگری‌های اقلیم
۱۴۹	اعتبار مدل‌ها
۱۵۳	آینده مدل‌های اقلیم

۱۵۵	بخش ۹: انرژی و آینده
۱۵۵	منابع انرژی
۱۵۶	سابقه استفاده انسان از منابع انرژی
۱۵۷	مصرف انرژی و گرمایش زمین
۱۵۸	راه‌های کاهش نشر کربن دی‌اکسید
۱۵۹	برق بدون کربن
۱۶۴	انرژی آب
۱۶۵	انرژی زیست‌توده
۱۶۷	زیست‌سوخت‌ها
۱۶۹	انرژی باد
۱۷۰	انرژی خورشید
۱۷۶	انرژی‌های نو و نوشونده نو
۱۷۷	فناوری در آینده‌های دورتر
۱۸۱	کوتاه سخن
۱۸۵	پیوست الف: پانل دولت‌ها برای تغییر اقلیم (آی‌پی‌سی‌سی)
۱۹۱	پیوست ب: معاهده‌های بین‌المللی
۲۰۳	پیوست ج: سناریوهای نشر گازهای گل‌خانه‌ای
۲۰۹	پیوست د: متقدان گرمایش انسان‌پایه زمین
۲۱۳	تعریف بعضی واژه‌های علمی
۲۱۸	فهرست قاب‌ها

۲۱۹

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

۲۲۳

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

۲۲۷

نمایه

www.ketab.ir

پیش‌گفتار

سخن از گرم شدن زمین و آثار ناخوشایند آن روی گیاه، حیوان، انسان، و نسل‌های آینده آنهاست. کره زمین در طول تاریخ تکوین و تحول خود فراز و نشیب‌های آب‌وهوایی زیادی داشته است. تنها در دو میلیون سال گذشته چندین یخبندان بسیار سرد و میان‌یخبندان گرم از سر گذرانده است. ولی دوران‌های گرم و سرد در فواصل زمانی چند ده و چند صد هزار سال آمده و رفته‌اند. گیاه و جانور مجال سازگاری با اقلیم زمان خود را داشته‌اند. دو سده اخیر چنین نبوده است.

جمعیت جهان تا دو سده پیش از چند صد میلیون نفر تجاوز نمی‌کرد. دانش و صنعت جدید آن را به هفت میلیارد و بیشتر رسانده است. انسان زمان‌های پیشین تنها در حد زنده ماندن می‌توانست غذا و آب و سرپناه پیدا کند. انسان مدرن منابع زمین را مسرفانه و زیان‌بارانه مصرف کرده و اقلیم را با بحران روبرو کرده است. توسعه پایدار جوامع، اعم از غنی و فقیر، و اعم از توسعه یافته و در حال توسعه، به خطر افتاده است. گیاه و جانور مجال سازگاری با جهان گرم‌شده را از دست داده‌اند. تثبیت اقلیم و برگرداندن آن به روال طبیعی، آسان و کم هزینه نیست.

این سخنان، بخشی از گفته‌ها و نوشته‌های پژوهشگران و چاره‌اندیشان و دولت‌مردان در سال‌های اخیر است که نگران پیامد کرده‌های ناسنجیده انسان صنعتی و نگران شرایط زیست در زیست‌بوم‌های جهان هستند.

نوشته حاضر بر پایه یک دوره درسی که در پائیز ۱۳۸۸ در دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه — زنجان داده شده تنظیم شده است. کتاب در گرماگرم گفت‌وگوها و

پریشان‌اندیشی‌های کنفرانس ۲۰۰۹ کپنهاگ، که مسئله گرمایش زمین را در دستور کار داشت، نوشته شده است. هدف کتاب انگیزتن کنجکاوی در جامعه فارسی‌زبان درباره گذشته و آینده کره زمین از نظر شرایط زندگی انسان، حیوان و گیاه است. مطالعه کتاب برای همه آنهایی که به محیط‌زیست، به آنچه که بر زمین در دو سده گذشته رفته است، به سرنوشت آن در یکی دو سده آینده، به مسئله جمعیت و امنیت مسکن و غذا و آب برای نسل‌های آینده، و به توافق‌ها و اختلاف‌نظرهای بین‌المللی در مورد کره زمین علاقه‌مندند، سودمند خواهد بود.

موضوع کتاب به معنای کلمه میان‌رشته‌ای است. فیزیک‌دان و شیمی‌دان و زیست‌شناس می‌تواند ناشناخته‌های اقلیم را بکاود. مهندس چالش‌های فناورانه در آن بیابد. پزشک نگران تأثیر تغییر اقلیم بر بهداشت و درمان باشد. جامعه‌شناس و اقتصاددان، به صرافت ذوق خود از رفتار فردی و گروهی آدمیان در مواجهه با شرایط اقلیمی بپرسد. و حقوق‌دان به اقتضای حرفه‌اش از حقوق و تعهدات ملل در مقابله با تغییر اقلیم سخن بگوید.

در چکیده گسترده کتاب، اقلیم و مولفه‌های عمده آن معرفی شده‌اند. سازوکار گرم شدن و نقش انسان در دست‌کاری اقلیم بررسی شده است. یافته‌های مطمئن و نامطمئن که حکایت از تغییر اقلیم دارند شماره شده‌اند. خواندن آن برای دولت‌مردان و افرادی که تنها فرصت خلاصه‌خوانی و خلاصه‌شنوی دارند خالی از فایده نخواهد بود. در بخش‌های ۲ تا ۶ هرکدام از مولفه‌های اقلیم با تفصیل بیشتری بررسی شده‌اند. در بخش ۷ اقلیم سده بیست‌ویکم و در بخش ۸ مدل‌های محاسباتی آورده شده‌اند. بخش ۹ به مسئله انرژی، و جایگزین‌های آنها با منابع نو و نوشونده، و فناوری‌های مورد نیاز دهه‌های آینده اختصاص داده شده است.

در لابه‌لای صفحات کتاب بعضی مفاهیم علمی و تکنیکی که برای عموم کمتر شناخته شده‌اند وجود دارد. برای پرهیز از درازی سخن، این مفاهیم جداگانه و با اصطلاحات نسبتاً فنی، ولی حتی‌المقدور ساده، در داخل قاب گذاشته شده‌اند. «پانسل دولت‌ها برای تغییر اقلیم»، آی‌پی‌سی‌سی^۱، یک ارگان بین‌المللی برای بررسی تغییر اقلیم و کنار آمدن با تبعات آن و احیاناً تخفیف آثار ناخواسته تغییر اقلیم است. تاریخچه، سیاست، و عملکرد این

ارگان در پیوست الف آورده شده است. قراردادهای بین‌المللی و سناریوهای نشر کربن‌دی-اکسید در سده بیست‌ویکم در دو پیوست ب و ج آورده شده‌اند. نظریه گرم شدن زمین، در اثر دستکاری بزرگ مقیاس انسان صنعتی، منتقدانی هم دارد. تعداد قابل‌توجهی از این منتقدان صاحب‌نظراند. آنان شواهد دال بر دخالت انسان در تغییر اقلیم را قانع‌کننده نمی‌دانند. بعضی از این نظرات انتقادی در پیوست د آورده شده است.

نویسندگان کتاب، در عین حال که هر کدام در بخشی از شاخه‌های دانش روز صاحب‌نظر هستند، هیچ کدام تخصص اقلیم، به صورتی که در دو دهه گذشته مورد بحث جوامع علمی و دانشگاهی و رسانه‌ای بوده، ندارند. صاحبان‌نظر کاستی‌ها و احیاناً بی‌دقتی‌هایی در تنظیم مفاهیم و مطالب کتاب خواهند دید. امید که چشم‌پوشش و اگر حوصله کنند از راه‌مطالبی لازم برای رفع کاستی‌ها دریغ نورزند.

بخش عمده مطالب کتاب از گزارش‌های سال ۲۰۰۷ آی‌پی‌سی‌سی گردآوری شده است. بخشی دیگر از کتاب‌های کلاسیک هواشناسی و اقلیم‌شناسی و از گزارش‌های فنی و رسانه‌ای گزیده شده‌اند. در پایان هر بخش کتاب، منابع مورد استفاده آورده شده‌اند. یادآوری یک نکته لازم است: بعضی از مطالب و نمودارهای کتاب از سایت‌های الکترونیکی نهادهای پژوهشی، خدماتی و مدیریتی بین‌المللی و دولت‌ها برداشته شده است. این مطالب الزاماً برای همیشه در سایت‌های یاد شده نگهداری نمی‌شوند و خواننده علاقمند ممکن است به هنگام مراجعه به این سایت‌ها مطالب اشاره شده در آنها را نیابد.

سپاس: ماندانا فرهادیان نه تنها در گردآوری مطالب بعضی از بخش‌های کتاب مشارکت داشته، وظیفه تنظیم مباحث، ویراستاری، صفحه‌آرایی، و هماهنگی با نویسندگان همکار و ناشر را نیز عهده‌دار بوده است.

دکتر محمدرضا خواجه‌پور، فیزیک‌دان و مترجم، با دقت یک منتقد حرفه‌ای کتاب را خوانده و راهنمایی‌های ارزنده‌ای کرده است.

دکتر فرهاد ثبوتی، زمین‌شناس و ژئوفیزیک‌دان؛ دکتر محمدابراهیم ابوکاظمی، فیزیک‌دان، مترجم و ویراستار؛ دکتر حمیدرضا محمدی خالصی فرد، فیزیک‌دان؛ دکتر مهناز رضائیان، زمین‌شناس و ژئوفیزیک‌دان؛ هر کدام بخش‌هایی از کتاب را خوانده و پیشنهادهای سازنده داشته‌اند.

لی لی فرهادی آماده‌سازی برای چاپ، و یکنواخت‌سازی شکل‌های کتاب را که از منابع مختلف گرفته شده‌اند انجام داده است. طراحی جلد کتاب نیز از اوست. صندوق حمایت از پژوهشگران، بخشی از هزینه‌های تألیف و تدوین مطالب، ویراستاری و چاپ کتاب را تأمین کرده است. موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ناشر باسابقه و آزموده کشور، انتشار و توزیع کتاب را برعهده گرفته است. بدون فراهم بودن زیرساخت‌های آموزشی و پژوهشی در دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه - زنجان، کتاب نمی‌توانست از قوه به فعل در آید. از همه پژوهشگران و نهادهای یاد شده سپاسگزارم.

یوسف ثبوتی

تابستان ۱۳۹۰

www.ketab.ir