زاویه معکوس

سرعت پیشرفت علم در تاریخ

کسرا حقیقت

● لودویگ ویتگنشتاین، فیلسوف بزرگ و تأثیرگذار سده‌های اخیر، جایی در کتاب مشهورش به نام (در باب یقین) که شامل یادداشت‌های سال‌های پایانی عمر اوست، می‌نویسد: «فرض کنیم فردی به کودکی گفته باشد که در ماه بوده است. کودک این مسئله را برای من توضیح می‌دهد و من به او می‌گویم آن شخص با تو شوخی کرده و او روی ماه نبوده است. هیچ‌کسی تا به حال در ماه نبوده است. ماه بسیار بسیار از ما دور است و انسان نمی‌تواند به آنجا پرواز کند... . اگر ما در چارچوب نظام اندیشه خود بیندیشیم، یقینا هیچ انسانی تاکنون روی ماه نبوده است. چنین چیزی نه به صورت جدی از سوی افراد عاقل گزارش شده و نه نظام فیزیک‌مان به ما اجازه می‌دهد آن را باور کنیم زیرا فیزیک می‌پرسد: او چگونه بر نیروی جاذبه غلبه کرده است. چگونه توانسته است بدون اتمسفر زنده بماند؟ و هزار پرسش بی‌جواب دیگر».

ویتگنشتاین این یادداشت‌ها را احتمالا حدفاصل سال‌های ۱۹۴۹ تا ۱۹۵۱ میلادی نوشته است. موضوع این کتاب البته نه اساسا ارتباطی به سفر به ماه دارد نه فیزیک. روش ویتگنشتاین، فیلسوف بزرگ، در این کتاب این‌گونه است که برای تشریح اندیشه‌های خود مثال‌های معمول و روزمره می‌آورد. البته سخن ویتگنشتاین مبنی بر اینکه هیچ‌کسی تا به حال در ماه نبوده است، اشتباه نیست. در زمان نوشتن این یادداشت‌ها پای هیچ انسانی به ماه نرسیده بود. تکنولوژی آن زمان هم اجازه تصور سفر به ماه را نیز نمی‌داد. آپولو-۱۱ یعنی مأموریتی که منجر به فرود نخستین انسان روی کره ماه شد، در ۲۱ ماه جولای سال ۱۹۶۹ انجام شد. یعنی در حدود ۲۰ سال پس از دست‌نوشته ویتگنشتاین. این جملات بیش از هر چیز سرعت بالای رشد فناوری در سال‌های آخر قرن بیستم را نشان می‌دهد. در چند دهه رؤیاهای دست‌نیافتنی بشر با پیشرفت علوم کاملا ممکن شد.

این موضوع فقط مختص به قرن بیستم نیست. مثلا در قرن هفدهم میلادی، ریاضیات به صورت عجیبی رشد و توسعه پیدا کرد. نپر، گالیله، کپلر، پاسکال، دکارت، فرما، هویگنس، نیوتن و لایبنیتس همه‌وهمه در قرن هفدهم ریاضیات را با سرعت هرچه تمام‌تر پیش بردند. دلایل رشد سریع علم و فناوری در دوره‌های خاص تاریخی خیلی چیزها می‌تواند باشد. پژوهشگرانی که زمینه‌های اجتماعی رشد و توسعه علوم را بررسی می‌کنند، معتقدند سرعت عجیب در توسعه علم در این دوره، محصول پیشرفت‌های سیاسی، اجتماعی و اقتصادی بوده است. مثلا گفته می‌شود جو مساعدتر سیاسی در شمال اروپا و همچنین غلبه بر سرما و تاریکی از طریق ابداع روش‌هایی برای ایجاد گرما و روشنایی در زمستان‌های طولانی، احتمالا از دلیل‌های عمده انتقال فعالیت‌های ریاضیات از ایتالیا به سمت شمال اروپا و به عبارتی فرانسه و انگلستان بوده است.

در همین قرن هفدهم ابداع لگاریتم به وسیله جان نپر، (البته ابداع لگاریتم به یوبست بورگی، دانشمند و ابزارساز سوئیسی، هم نسبت داده می‌شود) تحول چشمگیری در تمام ریاضیات و نجوم به وجود آورد. این روش محاسباتی در سراسر اروپای آن زمان از آن استقبال شد و لاپلاس، دانشمند بزرگ فرانسوی، معتقد بود اختراع لگاریتم‌ها، با کوتاه‌کردن زحمات، عمر منجمان را دو برابر کرده است. جان نپر در کتابی که در زمان حیاتش منتشر شده بود، تلاش می‌کرد رویدادهای آینده را پیش‌بینی کند. او از ماشین‌های جنگی جهنمی گوناگونی نام برده و طرح و نمودارهای آنها را نیز نقاشی کرده بود. مثلا نوشته که در آینده آتشباری به وجود می‌آید که قادر به پاک‌سازی میدانی به محیط ۴ مایل از هر موجود زنده‌ای با بیش از یک فوت بلندی خواهد بود. ابزارهای دریانوردی، ارابه‌ای با پوزه جانداری از آهن به عرصه می‌آیند که باعث مرگ و ویرانی می‌شوند. این پیش‌بینی‌های دانشمند بزرگ، در جنگ جهانی اول با مسلسل و زیردریایی و تانک تحقق پیدا کرد.

بخش زیادی از توسعه علم و فناوری در دوران اخیر اما محصول جنگ جهانی دوم و بخش دیگری نیز پیامد دوران جنگ سرد و حتی رقابت تسلیحاتی بوده است. آلمان نازی هیتلری پیشتاز این پیشرفت‌ها در دنیا بوده است. راکت‌های مافوق صوت، هواپیمای مجهز به موتور جت، موشک‌های هدایت‌شونده، فناوری ردیابی و... فقط برخی از فناوری‌های بسیار مدرن عصر جدید بودند که در آزمایشگاه‌ها و کارخانه‌های آلمان نازی، حتی در سال‌های آخر و منتهی به شکست نیز توسعه می‌یافت. هنشل که سابقه تأسیس آن به سال ۱۸۱۰ میلادی بازمی‌گردد، بزرگ‌ترین لکوموتیوساز اروپا بود. قطعات صنعتی‌ای که در این کارخانه تولید می‌شود، اعجاب‌انگیز است. این کارخانه در زمان جنگ جهانی دوم نقش مهمی در تجهیز نظامی و ساخت تانک و زرهی برای ارتش هیتلر داشت و به همین سبب در ۲۲ اکتبر سال ۱۹۴۳ در بمباران هوایی انگلیسی‌ها تقریبا با خاک یکسان شد.

کشف راه‌های نوین پیروزی بر بیماری‌ها در گفت‌وگو با «جان کریگ ونتر»

ما در حال بازنگری تعریف سلامت هستیم

استیو استرنبرگ . ترجمه: مهرگان روزبه

«جان کریگ ونتر» را باید یکی از بزرگ‌ترین، پرکارترین، مؤثرترین و پرآوازه‌ترین دانشمندان معاصر زیست‌شناسی و پزشکی نوین دانست. مجله معروف تایم در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ او را یکی از صد فرد تأثیرگذار جهان معرفی کرد. او یکی از مؤثرترین رهبران پروژه ژنوم انسان بود و نخستین پژوهشگری است که توانسته کروموزومی مصنوعی بسازد که جانداران اطلاعات آن را می‌خوانند و عمل می‌کنند. «ونتر» تاکنون چندین مؤسسه پژوهشی را بنیاد گذاشته است؛ ازجمله مؤسسه «سلرا ژنومیکس»، مؤسسه «تحقیقات ژنوم»، مؤسسه «کریگ ونتر» و نیز مؤسسه «افزایش طول عمر انسان». یکی از کارهای پژوهشی «ونتر» نمونه‌برداری از آب اقیانوس‌های جهان برای تعیین توالی ژنوم‌های میکروارگانیسم‌های آب و بررسی نقش بنیادی آنها در حیات بوده است که در سال ۲۰۰۳ آغاز شد و در سال ۲۰۰۶ پایان یافت. «ونتر» مؤسسه‌ای برای ایجاد ژنوم مصنوعی با هدف تغییر میکروارگانیسم‌ها برای تولید سوخت‌های پاک تأسیس کرد و گونه‌ای نیمه‌مصنوعی با نام مایکوپلاسما ساخته است. ژنوم این میکروارگانیسم که دارای ژن‌های مطلوب انسان است، در آزمایشگاه ساخته شده است. او در سال ۲۰۱۶ توانست ژن‌های اضافی حیات را حذف کند و یک ژنوم مصنوعی کامل را در آزمایشگاه بسازد. این ژنوم کوچک‌ترین ژنوم جانداران است و فقط ۴۷۳ ژن دارد. او در سال ۲۰۱۴ مؤسسه «افزایش طول عمر انسان» را تأسیس کرد که بر افزایش طول عمر انسان متمرکز است. برنامه اصلی سالانه این مؤسسه، توالی‌یابی ۴۰ هزار ژنوم با تمرکز بر سرطان و ژن‌های مرتبط با آن است. چندی است «کریگ ونتر» قدم بزرگ بعدی خود را برداشته و به قلمرو پزشکی پیشگیری و پزشکی دقیق پا گذاشته است. بلندپروازی «ونتر» گسترش کاربرد اطلاعات ژنی برای مراقبت از بیماران است. او قصد دارد برای درک ارتباط‌های پیچیده بین ژن‌ها و زیست‌شناسی، ازجمله بیماری‌های انسانی تا سال ۲۰۲۰ پایگاه داده‌ای از یک میلیون انسان در مؤسسه افزایش طول عمر انسان تهیه کند. او گفته است: «ما در حال بازنگری تعریف سلامت هستیم» و «سرانجام دانشمندان راه‌های نوین پیروزی بر بیماری‌ها را کشف خواهند کرد».

شما پس از همکاری‌های بسیار با پروژه ژنوم انسان، از تعیین توالی ژنوم انسان دست کشیدید. چه چیزی باعث شد که چنین تصمیمی بگیرید؟

توالی‌یابی نخستین ژنوم کمی بیشتر از صد میلیون دلار خرج برداشت و حدود ۹ ماه هم به درازا می‌کشید. رایانه‌ای که برای این کار ساختیم، حدود ۵۰ میلیون دلار هزینه داشت. بنابراین، نمی‌توانستیم کار را به‌آسانی تکرار کنیم. پس تصمیم گرفتم تا زمانی که فناوری بنیادی، هم در زمینه فناوری رایانه و محاسبات و هم در زمینه فناوری توالی‌یابی تغییر نکرده است، کار دیگری اختیار بکنم. در واقع، به یک انقلاب واقعی در این زمینه نیاز داشتیم که راه رسیدن به آن به‌دست‌آوردن تعداد بسیار زیادی ژنوم بود. آنالیز سنتی ژن با یک ژنوم نمی‌توانست مسئله‌ای را حل کند. چیزهای اندکی که درباره ناهنجاری‌های ژنی مانند بیماری‌های هانتینگتون و فیبروز کیستی می‌دانیم از بررسی خانواده‌های دارای سابقه کافی و تعداد بسیار زیادی از بیماران در چند نسل به‌دست آمده‌اند. می‌دانستم که به تعداد بسیار زیادی ژنوم و رویکردی کاملا نوین به آنالیز رایانه‌ای و محاسباتی نیاز داریم. بنابراین، تصمیم گرفتم که از فکری که در سال ۱۹۹۵ به ذهنم خطور کرده بود، خارج شوم. در آن زمان به فکر شناسایی نخستین جاندار تاریخ، یعنی Haemophilus influenza بودیم که به تعیین ژنوم نخستین ژنوم انسانی ختم شد.

این کار را چگونه انجام دادید؟

در آن زمان نخستین دو ژنوم تاریخ را توالی‌یابی کردیم. اولی ژنوم هموفیلوس آنفلوآنزا و دومی ژنوم باکتری Mycoplasma genitalium بود. در جست‌وجوی این بودیم که دریابیم کدام ژن‌ها برای حیات ضروری و کدام غیرضروری‌اند. این دو ژنوم بسیار با هم متفاوت بودند. تنها راه دستیابی به پاسخ، دستیابی به نقطه‌ای بود که از آنجا بتوانیم کد ژنتیک را بنویسیم، DNA را بسازیم و ساخت ژنوم را شروع کنیم. با همکارانم، هام اسمیت که هنوز در آزمایشگاه ۸۵ کار می‌کند و کارهای مهمی هم انجام می‌دهد و کلاید هاچیسون که در آن زمان در دانشگاه کارولینای شمالی تدریس می‌کرد، اما سرانجام به انستیتو پیوست، کار را آغاز کردیم. ما از وزارت انرژی بودجه‌ای برای شروع به‌کار گرفتیم. با phi X 174 که ویروس کوچکی است و می‌تواند به اشریشیا کلای حمله کند و آن را بکشد، شروع کردیم. ساختن پنج هزار جفت‌باز این ویروس، اصلاح اشتباهات و تزریق آن به درون یک اشریشیا کلای کار بزرگی بود. اشریشیا کلای که یک باکتری معمولی است، با استفاده از این DNA فراساختی شروع کرد به ساختن اجزای ویروسی و همه اجزای ویروس طبیعی را تکثیر کرد و به این طریق ما به دوران جدیدی از زیست‌شناسی که زیست‌شناسی مصنوعی است، وارد شدیم. در آن زمان، سخنگوی وزارت انرژی در گفت‌وگویی مطبوعاتی بسیار بزرگ این موضوع را اعلام کرد. پیشرفت بزرگی بود که با ویروس بسیار کوچکی به‌دست آمده بود.

و سپس با زیست‌شناسی مصنوعی شروع به دست‌کاری جانداران کردید؟

نوشتن کدهای ژنتیک بسیار دشوارتر از خواندن آنهاست، باید دقیق بود. باید دقیق عمل می‌کردیم. باید دستورکارهای درست به جاندار می‌دادیم تا کار کند؛ اگر نه، کدها کار نمی‌کردند. ما کار را با کوشش برای ساختن یک کروموزوم مصنوعی که دارای DNA بسیار بزرگ‌تر بود، ادامه دادیم. وقت زیادی از ما گرفت. باید همه ابزارهای لازم برای متصل‌کردن قطعه‌های بزرگ DNA به هم را می‌ساختیم. دولت کمی از این پروژه می‌ترسید، چون ما در حال تجربه برای ساختن جانداران جدید بودیم، بنابراین دولت هیچ پول دولتی‌ای به ما نداد. من تصمیم گرفتم مؤسسه‌ای به‌نام ژنومیک مصنوعی تأسیس کنم. هام اسمیت و دو نفر از دوستانش در تشکیل این شرکت مشارکت کردند. این شرکت کارش را به‌صورت مجازی برای جمع‌آوری پول برای پشتیبانی از پروژه سلول مصنوعی شروع کرد. مؤسسه ژنومیک مصنوعی باید افکار و ابزار کافی را هم به دست می‌آورد؛ انستیتو ونتر علم و اعتبار پژوهشی آن را تأمین کرد. ژنومیک مصنوعی سفارش‌های بسیاری دریافت کرد و به یک مؤسسه بزرگ تبدیل شد؛ بنابراین من ناگهان مدیر ارشد اجرائی دو مؤسسه شدم؛ یکی مؤسسه ژنومیک مصنوعی و دیگری انستیتو. این مؤسسه به توسعه ابزار برای فراساختن DNA مصنوعی و در توسعه و فروش ماشین‌آلاتی که برای اتصال قطعات DNA به هم کاربرد دارند، کمک کرد و همچنین در تجارت بازنویسی ژنوم محصولاتش هم هست. این مؤسسه صد میلیون‌دلار سرمایه از شرکت اتحاد درمان‌شناسی جذب کرده است، برای کارهایی مانند استفاده از ابزارهای فراسازی ژنوم برای بازنویسی ژنوم خوک، به‌طوری‌که بتوانیم از اندام‌های بدن خوک برای پیوند به بدن انسان استفاده کنیم. می‌دانید که بدن انسان اعضای پیوندی بدن خوک را که ژن‌های خودی انسان دارند، کمتر پس می‌زند.

الان به چه کاری مشغول هستید؟ آیا هنوز هم دور دنیا دریانوردی می‌کنید و نمونه‌های آب اقیانوس‌ها را جمع‌آوری می‌کنید؟

وقتی که ما روی نخستین ژنوم انسان کار می‌کردیم، پژوهشی توسط آکادمی ملی علوم درباره تنوع نسبتا اندک جانداران دریایی در مقایسه با جانداران خشکی، منتشر شده بود. می‌دانستم که می‌توانیم نمونه‌های DNA را از محیط‌های مختلف جمع‌آوری کنیم تا بدانیم واقعا در آنجا چه خبر است؟ چون ابزارهایی که ساخته بودیم، می‌توانستند مخلوط‌های درهم و پیچیده DNA را حتی تکه‌های شکسته DNA را از جانداران مختلف شناور و غوطه‌ور در آب اقیانوس‌ها از هم جدا کنند. ما می‌توانیم تکه‌های DNA موجود در مخلوط را از هم جدا، آنها را به هم متصل و جاندارانی را که به آنها تعلق دارند، شناسایی کنیم. چون هرگونه زیستی فرمول ریاضی خاص خود را برای متصل‌کردن ژنوم خود دارد. یکی از مهم‌ترین مشاهدات قبلی من همین بود. این باعث شد که من سفر جمع‌آوری نمونه‌های اقیانوسی را آغاز کنم. از برمودا شروع کردیم و در اولین نمونه‌برداری میلیون‌ها ژن جدید و ده‌ها هزار گونه جدید کشف کردیم. فهمیدیم فرض ما درباره تنوع نادرست بوده است. پنج سال دور دنیا دریانوردی کردیم و از هر حدود ۲۰۰ مایل یک نمونه برداشتیم. داده‌های بسیار عظیمی را که از ژن‌ها و توالی‌های ویروسی

معلوم شده است که ۴۰ تا ۵۰ درصد از افراد سالم بیماری‌هایی مهم یا حتی در برخی موارد، بیماری‌های تهدیدکننده زندگی دارند؛ ولی کاملا نسبت به آن ناآگاه‌اند؛ چون بیماری‌ها هنوز به سطحی نرسیده‌اند که نشانگان خود را ظاهر کنند. ما داریم مفهوم سلامت را که میراث قرن‌های ۱۳ و ۱۴ است، بازتعریف می‌کنیم. تعریف قدیمی می‌گوید اگر بیماری مشهودی ندارید و احساس بیماری نمی‌کنید، پس سلامت هستید

به‌دست آورده بودیم، ترکیب کردیم و این به درک ما از آنچه درباره جانداران اقیانوس‌ها می‌دانیم، کمک بسیار کرد. این دریانوردی‌ها هنوز هم ادامه دارد. تا حالا شش سفر به قطب جنوب داشته‌ایم. دریای بالتیک، مدیترانه و دریای سیاه را پوشش داده‌ایم. داده‌هایی را که به دست می‌آوریم، دائم آنالیز می‌کنیم؛ چون مقدار زیادی داده داریم. یک پایم روی اقیانوس است و پای دیگرم در آزمایشگاه.

درباره پروژه جدیدتان افزایش طول عمر انسان هم توضیح می‌دهید؟

همه این فعالیت‌هایی که گفتم، ادامه دارند، اما من منتظر موقعیت مناسبی برای شروع سلرا-۲ هستم؛ البته اگر فناوری اجازه دهد. یعنی کاری که ۱۵سال انجام داده‌ام. برای این کار به اطلاعاتی لازم دارم و به همین علت تا حالا تعداد بسیار زیادی ژنوم آماده کرده‌ام. دو سال بیشتر نیست که قیمت توالی‌یابی ژنوم کامل و تعیین داده‌های قابل‌قبول که برای کارهای بالینی مناسب هستند، به زیر دو هزار دلار رسیده است. محاسبات و رایانه‌ها هم پابه‌پای توالی‌یابی پیشرفت کرده است. اکنون می‌توانید چیزی مشابه کامپیوترهایی که برای ما ۵۰ میلیون دلار خرج برمی‌داشت، با صد دلار به دست آورید. به این علت بود که تصمیم گرفتم ژنومیک انسان را در مقیاس بزرگ کلید بزنم. ما مؤسسه افزایش طول عمر را به‌عنوان مؤسسه‌ای فراگیر تشکیل داده‌ایم، چون به همه بیماری‌ها و همه صفات درون ژنوم انسان می‌نگریم. کار را با مؤسسه‌ها و نیز همکاران دانشگاهی شروع کرده‌ایم که اطلاعات بسیار زیادی درباره بیماران دارند؛ مثلا اکنون با گروهی از دانشگاه سان‌دیگو که در حال بررسی حدود دو هزار بیمار کبدی هستند، کار می‌کنیم. چند سال است که بیماران را زیر نظر دارند و داده‌های بالینی بسیاری دارند؛ ولی چیزی از ژنوم آنها نمی‌دانند. به نظر ما، در تبادل برای انجام ژنوم بیماران، همه داده‌هایی که دارند، به ما خواهند داد. شروع کرده‌ایم به ساختن پایگاه داده‌ها برای مقاصد تفسیر ژنوم در ارتباط با داده‌ها.

به چیز دیگری هم نیاز دارید؟

ما دریافته‌ایم که داده‌های بالینی به وضعیت پزشکی افراد محدود می‌شوند؛ بنابراین تصمیم گرفتیم مؤسسه هسته سلامت را تشکیل بدهیم. در آنجا علاوه‌بر ژنومیک چیزهای زیاد دیگری را هم که می‌توانیم در یک ویزیت در یک روز اندازه‌گیری کنیم، اندازه‌گیری می‌کنیم. با دو دستگاه ام‌آرآی، یک سی‌تی‌اسکن برای اسکن قلب بیمار را معاینه می‌کنیم و سنجش تراکم استخوان انجام می‌دهیم و مقدار چربی را هم اندازه می‌گیریم. همچنین تست‌های عصب‌شناسی را به روش‌های متفاوتی انجام می‌دهیم. در این فرایند، دریافته‌ایم که افراد به‌ظاهر سالمی که این آنالیزها روی آنها انجام می‌شود، در واقع همیشه سالم نیستند. معلوم شده است که ۴۰ تا ۵۰ درصد از افراد سالم بیماری‌هایی مهم یا حتی در برخی موارد، بیماری‌های تهدیدکننده زندگی دارند؛ ولی کاملا نسبت به آن ناآگاه‌اند؛ چون بیماری‌ها هنوز به سطحی نرسیده‌اند که نشانگان خود را ظاهر کنند. ما داریم مفهوم سلامت را که میراث قرن‌های ۱۳ و ۱۴ است، بازتعریف می‌کنیم. تعریف قدیمی می‌گوید اگر بیماری مشهودی ندارید و احساس بیماری نمی‌کنید، پس سلامت هستید.

یکی از موضوع‌های مهم «پزشکی دقیق» سرطان است. آیا شما علاوه‌بر کوشش برای تشخیص آن در مراحل اولیه، کار دیگری هم می‌کنید؟

ما داریم محصول جدید سرطان‌مان را از کار درمی‌آوریم که قیمت آن فقط سه هزار دلار خواهد بود؛ ولی در مقابل حدود ۱۰ برابر جامع‌تر از نمونه‌های قبلی است. سعی می‌کنیم بهای آن را به اندازه‌ای برسانیم که هم همه مردم بتوانند از آن استفاده کنند و هم شرکت‌های بیمه بتوانند آن را جبران کنند و به‌علاوه اطلاعات باکیفیت‌تری به متخصصان سرطان بدهد. هم‌اکنون ما با مراکز اصلی کلینیک جهانی سرطان همکاری می‌کنیم. مدل کاری ما همکاری و ارتباط است. ما توالی‌یابی جامعی از تومور و ژنوم بیمار انجام می‌دهیم. به دستگاه ایمنی و ترکیب ژنی او نگاه می‌کنیم و تومور را به روشی نوین و دقیق کاملا مشخص می‌کنیم. می‌توانیم به بیمار بگوییم کدام دارو در درمان تومورهایش مناسب است و کدام دارو برای او خاصیتی ندارد. مارکرهای سلول‌های سرطانی را برای به‌کارگیری ایمنی‌درمانی یا واکسن سرطان شناسایی می‌کنیم.

دورنمای این کار شما چگونه است؟ این کار چه تفاوتی با کارهای دیگران دارد؟

هدف اصلی ما برقراری پیوند دقیق میان تفاوت‌های ژنی یا صفات یا شرایط کلینیکی است. ما هنوز در سطح حدود یک درصد در حد توانایی تفسیر دقیق نرم‌افزار ژنتیک انسانی‌مان هستیم. باوجوداین، همین حالا فقط با آنالیز کد ژنتیک شما می‌توانیم تصویری از شما تهیه کنیم. می‌توانیم به شما بگوییم قد شما چقدر باید باشد، شاخص توده بدنی (BMI) شما چقدر باید باشد و رنگ چشم و رنگ موی شما کدام است. ما در حال به‌دست‌آوردن برنامه سخت‌افزاری هستیم که هرکدام از ما را ساخته است؛ شکل بینی و وضعیت نخاع شما. آیا نخاع شما به اندازه‌ای باریک است که در آینده برای شما مشکل‌آفرین خواهد بود. در این مرحله، مقداری آمار و احتمالات درباره چگونگی ترکیب ژنی شما که بر شما مؤثر است، در اختیار داریم. باید بتوانیم کارمان را بهتر انجام دهیم. ژنوم ما کدهایی برای همه سخت‌افزار بدن ما دارد. تعیین می‌کند که ما چه کسی هستیم و حتی مقدار زیادی از رفتار ما و فرایندهای فکری ما را هم تعیین می‌کند. ما نمی‌دانیم چگونه هرکدام از اینها را از روی ژنوم بخوانیم. برای اینکه موفق شویم، به تعداد زیادی انسان نیاز داریم.

بهای این سرویس چقدر است؟

مؤسسه هسته سلامت قیمت آن را ۲۵ هزار دلار تعیین کرده است. ما تعداد زیادی دستگاه بسیار پیچیده داریم که به تعداد زیادی تکنیسین و پزشک نیاز دارند تا با آنها کار کنند و اطلاعات را به افراد بدهند. سود بسیار اندکی در این کار وجود دارد. فکر می‌کنم ۲۵ هزار دلار قیمت مناسبی باشد. فکر نمی‌کنم چیزی شبیه آن در جای دیگری پیدا شود. کارکنان سلامت باید همین کار را کنند؛ چون کشف زودهنگام چیزها، نوعی صرفه‌جویی مالی است و اثر عظیمی بر زندگی انسان‌ها دارد. سازمان‌های بیمه عمر خیلی به این علاقه‌مندند. شرکت‌های بیمه با یافتن چیزهایی که در غربال‌گری نمی‌بینند، مانند اینکه آیا کسی آنوریسم مغزی دارد یا نه، علاقه زیادی به این دارند که بدانند مثلا شخص ۵۰ سال عمر می‌کند یا ۹۰ سال. در ازای ۴۰ میلیون دلار خسارت بیمه، ۴۰ سال تفاوت اهمیت زیادی وجود دارد. وقتی که سرطان در مراحل اولیه تشخیص داده شود، می‌توان به‌آسانی آن را جراحی کرد و برداشت؛ بدون شیمی‌درمانی و پرتودرمانی‌های بعدی.

چین کارهای بسیار زیادی روی توالی‌یابی ژنی با توان بسیار بالا انجام می‌دهد. کار آنها را در مقایسه با کار خودتان چگونه ارزیابی می‌کنید؟

سرمایه‌داران بسیاری از چین داریم که به ما گفته‌اند برنامه ما بسیار پیشرفته‌تر از برنامه چینی‌هاست. آنها هنوز در مراحل بسیار ابتدایی هستند. می‌توان گفت این مسابقه توالی‌یابی ژنوم انسان نوعی بازی مجموع‌صفر است. با هشت میلیارد انسانی که روی زمین زندگی می‌کنند، ژنوم‌های بسیاری برای توالی‌یابی وجود دارد؛ به‌طوری‌که بتوانیم ژنوم را بهتر درک کنیم. ما در حال بررسی راه‌های همکاری با گروه‌های چینی هستیم تا بتوانیم طول عمر آدمی را افزایش دهیم.

در آینده چه کارهای جالب دیگری دارید که انجام دهید.

تصمیم دارم بازنشسته شوم.

www.usnews.com

نگاه از درون

شگفتی‌های جوّ زمین

سحر سرگلزایی . مروج علم

● جوّ شگفت‌انگیز زمین، سیاره آبی‌رنگ و سومین عضو سامانه خورشیدی، در حقیقت پوشش گازی پیرامون سیاره قابل سکونت ماست که به «هوا» معروف است و با نیروی گرانی زمین نگه داشته شده است. ترکیب هوای خشک در تراز دریا عبارت است از: نیتروژن ۷۸،۰۸ درصد، اکسیژن ۲۰،۹۵ درصد، آرگون۰،۹۳ درصد، دی‌اکسید کربن ۰،۰۳ درصد، نئون ۰،۰۰۱۸ درصد، هلیوم ۰،۰۰۰۵ درصد، کریپتون ۰،۰۰۰۱ درصد و زنون ۰،۰۰۰۰۱ درصد. افزون بر بخارآب در جاهایی از هوا ترکیبات سولفور، پراکسید هیدروژن، هیدروکربورها و نیز ذره‌های غبار وجود دارد. در چند ده سال اخیر هم آلاینده‌های فراوان دیگر می‌توان یافت. امروزه هر فرد مطلع از امور کره زمین می‌داند که خلاف ترکیبات مفید جوّ مانند اکسیژن که برای سکونت‌پذیرکردن زمین و بقای انسان و حیوانات ضروری است، بیشتر آلاینده‌های محصول صنایع ایجادشده مشکلات زیست‌محیطی پدید آورده‌اند.

جوّ دارای چهار لایه متمایز است، با مرزهای نادقیق. پایین‌ترین تراز جوّ که بیشترین پدیده‌های «وضع هوا» در آن رخ می‌دهد «وردسپهر» نام دارد. ارتفاع این تراز از هفت کیلومتر در قطبین زمین تا ۲۸ کیلومتر در استوا متغیر است. در این لایه با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یابد. لایه بعدی «پوش‌سپهر» نام دارد که ارتفاع آن به حدود ۵۰ کیلومتر می‌رسد. در این لایه دما با تقریبی مناسب ثابت است. بالای لایه پوش‌سپهر تا زیر لایه «گرم‌سپهر»، لایه «میان‌سپهر» قرار دارد. در میان‌سپهر با صعود در ارتفاع دما پایین می‌آید و در جایی به نام مزوپاوز یا «میان‌ایست» به کمینه مقدار خود می‌رسد. اطلاعات ماهواره‌ای لایه میان‌سپهر را بسیار خشک نشان می‌دهند؛ اما در ماه‌های تابستان رد بسنده بخار آب دیده می‌شود. شاهد عینی آن هم ابرهای معروف به شب‌درخش نقره - آبی‌فام در نزدیکی میان‌ایست است. از لای میان‌سپهر، یعنی لایه میانی جوّ گرم‌سپهر آغاز می‌شود. به زبان دیگر از ارتفاع ۸۵ کیلومتری میان‌ایست شروع و تا ارتفاع ۵۰۰ کیلومتری زیر برون‌سپهر گسترده است و یون‌سپهر را شامل می‌شود. در گرم‌سپهر دما با افزایش ارتفاع بالا می‌رود و در نقطه «گرم‌ایست» تا هزارو ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. پدیده‌های این ناحیه شهاب‌ها و شفق‌ها هستند. در یون‌سپهر که درون گرم‌سپهر قرار گرفته، دما به‌شدت بالاست و ترکیب آن بسیار متفاوت است. از ارتفاع حدود صد کیلومتر و بالاتر بیشترین اکسیژن هوا به اتم‌ها شکسته می‌شود. از حدود ارتفاع ۱۵۰ کیلومتر درصد اندازه نیتروژن به صفر می‌رسد. در یون‌سپهر گازها بر اثر جذب تابش خورشید یونیده‌اند. این پدیده امکان می‌دهد که گسیل‌های رادیویی خم سطح زمین را دور بزنند و این گاز یونیده برای پاره‌ای از طول‌موج‌ها نقش «بازتابگر» را ایفا می‌کند. یون‌سپهر به سه لایه تقسیم می‌شود: لایه D در حدود ۵۰ تا ۹۰ کیلومتر است و غلظت الکترون‌های آزاد آن کم است و موج‌های رادیویی بسامد پایین را بازمی‌تابانند. لایه E، ۹۰ تا ۱۵۰ کیلومتر است که آن را «لایه هویساید» یا «لایه هویساید- کنلی» نیز می‌گویند؛ زیرا وجود آن را اُلیور هویساید و آرتور کنلی به طور مستقل کشف کردند. این لایه موج‌های رادیویی متوسط را بازمی‌تابانند. لایه F از ۱۵۰ تا هزار کیلومتر بوده و به سبب اینکه سِر ادوارد آپلتون آن را کشف کرد، «لایه آپلتون» نیز نامیده می‌شود. این لایه پر از الکترون‌های آزاد و برای گسیل‌های رادیویی بسیار سودمند است. طول‌موج‌های میان هشت میلی‌متر تا ۲۰ متر را یون‌سپهر بازنمی‌تاباند و به فضای بیرون فرار می‌کنند؛ بنابراین برای گسیل‌های تلویزیونی که این موج‌ها را به کار می‌برند، برای بازتاب یا گرفت، تقویت و بازگسیل باید از ماهواره‌ها استفاده کنند. از ارتفاع حدود ۴۰۰ کیلومتر تا دوردست‌ترین ناحیه جوّ را بیرون از جوّ به شمار آورده و آن را «برون‌سپهر» می‌نامند.

از ارتفاع بالای ۵۰۰ کیلومتر جوّ به‌تدریج رقیق شده و وارد فضای میان‌سیاره‌ای می‌شویم؛ بنابراین در برون‌سپهر چگالی ذرات جوّ خیلی کم است. برای مثال در ارتفاع هزارکیلومتری تنها 7.3×10^{5} ذرّه در هر سانتی‌متر مکعب وجود دارد. این مقدار را مقایسه کنید با 2.5×10^{19} در تراز دریا. در چنین شرایطی برخورد میان ذره‌ها خیلی کمیاب است.

در علم هواشناسی جوّ آزاد بخشی از جوّ زمین است که لایه مرزی سیاره است. با اثر مالش سطح زمین قابل‌چشم‌پوشی است بر روی حرکت هوا. جایی که به طور معمول هوا را شاره آرمانی در نظر می‌گیرند.

جوّ زمین سرشار از شگفتی است و پیش‌بینی رفتار آن نیازمند محاسبات پیچیده و رایانه‌های پرتوان محاسباتی. رفتار جو تأثیر مستقیم بر زندگی روزمره مردم و حتی اقتصاد کشورها دارد. حتی سرنوشت جنگ‌ها نیز با رفتار جوّ تغییر کرده است. نمونه بارز آن زمین‌گیرشدن ارتش آلمان در خاک شوروی است. امروزه در بیشتر دانشگاه‌های دنیا رشته هواشناسی وجود دارد و حتی در مواردی دانشجویان رشته‌هایی نظیر فیزیک، ژئوفیزیک و زمین‌شناسی این امکان را دارند تا درس اختیاری هواشناسی را بگذرانند.