

چرخ

جهان

چگونه

می چرخد؟

کندوکاوی در زیرساخت‌های  
مادی جهان مدرن

واتسلاف اسمیل

ترجمهٔ علیرضا شفیعی‌نسب



## چرخ جهان چگونه می‌چرخد؟

کندوکاوی در  
زیرساخت‌های جهان مدرن

سرشناسه: اسمیل، واتسلاف

مشخصات نشر: تهران  
ترجمان علوم انسانی، ۱۴۰۲.  
مشخصات ظاهری: ۲۵۶ صفحه، جدول.  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۰۳۴-۳۹-۵  
وضعیت فهرست نویسی: رده بندی کنگره: ۵/۱۷۵  
رده بندی دیویی: ۳۰۳/۴۸۳  
شماره کتابشناسی ملی: ۹۲۶۱۴۸۷  
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

این اثر ترجمه‌ای است از:  
How the World Really Works:  
The Science Behind How We Got  
Here and Where We're Going  
Vaclav Smil  
Viking, 2022

نویسنده: واتسلاف اسمیل  
مترجم: علیرضا شفیعی نسب  
ناشر: ترجمان علوم انسانی  
ویراستار: فاطمه اکبرزاده  
نمونه خوان: فاطمه وزیری  
طراح جلد: استودیو دیزاین کارنو  
مبدا: معصومه کریمی  
چاپ: زیغون  
نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۳  
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

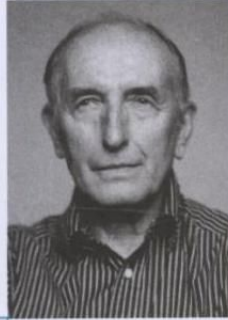
پست الکترونیکی:

tarjoman.nashr@gmail.com

فروشگاه اینترنتی:

www.tarjomaan.shop

حقوق چاپ و نشر در تمام قالب‌ها اعم از  
کاغذی، الکترونیکی و صوتی انحصاراً برای  
انتشارات ترجمان علوم انسانی محفوظ است.  
این کتاب با کاغذ حمایتی منتشر شده است.



واتسلاف اسمیل متخصص سیاست‌گذاری عمومی و یکی از دانشمندان برجسته حوزه انرژی و محیط‌زیست است که تاکنون بیش از ۴۷ کتاب و ۵۰۰ مقاله در موضوعات تغییرات زیست‌محیطی و جمعیتی، تولید غذا، سیاست‌گذاری عمومی و تاریخ فناوری منتشر کرده است. او استاد بازنشسته دانشگاه منیتوبا و عضو افتخاری انجمن سلطنتی کانادا است و در سال ۲۰۱۰ مجله فارن پالیسی او را در رده صد متفکر برتر جهان قرار داد.

#### THE WALL STREET JOURNAL

چرخ جهان چگونه می‌چرخد؟ حاصل یک عمر پژوهش مجدانه اسمیل است؛ او با سنجیدگی و واقع‌بینی افق آینده را می‌نگرد و خبر از پیشرفت‌ها و انحطاط‌های احتمالی و موانع صعب پیروزی‌های معجزه‌آسا می‌دهد.

#### KIRKUS REVIEWS

چشم‌اندازی گسترده و علمی از زندگی ما و نحوه رسیدن نوع بشر به بهروزی در دنیای بحرانی امروز، اسمیل می‌خواهد با سوءبرداشت‌ها از اساسی‌ترین واقعیت‌های علمی مبارزه کند؛ او با زبانی شفاف و صریح مهم‌ترین عوامل سازنده زندگی کنونی و آینده ما را تشریح می‌کند.

۹	.....	مقدمه
۲۱	.....	[۱] درک انرژی: سوخت‌ها و الکتریسیته
۵۳	.....	[۲] درک تولید غذا: خوردن سوخت‌های فسیلی
۸۷	.....	[۳] درک دنیای مادی: چهار رکن تمدن
۱۱۷	.....	[۴] درک جهانی‌شدن: موبایل‌ها، میکروچیپ‌ها و فراتر از این‌ها
۱۵۱	.....	[۵] درک خطرات: از ویروس‌ها تا زلزله‌های غذایی و شراره‌های خورشیدی
۱۸۷	.....	[۶] درک محیط‌زیست: تنها بیوسفری که داریم
۲۲۵	.....	[۷] درک آینده: بین آخرالزمان و تکینگی
۲۵۱	.....	ضمیمه: درک اعداد
۲۵۵	.....	سپاسگزاری، پی‌نوشت‌ها و نمایه

## مقدمه

### چه نیازی به این کتاب است؟

هر دورانی به شیوه‌ای ادعای خاص بودن دارد؛ گرچه شاید تفاوت‌های سه نسل گذشته (دهه‌های پس از پایان جنگ جهانی دوم) به اندازه تجربه‌های سه نسل پیش از آغاز جنگ جهانی اول تحولات اساسی نیافریده باشد، رویدادها و پیشرفت‌های بی‌سابقه نیز کم نبوده است. باشکوه‌ترینش اینکه امروزه، در مقایسه با هر دوره دیگری در تاریخ، افراد بیشتری از استانداردهای بالایی زندگی برخوردارند و عمر طولانی‌تر و سلامت بیشتری دارند. اما افراد بهره‌مند از این مزایا همچنان اقلیتی از جمعیت دنیا را تشکیل می‌دهند (فقط حدود یک پنجم)، دنیایی که جمعیت آن قریب به ۸ میلیارد است.

دومین دستاورد ستودنی گسترش بی‌سابقه درک ما از دنیای فیزیکی و تمام گونه‌های حیات است. دانش ما هم شامل نتایج کلی درباره سیستم‌های پیچیده در مقیاس جهان هستی (کهکشان‌ها، ستارگان) و سیاره‌ها (اتمسفر، هیدروسفر، بیوسفر) است، هم شامل فرایندهای سطح اتم و ژن؛ خطوطی که در سطح قوی‌ترین ریزپردازنده‌ها حک می‌شود دارای قُطری هستند فقط حدود دوبرابر قطر دی‌ان‌ای انسان. ما این شناخت را تبدیل کرده‌ایم به

مجموعه‌ی رویه‌رشدی از دستگاه‌ها، ابزارها، رویه‌ها، پروتکل‌ها و مداخله‌هایی که تمدن مدرن را سرپا نگه می‌دارند. عظمت دانش انبوهشی ما (و شیوه‌ی به‌کارگیری آن در خدمت نوع بشر) بسیار فراتر از درک ذهن فرد فرد ماست.

در سال ۱۵۰۰ هنوز می‌شد مردان همه‌چیزدان عصر رنسانس را در میدان سینویویای فلورانس مشاهده کرد، اما طولی نکشید که دیگر چنین افرادی وجود نداشتند. تا اواسط قرن هجدهم، دو عالم فرانسوی، دنی دیدرو و ژان لو رون دالامبر، همچنان می‌توانستند گروهی نویسنده‌ی باسواد را گرد آورند و دانش آن روزگار را در مدخل‌های نسبتاً جامع دانشنامه‌ی چندجلدی خود (آنسیکلوپدی)<sup>۱</sup> خلاصه کنند. چند نسل بعد، گستره و تخصص دانش ما چندین مرتبه بزرگی<sup>۲</sup> پیشرفت کرد و کشفیاتی اساسی صورت گرفت: از القای الکترومغناطیسی (مایکل فارادی در سال ۱۸۳۱، اساس تولید برق) گرفته تا سوخت‌وساز گیاهان (یوستوس فون لیبیخ، ۱۸۴۰، اساس تولید کود کشاورزی) و نظریه‌پردازی درباره‌ی الکترومغناطیس (جیمز کلرک ماکسول، ۱۸۶۱، اساس تمام ارتباطات بی‌سیم).

در سال ۱۸۷۲، یک قرن پس از انتشار آخرین جلد آنسیکلوپدی، هر دانشنامه‌ای باید فقط به صورت سطحی به طیفی وسیع از موضوعات اشاره کند و به گسترش از موضوعات می‌پرداخت و، حالا که یک و نیم قرن گذشته، به هیچ وجه نمی‌تواند همان را حتی از یکی از تخصص‌های دقیق تعریف شده خلاصه کنیم: اصطلاحاتی همچون «فیزیک» یا «زیست‌شناسی» برچسب‌هایی کم‌وبیش بی‌معنا هستند و متخصصان فیزیک ذرات به سختی می‌توانند چیزی از مقالات علمی پژوهشی جدید در زمینه‌ی ایمنی شناسی ویروسی بفهمند. مشخصاً این اتمی‌سازی و تخصصی شدن دانش تصمیم‌گیری عمومی را دشوارتر کرده است. شاخه‌های فوق تخصصی علم مدرن چنان رازآلود شده‌اند که خیلی از افراد شاغل در این حوزه‌ها مجبورند تا سی و چندسالگی آموزش ببینند تا وارد جرگه‌ی صاحب نظران جدید شوند.

شاید همه‌شان مثل هم دورانی طولانی شاگردی کرده باشند، اما خیلی اوقات نمی‌توانند درباره‌ی بهترین راهکار به توافق برسند. همه‌گیری کرونا به وضوح نشان داد که اختلاف میان متخصصان شاید حتی تا تصمیمات ظاهراً ساده‌ای همچون زدن یا نزدن ماسک هم برسد.

1. *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*

۲. مفهوم «مرتبه بزرگی» در بخش ضمیمه کتاب توضیح داده شده است [مترجم].

تا پایان مارس ۲۰۲۰ (سه ماه پس از آغاز همه‌گیری) سازمان جهانی بهداشت همچنان توصیه می‌کرد که به‌جز افراد آلوده کسی ماسک نزند، اما این توصیه در اوایل ژوئن ۲۰۲۰ تغییر کرد. کسانی که دانش تخصصی ندارند چگونه می‌توانند تکلیف خود را روشن کنند یا از این منازعات، که معمولاً با تکذیب یا رد کردن ادعاهای غالب قبلی به پایان می‌رسد، سر در بیاورند؟

اما این بلا تکلیفی‌ها و اختلاف نظرهای مستمر توجیهی برای درک نادرست اکثر مردم از سازوکار اساسی دنیای مدرن نیست. بالاخره بی‌بردن به نحوه کشت گندم (فصل ۲) یا ساخت فولاد (فصل ۳) یا درک اینکه جهانی شدن پدیده‌ای جدید و ناگزیر نیست (فصل ۴) فرق دارد با اینکه از کسی بخواهیم فموتوشیمی (مطالعه واکنش‌های شیمیایی در بازه‌های زمانی ۱۰<sup>-۱۵</sup> ثانیه، احمد زویل، جایزه نوبل سال ۱۹۹۹) یا واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمرز (تکثیر سریع دی‌ان‌ای، کری میس، جایزه نوبل سال ۱۹۹۳) را درک کند.

پس چرا اکثر مردم در جهان از این دانشی چنین سطحی از سازوکار واقعی دنیا دارند؟ پیچیدگی‌های دنیای مدرن یکی از دلایل این کار این امر است: مردم مدام در حال تعامل با جعبه‌های سیاهی هستند که خروجی‌های تشخیصی‌های دارند. برای همین معمولاً لازم نیست بفهمیم داخل جعبه چه می‌گذرد. این امر هم در مورد سیستم‌های متداولی همچون گوشی موبایل و لپ‌تاپ (که کارهایمان را خیلی ساده انجام می‌دهند) صدق می‌کند و هم درباره‌ی رویه‌های بزرگ مقیاسی همچون واکسیناسیون (که قطعاً بهترین نمونه جهانی در سال ۲۰۲۱ است و مردم معمولاً فقط این قسمتش را می‌فهمند که باید آستین خود را بالا بزنند). اما دلایل این درک ناقص صرفاً این نیست که حوزه دانش از تخصصی شدن کارها حمایت می‌کند، بلکه فراتر از این است؛ روی دیگر این سکه درک سطحی‌تر (و چه بسا جهل کامل) درباره‌ی اصول اولیه است.

شهرنشینی و ماشینی‌سازی دو دلیل مهم این درک ناقص بوده‌اند. از سال ۲۰۰۷، بیش از نیمی از انسان‌ها در شهرها زندگی می‌کنند (بیش از ۸۰ درصد در تمام کشورهای ثروتمند) و برخلاف شهرهای صنعتی قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، شغل‌های مناطق شهری مدرن عمدتاً در حوزه خدمات است. در نتیجه اکثر شهرنشینان از نحوه تولید غذا و حتی چگونگی ساخت دستگاه‌ها و ابزار بی‌خبرند و ماشینی‌سازی فزاینده تمام فعالیت‌های تولیدی باعث شده

امروزه فقط درصد خیلی کمی از جمعیت جهان در زمینه تأمین انرژی مورد نیاز تمدن و موادی که دنیای مدرن ما را می سازند فعالیت کنند.

آمریکا امروزه فقط ۳ میلیون مرد و زن (مزرعه داران و کشاورزان دستمزد بگیر) دارد که مستقیم در امر تولید غذا دستی دارند، مردمی که واقعاً مزارع را شخم می زنند، بذر می پاشند، کود می دهند، و جین می کنند، محصول برداشت می کنند (چیدن میوه و سبزیجات بخشی از فرایند است که بیشترین حجم کار کارگران را می طلبد) و از حیوانات مراقبت می کنند. سه میلیون یعنی کمتر از ۱ درصد از جمعیت کشور، پس تعجبی ندارد که اکثر آمریکایی ها ندانند یا تصویری گنگ داشته باشند از اینکه نان و گوشتشان چگونه تأمین می شود. کمباین ها گندم برداشت می کنند، اما آیا سویا یا عدس هم برداشت می کنند؟ چقدر طول می کشد تا یک خوکچه به گوشت دنده خوک تبدیل شود؟ هفته ها یا سال ها؟ اکثریت قریب به اتفاق آمریکایی ها واقعاً پاسخ را نمی دانند؛ فقط هم آمریکایی ها نیستند. چین بزرگ ترین تولیدکننده فولاد در جهان است (که سالانه حدود یک میلیارد تن فولاد را گدازگری، ریخته گری و نورد می کند)، اما تمام این تولیدات فقط از ۰٫۲۵ درصد از جمعیت ۱٫۴ میلیاردی چین انجام می دهند. فقط درصد ناچیزی از جیب های چین نزدیک کوره های سوزان می ایستند یا کارخانه ریخته گری پیوسته و ورقه های سرخ و داغ و معدن را به چشم می بینند. این گسستگی در جای جای دنیا وجود دارد.

دیگر دلیل اصلی درک ناقص مردم از فرایندهای بنیادینی که انرژی (غذا یا سوخت) و مواد ماندگار (فلز، مواد معدنی غیرفلزی یا بتن) را در اختیار ما می گذارند این است که مباحثی قدیمی (و چه بسا منسوخ) به شمار می آیند، موضوعاتی که در مقایسه با دنیای اطلاعات، داده ها و تصاویر واقعاً ملال آورند. باهوش ترین ها سراغ علوم خاک نمی روند و به فکر ساخت سیمان بهتر نمی افتند، بلکه جذب اطلاعات انتزاعی می شوند، اطلاعاتی که حالا صرفاً به شکل جریان هایی از الکترون ها در انواعی از ابزارهای ریز هستند. از وکلا و اقتصاددانان گرفته تا برنامه نویسان و مدیران مالی، همه و همه دستمزدهای نامعقول بالایشان را بابت کارهایی می گیرند کاملاً مجزا از واقعیت های مادی حیات روی زمین.

علاوه بر این، بسیاری از این داده پرستان به این باور رسیده اند که این جریان های الکترونیکی سرانجام ضرورت آن ملزومات مادی قدیمی و منسوخ را از بین می برند. مزارع جای خود را

به کشاورزی در آسمان خراش‌های شهری خواهند داد و محصولات صنعتی سرانجام نیاز به پرورش هرگونه مواد غذایی را از بین خواهد برد. ماده‌زدایی، که هوش مصنوعی نیز آن را تقویت می‌کند، بالاخره وابستگی ما را به توده‌های شکل‌دار فلزات و مواد معدنی فراوری شده از میان برمی‌دارد و چه بسا حتی سرانجام بتوانیم بدون محیط زیست زمین هم سر کنیم؛ اگر قرار است مریخ را مانند زمین قابل سکونت کنیم، دیگر چه نیازی به محیط زیست زمین داریم؟ البته این‌ها صرفاً پیش‌بینی‌هایی بسیار زودهنگام نیستند، بلکه خیالاتی‌اند ساخته و پرداخته‌ی جامعه‌ای که در آن اخبار کذب شیوع یافته و واقعیت و خیال‌بافی چنان در هم آمیخته‌اند که ذهن‌های زودباور، تحت تأثیر بینش‌های فرقه‌گون، تمام سخنانی را که مشاهده‌گران تیزبین روزگاران گذشته آن‌ها را توهمات دیوانه‌وار می‌دانستند باور می‌کنند.

هیچ‌یک از افراد می‌تواند که این کتاب را می‌خوانند پا به مریخ نخواهند گذاشت؛ تمام ما همچنان قوت غالب خون و غلات پرورده در خاک مزارع بزرگ خواهیم خورد، نه در آسمان خراش‌هایی که حامیان کشاورزی به اصطلاح شهری از آن دم می‌زنند. هیچ‌یک از ما در دنیای مادی زودده‌ای زندگی نخواهیم کرد که بی‌نیاز از موهبت‌های طبیعی جایگزین‌نشده‌ای همچون بخار آب یا گرده‌افشانی گیاهان باشد اما تأمین این ملزومات وجودی و وظیفه‌ای است روزبه‌روز خطرتر، زیرا اولاً بخش قابل توجهی از جمعیت انسان‌ها در شرایطی زندگی می‌کنند که اقلیت مرفه و ثروتمند نسل‌ها پیش از آن شرایط خلاص شدند، و ثانیاً افزایش تقاضا برای انرژی آن قدر بر بیوسفر فشار آورده که شاید نتواند جریان‌ها و مخازن خود را در بلندمدت حفظ کند.

یک مثال مقایسه‌ای مهم می‌زنم. در سال ۲۰۲۰، سرانه تأمین انرژی سالانه برای حدود ۴۰ درصد از جمعیت دنیا (۳٫۱ میلیارد نفر که تقریباً تمام افراد ساکن آفریقای سیاه را در بر می‌گیرد) به اندازه آلمان و فرانسه در سال ۱۸۶۰ بود! آن ۳٫۱ میلیارد نفر، برای رسیدن به آستانه آبرومندانه استاندارد زندگی، باید دست‌کم سرانه مصرف انرژی خود را دوچندان (و شاید حتی سه‌چندان) کنند و درعین حال تأمین برق خود را چندین برابر سازند، تولید غذای خود را افزایش دهند و زیرساخت‌های مهم شهری، صنعتی و حمل‌ونقل بسازند. لاجرم این تقاضاها نیز بیوسفر را در معرض تخریب بیشتر قرار می‌دهد.

چگونه باید با این تغییرات اقلیمی در حال وقوع مواجه شویم؟ امروزه اجماعی گسترده وجود دارد مبنی بر اینکه باید برای پیشگیری از بی شمار پیامد نامطلوب کاری کنیم، اما چه کاری؟ چه تغییری در رفتارمان بهترین نتیجه را در پی خواهد داشت؟ کسانی که ملزومات انرژی و مادی و دنیای ما را نادیده می گیرند، کسانی که فقط دوست دارند دم از شعارهای سبز بزنند و کاری به این ندارند که چگونه به این نقطه رسیده ایم نسخه آسانی می پیچند: فقط کربن زدایی، جایگزین کردن سوختن کربن با جریان های لایتناهی انرژی های تجدیدپذیر. اما گرهی در کار است: تمدن ما وابسته به سوخت های فسیلی است و پیشرفت های فناورانه و علمی اش، کیفیت زندگی اش و رونق و کامروایی اش همه مبتنی بر سوختن مقادیر عظیم کربن فسیلی است، پس نمی توانیم به این راحتی ها طی چند دهه (چه رسد به چند سال!) به این عامل تعیین کننده شرایط زندگی مان پشت کنیم.

کربن زدایی کامل اقتصاد جهانی تا سال ۲۰۵۰ فقط واپس روی اقتصادی غیر قابل تصویری را در جهان به بار خواهد آورد، مگر اینکه تحولاتی فوق العاده سریع مبتنی بر پیشرفت های فناورانه معجزه وار رخ دهد. این هنوز به راهبرد جهانی معقول، عملی و مقرون به صرفه ای نرسیده ایم و ابزار فنی مورد نیاز برای رسیدن به آن تحولات را نداریم، چه کسی حاضر است در پی کربن زدایی کامل باشد؟ واقعاً چه اتفاقی خواهد افتاد؟ تفاوت میان آرزو اندیشی و واقعیت از زمین است تا آسمان، اما در جامعه دمکراتیک هیچ زلفی از ناندیشه ها و پیشنهادها نمی تواند به شکل معقول پیش برود، مگر آنکه تمام طرف ها دست کم اطلاعات مرتبط اندکی درباره دنیای واقعی داشته باشند، نه اینکه فقط تعصبات خود را بلغور کنند و ادعاهایی مطرح نمایند بی ارتباط با امکان های فیزیکی.



در این کتاب می کوشم درک جامع تری به دست دهم و بعضی از واقعیت های بنیادین حاکم بر بقا و کامروایی انسان را توضیح دهم. هدفم نه پیش بینی است، نه ترسیم سناریوهای شگفت انگیز یا غم انگیز از اتفاقات آینده. نیازی نیست آب به آسیاب این ژانر عامه پسند (اما همیشه ناکام) بریزیم: در بلندمدت، تحولات پیش بینی نشده و تعاملات پیچیده آن قدر تعدادشان زیاد می شود که هیچ تلاش فردی و جمعی ای نمی تواند پیش بینی شان کند.

هیچ تفسیر بخصوص و مغرضانه‌ای از واقعیت را هم ترویج نمی‌دهم، نه برای نومییدی و نه امیدواری بی‌حد و حصر. نه بدبینم، نه خوش‌بین؛ فقط دانشمندی هستم که می‌کوشم سازوکار واقعی دنیا را توضیح دهم تا، با استفاده از این درک، بهتر بتوانیم محدودیت‌ها و فرصت‌های آینده را دریابیم.

لاجرم برای چنین تحقیقی باید بین موضوعات دست به‌گزینش زد، اما دلیلم برای انتخاب هفت موضوعی که جهت بررسی دقیق‌تر آورده‌ام محکم است: همه ضروری و حیاتی‌اند و هیچ‌کدام پیش‌پاافتاده نیستند. نخستین فصل کتاب نشان می‌دهد که جوامع ماکه مصرف انرژی بالایی دارند چگونه روزه‌روز به سوخت‌های فسیلی و به‌خصوص برق (منعطف‌ترین نوع انرژی) وابسته‌تر شده‌اند. درک این واقعیت‌ها ادعاهایی رایج (و مبتنی بر درک ضعیف واقعیت‌های پیچیده) را تصحیح می‌کند که می‌گویند می‌توان در چشم‌برهم‌زدنی کربن را از فرایند تأمین انرژی کنار گذاشت و فقط دو یا سه دهه زمان لازم است تا کارخانه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر متکی شویم. بآنکه برای تولید برق، روزه‌روز بیشتر از منابع تجدیدپذیر خورشیدی، بادی، نه برق آبی که از دیرباز مرسوم بوده است) استفاده می‌کنیم و ماشین‌های به‌یشتی به خیابان‌ها می‌آوریم، اما کربن‌زدایی از کامیون‌ها و هواپیماها و کشتی‌ها و همچنین تولید مواد کلیدی بدون اتکا به سوخت‌های فسیلی چالشی بسیار بزرگ‌تر خواهد بود.

فصل دوم این کتاب دربارهٔ اساسی‌ترین لازمهٔ بقاست: تولید غذا. در این فصل توضیح داده خواهد شد که بخش زیادی از آنچه برای بقا به آن اتکا داریم، از گندم گرفته تا گوجه‌فرنگی و میگو، یک وجه اشتراک دارد: نیازمند مقادیر عظیمی از سوخت فسیلی است، اعم از مستقیم و غیرمستقیم. آگاهی از این وابستگی اساسی به سوخت‌های فسیلی ما را به درکی واقع‌بینانه از نیاز مستمر به کربن فسیلی می‌رساند: تولید برق با توربین‌های بادی یا سلول‌های خورشیدی به‌جای سوزاندن زغال‌سنگ یا گاز طبیعی کم‌ویش آسان است، اما چرخاندن چرخ تمام ماشین‌آلات کشاورزی بدون سوخت‌های فسیلی مایع یا تولید تمام کودها و دیگر مواد شیمیایی کشاورزی بدون نفت یا گاز طبیعی بسیار دشوار است. جان کلام، تا چندین دههٔ آینده نمی‌توان بدون استفاده از سوخت‌های فسیلی، به‌عنوان منبع انرژی و مواد خام، به تمام جمعیت سیارهٔ زمین غذا رساند.

فصل سوم توضیح می‌دهد جوامع ما چگونه و چرا وابسته به موادی شده‌اند که نبوغ انسان تولیدشان کرده است. تمرکز این فصل بر موادی است که آن‌ها را چهار رکن تمدن مدرن نامیده‌ام: آمونیاک، فولاد، بتن و پلاستیک. درک این واقعیت‌ها نشان می‌دهد که ادعاهای امروزی دربارهٔ مادی‌رذایی اقتصادهای مدرن، اقتصادهایی که تحت سیطرهٔ خدمات و دستگاه‌های کوچک الکترونیکی قرار گرفته‌اند تا چه حد ادعاهایی واهی و گمراه‌کننده‌اند. کاهش نسبی نیاز به ماده برای تولید هر واحد از محصولات نهایی یکی از روندهای مهم تحولات اقتصادی مدرن است. اما به صورت مطلق، نیازهای مادی حتی در مرفه‌ترین جوامع جهان نیز در حال افزایش بوده است، و در کشورهای کم‌درآمد، که در آن‌ها مالکیت خانه‌های خوش‌ساخت، وسایل آشپزخانه و کولر (خودرو که جای خود دارد) برای میلیاردها نفر در حد یک رؤیاست، هنوز خیلی پایین‌تر از حد اشباع است.

فصل چهارم داستان جهانی شدن است، اینکه حمل‌ونقل و ارتباطات چگونه جای جای دنیا را بهم متصل کرده‌اند. این چشم‌انداز تاریخی نشان می‌دهد که خاستگاه این فرایند چقدر قدیمی است و بالاترین میزان آن (میزانی که بالاخره می‌توان آن را جهانی نامید) چقدر خواهد بود. نگاهی دقیق‌تر به وضوح نشان می‌دهد که پدیدهٔ پرابهام جهانی شدن (که بعضی آن را می‌خوانند، بعضی در آن تردید می‌کنند و بعضی آن را به باد انتقاد می‌گیرند) تقدیر حتمی و ناگزیر است. اخیراً عقب‌نشینی‌های روشنی در سراسر دنیا صورت گرفته و روندی کلی به سوی پوپولیسم و ملی‌گرایی به وجود آمده است، اما مشخص نیست این تحولات تا کجا ادامه یابد یا ملاحظات اقتصادی، امنیتی و سیاسی تا چه حد به اصلاح این تغییرات بینجامد.

فصل پنجم چارچوبی واقع‌بینانه برای قضاوت دربارهٔ خطرات پیش‌رو در اختیار می‌گذارد: جوامع مدرن موفق شده‌اند بسیاری از خطرات سابقاً مرگ‌بار یا فلج‌کننده را از بین ببرند یا کاهش بدهند (مثلاً فلج اطفال و زایمان)، اما بسیاری از خطرات همیشه با ما خواهند بود و ما مدام در ارزیابی صحیح خطرات ناکام می‌مانیم، گاهی آن‌ها را دست‌کم می‌گیریم و گاه دست‌بالا. پس از پایان این فصل، خوانندگان درک خوبی از خطرات نسبی بسیاری از اتفاقات رایج ناخواسته و فعالیت‌های خودخواسته (زمین‌خوردن در خانه و پرواز میان قاره‌ها؛ زندگی در شهر توفان‌خیز و چتربازی) خواهند داشت و، با اشاره به مزخرفاتی که در صنعت

رژیم غذایی ارائه می‌شود، راهکارهای مختلفی را خواهیم دید دربارهٔ اینکه برای طول عمر بیشتر چه چیزهایی می‌توانیم بخوریم.

فصل ششم ابتدا به این موضوع می‌پردازد که تغییرات زیست‌محیطی در حال وقوع چگونه بر سه لازمهٔ حیات تأثیر می‌گذارد: اکسیژن، آب و غذا. باقی فصل به گرمایش جهانی خواهد پرداخت، تغییری که موضوع اصلی نگرانی‌های زیست‌محیطی اخیر بوده و به ظهور دو نگرش انجامیده است: فاجعه‌هراسی جدید و کم‌وبیش آخرالزمانی از یک سو و انکار کامل این فرایند از سوی دیگر. به جای بازگویی و محکومیت این ادعاهای مناقشه‌آمیز (کاری که کتاب‌های بی‌شماری کرده‌اند)، من تأکید خواهم کرد که، برخلاف تصورات رایج، این پدیده‌ای نیست که اخیراً کشف شده باشد: بیش از ۱۵۰ سال است که این فرایند آغاز شده است.

علاوه بر این، بیش از یک قرن است که از میزان واقعی گرمایش بر اثر دوچندان شدن کربن دی‌اکسید آگاهی و بیش از یک قرن پیش به ما هشدار دادند که تولید کربن دی‌اکسید به میزان بی‌سابقه‌ای رسیده (سنجش‌ها در دقیقه کربن دی‌اکسید در سال ۱۹۵۸ آغاز شد)، اما ما این توضیحات، هشدارها و مسأله‌ها ثبت شده را نادیده گرفته‌ایم. در عوض چنان به سوزاندن سوخت‌های فسیلی اتکا کردیم که به آن ادامه شدیم، به گونه‌ای که به این راحتی‌ها و با هزینهٔ کم نمی‌توانیم از مصرف این سوخت‌ها دست بکشیم. مشخص نیست با چه سرعتی بتوانیم این اوضاع را تغییر دهیم. اگر تمام نگرانی‌های زیست‌محیطی دیگر را نیز به این موضوع اضافه کنید، به این نتیجه می‌رسید که سؤال مهم کلیدی (آیا انسان‌ها می‌توانند بلندپروازی‌های خود را در چارچوب امن بیوسفر زمین محقق سازند؟) پاسخ ساده و سراسری ندارد. اما لازم است واقعیات و مسألات بحث را بفهمیم. فقط در این صورت است که می‌توانیم به شیوه‌ای کارآمد به مقابله با مشکل پردازیم.

در فصل پایانی، به آینده نگاهی خواهیم انداخت، به خصوص تمایلات رقیب اخیر مبنی بر پذیرش فاجعه‌هراسی (آن‌هایی که می‌گویند فقط چند سال مانده تا پردهٔ پایانی تمدن مدرن فرود آید) و فناوری پرستی (کسانی که پیش‌بینی می‌کنند اختراعاتی انسان افق‌های بی‌کرانی را در فراسوی محدوده‌های زمین خواهد گشود و تمام چالش‌های زمینی را به گذشته‌هایی پیش‌پاافتاده تبدیل خواهد کرد). طبیعتاً من طرفدار هیچ‌یک از این

دو موضع نیستم و چشم انداز من نیز باب میل پیروان هیچ یک از این دو دیدگاه نخواهد بود. من در هیچ یک از دو سو گسست ناگهانی ای با گذشته نمی بینم؛ هیچ نتیجه از قبل تعیین شده ای نمی بینم؛ آنچه می بینم مسیر پیچیده ای است وابسته به انتخاب های (نه چندان ناگزیر) خودمان.

این کتاب بر دو مبنا استوار است: یافته های متعدد علمی دیگران و نیم قرن تحقیقات و کتاب نویسی خودم. در مورد اول، هم از نوشته های کلاسیکی نظیر بحث های پیشتازانه درباره تبدیل انرژی و اثر گلخانه ای در قرن نوزدهم بهره برده ام و هم از جدیدترین ارزیابی ها درباره چالش های جهانی و مخاطرات احتمالی. اما موضوع گسترده این کتاب بدون دهه ها تحقیقات میان رشته ای ام، که در بسیاری از کتاب های دیگرم نیز به صورت خلاصه گنجانده شده است، هرگز میسر نمی شد. من، به جای استفاده از تمثیل قدیمی روباه ها و جوجه تیغی ها (روباہ چیزهای زیادی می داند، اما جوجه تیغی یک چیز را عمیق می داند)، دانشمندان مدرن را یا حفرکننده گودال هایی عمیق و عمیق تر می دانم (که این روزها پررهورترین راه رسیدن به بهره است) یا کاوشگران افق های وسیع (گروهی که اینک شمارشان بسیار کمتر شده است). من علاقه ای به نشستن در گودال های عمیق و دیدن آسمان پهناور از حفره ای تنگ ندارم. همیشه ترجیح می دهم تا جایی که قابلیت های محدودم اجازه بدهند وسیع ترین قلمروها را به دقت بررسی کنم. حوزه اصلی علاقه مندی ام در تمام طول عمرم مطالعات انرژی بوده است، زیرا درک کافی این حوزه وسیع مستلزم آن است که دانسته هایمان از فیزیک، شیمی، زیست شناسی، زمین شناسی و مهندسی را با نگاهی به تاریخ و عوامل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ترکیب کنیم.

حدود نیمی از کتاب هایم که اینک شمارشان از ۴۰ گذشته (و اکثرشان آکادمیک تر از کتاب حاضرند) به ابعاد مختلف انرژی می پردازند، از بررسی های وسیع در زمینه انرژی شناسی عمومی و انرژی در سراسر تاریخ گرفته تا بررسی های دقیق تر هر یک از سوخت ها (نفت، گاز طبیعی، زیست توده) و خواص و فرایندهای بخصوص (چگالی توان، گذار انرژی). باقی نوشته های من برآمده از علاقه میان رشته ای ام هستند: درباره پدیده هایی اساسی همچون رشد (در تمام اشکال طبیعی و انسانی اش) و خطر قلم زده ام؛ درباره محیط زیست جهانی

(بیوسفر، چرخه‌های بیوژئوشیمی، بوم‌شناسی جهانی، تولید فتوسنتزی و برداشت محصول)، غذا و کشاورزی، مواد (به‌خصوص فولاد و کود)، پیشرفت‌های فناورانه، ترقی و افول تولید و تاریخ روم باستان و آمریکای مدرن و غذاهای ژاپنی.

لاجرم این کتاب (که محصول پژوهش‌های سراسر عمرم است و آن را برای مخاطب غیرمتخصص نوشته‌ام) در امتداد تلاش دیرینه‌ام است برای درک واقعیت بنیادین بیوسفر، تاریخ و دنیایی که به وجود آورده‌ایم. این کتاب نیز کاری را می‌کند که طی دهه‌ها با ثبات قدم انجام داده‌ام: دورشدن از دیدگاه‌های افراطی. حامیان جدید (و پرسروصدا و سردرگم) چنین دیدگاه‌هایی از این کتاب سرخورده خواهند شد؛ اینجا قرار نیست مویه و زاری کنیم که دنیا در سال ۲۰۳۰ به پایان می‌رسد یا شیفته‌وار از قدرت تحول‌آفرین و شگفت‌آور هوش مصنوعی بگوییم که زودتر از آنچه خیال می‌کنیم از راه می‌رسد. در عوض می‌کوشیم بنیانی بگذاریم برای چشم‌انداز سنجیده‌تر و قاعدتاً محتاطانه‌تر. امیدوارم رهیافت عقلانی و واقع‌بینانه‌ام به خوانندگان کمک کند درک بهتر سازوکار واقعی جهان داشته باشند و بدانند که چقدر احتمال دارد این دنیا را متضمن چشم‌اندازهای بهتر برای نسل‌های آینده ببینیم.

اما پیش از آنکه وارد موضوعات خاص فصل‌ها شوم، یک هشدار و یک درخواست از شما دارم. این کتاب پر از عدد و رقم است، زیرا واقعیت‌های طبیعی مدرن رانمی‌توان صرفاً با توصیفات کیفی درک کرد. بسیاری از اعداد این کتاب، لاجرم، بسیار بزرگ یا بسیار کوچک‌اند و چنین واقعیت‌هایی بهتر است در قالب مرتبه بزرگی درک شود و برچسب پیشوندهایی بر آن بخورد که در تمام جهان معتبرند. اگر هیچ پیشینه‌ای در این مسائل ندارید، ضمیمه مربوط به درک اعداد بزرگ و کوچک به شما کمک می‌کند، پس بعضی خوانندگان بهتر است ابتدا آن بخش کتاب را بخوانند. در غیر این صورت، در فصل ۱ ملاقاتتان می‌کنم تا باهم نگاهی دقیق و کمی به انرژی‌ها بیندازیم. این چشم‌اندازی است که هرگز نباید کنار گذاشته شود.