افق‌های نو

ربات‌های پرنده در خدمت علم

ترجمه: فاطمه آقاجانی

● همه آن چیزی که درباره تکامل پرواز می‌دانیم، این است که حدود ۱۵۰ میلیون سال قبل، جنگل‌ها مملو از دایناسورهای پرنده‌ای مثل «آرکئوپتریکس» (یا شاید هم دایناسورهای که روی هوا سُر می‌خوردند) بود که به اجداد پرندگان امروزی شباهت بسیاری دارد؛ اما آنچه نمی‌دانیم، این است که اجداد پرندگان پیش از آنکه بتوانند پرواز کنند، از بال‌های ابتدایی خود چه استفاده‌ای می‌کردند؟ در تحقیقی که در شماره اخیر «Bioinspiration & Biomimetics» چاپ شده است، می‌توان به اطلاعات جالب‌توجهی در این زمینه دست پیدا کرد. این اطلاعات از بررسی‌های انجام‌شده روی فسیل‌ها حاصل نشده است؛ بلکه از تحقیقاتی که روی ربات‌های پرنده انجام شده، به دست آمده است.

درباره چگونگی تکامل پرواز اولیه، دو نظریه اصلی وجود دارد. براساس نظریه «سقوط از درخت»، جانداران از بال‌های ابتدایی خود برای سُرخوردن از ارتفاعات استفاده می‌کردند. نظریه «بلندشدن از زمین» نیز بیان می‌کند که اجداد پرندگان از بال‌هایشان برای دویدن سریع روی زمین و در ادامه بلندشدن از سطح زمین استفاده می‌کردند؛ اما مسئله اصلی درباره نظریه «بلندشدن از زمین» این است که رسیدن به سرعت زیاد، نیازمند بلندشدن از زمین است. مقایسه‌های انجام‌شده بیانگر آن است که پیشرفت‌های تدریجی صورت‌گرفته در شیوه «سُرخوردن» ممکن است به پرواز منجر شده باشد. گفتنی است شواهد فسیلی نتوانسته است به حل این موضوع چندان کمک کند.

«رونالد فیرینگ» و «کوین پترسون»، مهندسان دانشگاه برکلی کالیفرنیا درباره تکامل پرواز، هیچ پیش‌زمینه و فکری نداشتند تا اینکه ربات ۲۵گرمی خود را ساختند. این ربات که DASH+Wings یا Dynamic Autonomous Sprawled Hexapod نام دارد، یک ربات شش‌پای کوچک و در واقع یکی از انواع ربات‌هایی است که ارتش آمریکا برای انجام کارهای تجسسی ساخته است. «فیرینگ» می‌گوید: «ربات‌های کوچک زمین‌رو اغلب برای بالارفتن از ارتفاعات و پریدن روی اشیا با مشکلات عدیده‌ای مواجه هستند؛ به‌همین‌دلیل ما توجه خود را روی سیستم حرکتی هیبریدی متمرکز کرده و برای بهترشدن حرکت تصمیم گرفتیم که بال‌های تکان‌خورنده و پاها را با هم ترکیب کنیم»؛ اما هنگامی که آنها بال‌ها را به ربات DASH اضافه کردند، متوجه شدند که این ابزار می‌تواند در پاسخ به پرسش تکاملی منشأ پرواز مفید باشد. به‌همین‌دلیل گروه تصمیم گرفت که در این زمینه با «رابرت دادلی»، دیرینه‌زیست‌شناس دانشگاه برکلی، تماس بگیرند و از او بخواهند که به گروه ملحق شود. گروه برای بررسی ربات و پاسخ دادن به سؤالات خود، مسابقات مینی‌المپیکی را برای DASH+Wings ترتیب دادند. ربات روی زمین با سرعت زیادی حرکت می‌کرد. از روی تپه‌ها با سرعت خارق‌العاده‌ای بالا می‌رفت و هنگامی‌که در ارتفاعات قرار می‌گرفت، برای اینکه از مبدأ پرش، حداکثر فاصله را بگیرد، از شیوه سُرخوردن کمک می‌گرفت. در همه این حالت‌ها، گروه عملکرد ربات را در دو حالت «ربات بدون بال» و «ربات با بال متحرک» و «ربات با بال ساکن» مقایسه و همه اندازه‌گیری‌ها با استفاده از شتاب‌سنج و دوربین اندازه‌گیری شد.

«پترسون» درباره آزمایش‌های انجام‌شده و نتایج آن می‌گوید: «داشتن یک جفت بال متحرک در هر آزمایش، به ربات بسیار کمک می‌کرد، به‌ویژه در سُرخوردن از ارتفاعات. بال‌های متحرک به ربات امکان می‌داد به‌آسانی از تپه‌ها بالا برود و هنگام دویدن روی زمین باعث افزایش سرعت ربات می‌شد؛ اما تنها تا ۹۰ درصد و این رقم از ۴۰۰ درصد لازم برای پرواز، فاصله زیادی دارد. در آزمایش سُرخوردن از ارتفاعات، بال‌های متحرک به ربات امکان می‌داد که بتواند از مبدأ پرواز فاصله بگیرد. درواقع این بال‌ها همانند یک بادبان به ربات کمک می‌کردند تا حداکثر فاصله را از مبدأ پرواز خود بگیرد و این حالت در مقایسه با زمانی که ربات به بال‌های ثابت مجهز شده بود، بسیار بیشتر به چشم می‌آمد. این نتایج به طور غیرمستقیم از این نظریه پشتیبانی می‌کند که پرواز در جانوران سقوط‌کننده از درخت تکامل یافته است، نه از جانوران زمین‌زی که باید با سرعت زیاد روی زمین می‌دویدند و سپس از سطح زمین بلند می‌شدند».

«برندون جکسون» زیست‌شناس تکاملی دانشگاه مونتانا، در میسوئولا می‌گوید: «این تحقیق، مثال زیبایی است از اینکه چگونه ربات‌های نسبتا ساده‌ای که با الهام از موجودات زنده ساخته شده‌اند، می‌توانند در انجام آزمایش‌هایی که بسیار مشکل هستند یا امکان تست آنها در موجودات زنده وجود ندارد، به دانشمندان کمک کنند». او در ادامه می‌افزاید: «نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش از نظریه سُرخوردن در هوا پشتیبانی می‌کند؛ اما این احتمال را که ممکن است اجداد پرندگان آن‌قدر با سرعت زیاد دویده باشند که در نهایت از سطح زمین بلند شده باشند، رد نمی‌کند». در واقع می‌توان گفت که درحال‌حاضر نمی‌توان به پاسخ مستدل و قانع‌کننده‌ای برای منشأ پرواز پرندگان دست پیدا کرد.

www.sciencemag.org

محل جدایِش اجداد انسان‌ها و کَپی‌های بزرگ

کشف بقایای گونه‌ای با قدمت ۷/۲ میلیون سال و مربوط به دودمان پیش از سَرده انسان در شبه‌جزیره بالکان

سروش سارابی

بر اساس تحقیقات جدید بین‌المللی صورت‌گرفته به سرپرستی پروفسور مادلین بوهمه[1] از مرکز فرگشت انسان و دیرین‌مردم‌شناسی دانشگاه توبینگن و پروفسور نیکولای اسپاسوف از آکادمی علوم بلغارستان، جدایی دودمان گونه انسان[2] از کَپی‌های بزرگ (Greate Apes) صدها هزاران سال قبل‌تر از آن چیزی که تا امروز تصور می‌شده، رخ داده است. محققان دو فسیل از Graecopithecus freybergi را با روش‌های جدید و مدرن مورد تحلیل قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این فسیل‌ها به «پیش از سَرده انسان‌ها»[3] تعلق دارند. یافته‌های این دانشمندان در دو مقاله در ژورنال PLOSE ONE منتشر شده است. این دو مقاله بیانگر این موضوع است که برخلاف آنچه تا امروز به طور معمول تصور می‌شد، مبدأ جداشدن دودمان گونه انسان از دودمان کَپی‌های بزرگ در آفریقا نبوده، بلکه این جدایش در مدیترانه-شرقی رخ داده است. شامپانزه‌های امروزی، نزدیک‌ترین گونه زنده از خویشاوند انسان‌ها هستند. به نحوی که آخرین جد مشترک انسان-شامپانزه که وجود داشته است، یک موضوع محوری و مورد بحث در علم «دیرین‌مردم‌شناسی» است. دانشمندان تا امروز معتقد بودند که دودمان‌های ما انسان‌ها و کَپی‌های بزرگ بین پنج تا هفت میلیون سال قبل، از هم جدا شده‌اند و اولین گونه‌های پیش از سَرده انسان‌ها در آفریقا گسترش پیدا کردند. بنا بر نظریه سال ۱۹۹۴ دیرین‌مردم‌شناس فرانسوی، یوس کوپنز، تغییرات آب‌وهوایی در شرق آفریقا در پیدایش این اولین گونه‌های پیش از سَرده انسان، نقش بسیار مهمی داشته است. اما، دو مطالعه مجزا که توسط تیم‌هایی از آلمان، بلغارستان، یونان، کانادا، فرانسه و استرالیا انجام شده است، سناریوی جدیدی برای آغاز تاریخ پیدایش انسان ترسیم می‌کند.

به‌دست‌آمدن شواهد جدید از ریشه‌های دندان

این تیم‌ها فسیل آرواره پایینی پیداشده در یونان و دندان آسیای کوچک بالایی یافت‌شده در بلغارستان را که مربوط به دو گونه شناخته‌شده Graecopithecus freybergi از دودمان Hominid (انسانیان) بودند، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها با استفاده از روش توموگرافی کامپیوتری (تصویربرداری مقطعی دیجیتال) ساختار داخلی فسیل‌ها را بررسی کرده و متوجه شدند که ریشه دندان‌های آسیایی کوچک بالا به شکل گسترده‌ای به آرواره متصل است. پروفسور بوهمه می‌گوید: «درحالی‌که دودمان کَپی‌های بزرگ معمولا دو یا سه ریشه جدا از هم، کرودار و به سمت بیرون دارند، اما ریشه‌های دندان Graecopithecus به شکل فیوزشده و مخروطی است که این قابلیت در دندان‌ها از ویژگی‌های انواع گونه‌های انسان‌های مدرن، انسان‌های اولیه و انواع گونه‌های پیش از انسان (سَرده انسان) مانند Ardipithecus و Australopithecus است. ریشه دندان‌ها در فک پایین که در میان دانشمندان با نام مستعار «El Graeco» شناخته می‌شود، ویژگی‌های دیگری نیز دارد که بیانگر این احتمال است که گونه Graecopithecus freybergi متعلق به دودمان پیش از سَرده انسان‌ها است». جوشِن فوس دانشجوی دکترای دانشگاه توبینگن که در بخشی از این مطالعات مشارکت داشته است، می‌گوید: «ما از نتایج به‌دست‌آمده شگفت‌زده شده‌ایم، چون تا پیش از این انواع گونه‌های پیش از سَرده انسان، در منطقه زیرصحرایی یافت شده بودند (آفریقای سیاه یا زیرصحرایی، اصطلاحی است که برای مناطق جنوب صحرای بزرگ آفریقا به‌کار می‌رود. مرز صحرای بزرگ با مناطق سرسبزتر، اصطلاحا «ساحل صحرا» نامیده می‌شود که آفریقای سیاه در جنوب این «ساحل صحرایی» قرار گرفته است. منطقه صحرایی شمال این نوار مرزگونه، شمال آفریقا نام دارد-ویکی‌پدیا). علاوه بر این Graecopithecus صدها هزار سال قدیمی‌تر از قدیمی‌ترین فسیل فعلی (فسیل شش تا هفت میلیون ساله گونه پیش از سَرده انسان Sahelanthropus یافت‌شده در کشور چاد) است. تیم تحقیقاتی با استفاده از روش‌های فیزیکی، رسوبات موجود در هر دو سایت یونان و بلغارستان (که این فسیل‌ها در آنجا کشف شده بودند) را زمان‌سنجی کرده و (به‌طور هم‌زمان) سن این دو فسیل را نزدیک به ۷.۲۴ و ۷.۱۷۵ میلیون سال قبل به‌دست آوردند. پروفسور بوهمه می‌گوید: «این تاریخ به‌دست‌آمده هم‌زمان با آغاز دوران مسینین است، دورانی که با خشک‌شدن کامل دریای مدیترانه به پایان رسید». پروفسور دیوید بیگان، دیرین‌مردم‌شناس دانشگاه تورنتو و همکار این مطالعات اضافه می‌کند: «این تاریخ‌گذاری به ما اجازه می‌دهد که محل جدایش اجداد انسان‌ها از شامپانزه‌ها را به ناحیه مدیترانه انتقال دهیم».

تغییرات محیطی عامل جداشدن اجداد گونه انسان و شامپانزه‌ها

براساس تئوری خروج از شرق آفریقا، احتمالا تغییرات اقلیمی مخاطره‌آمیز، باعث آغاز فرگشت (تکامل) گونه‌های پیش‌سَرده انسان بوده است. یک تیم به رهبری پروفسور بوهمه، نشان دادند که بیابان صحرای بزرگ آفریقا بیش از هفت میلیون سال پیش تشکیل شده است. این تیم، این نتایج را بر اساس تحلیل‌های زمین‌شناسی رسوب‌های محل کشف این دو فسیل، به دست آورده‌اند. اگرچه این دو فسیل از لحاظ جغرافیایی از صحرای بزرگ آفریقا دور هستند، اما سیلت‌های قرمز موجود در محل فسیل‌ها، دارای شکل دانه‌بندی مناسبی هستند؛ به‌نحوی‌که می‌توان آنها را در طبقه ذرات بیابانی قرار داد. تجزیه‌وتحلیل اورانیوم، توریم و ایزوتوپ‌های سرب در هر ذره گردوغبار به صورت مجزا، سنی بین ۰.۶ تا ۳ میلیون سال و منشأ شمال آفریقا را برای این ذرات نشان می‌دهد. علاوه بر این، رسوب گردوخاک موجود در محل فسیل‌ها، حاوی انواع بسیار متفاوتی از نمک‌ها است. محققان توبینگن می‌گویند: «برای اولین‌بار است که شکل‌گیری بیابانِ صحرای بزرگ آفریقا در ۷.۲ میلیون سال پیش مستند شده است؛ صحرایی که توفان‌های آن گردوخاک قرمزرنگ و محتوی نمک‌ها را به ساحل شمالی دریای مدیترانه منتقل کرده و سپس به شکل فعلی خود درآمده است. این رویداد امروزه هم قابل‌مشاهده است». مدل‌سازی محققان نشان می‌دهد که مقدار گردوخاک در گذشته، بیش از ۱۰ برابر مقدار گردوخاک امروز جنوب اروپا است که این مقدار قابل‌مقایسه با وضعیت امروز منطقه «ساحل» در آفریقا است.

آتش، علف و تنش‌های آبی

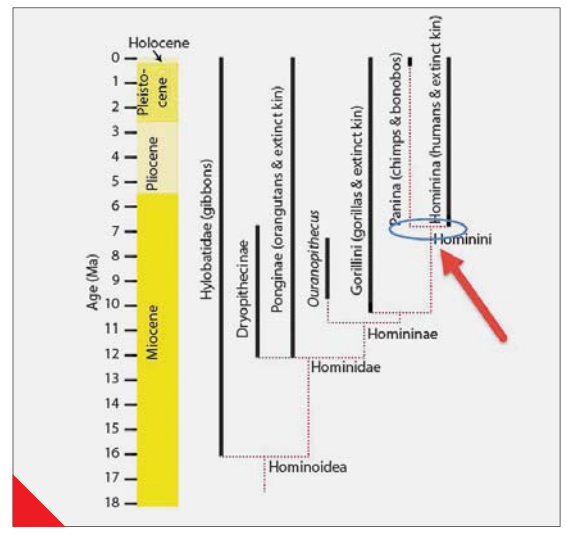
تحقیقات بیشتر محققان نشان می‌دهد هم‌زمان با تشکیل صحرای بزرگ آفریقا در شمال آفریقا، یک زیست‌بومِ «دشت» در اروپا در حال شکل‌گرفتن بوده است. با استفاده از ترکیب روش‌های جدید، محققان قطعات میکروسکوپی ذغال و ذرات سلیکات گیاهان به نام فیتولیت‌ها را مطالعه کردند. منشأ مقدار زیادی از فیتولیت‌های شناسایی‌شده گیاهان هستند؛ به‌ویژه گیاهانی که از مسیرهای سوخت‌وساز مبتنی بر فتوسنتز C4 استفاده می‌کنند؛ روشی که امروزه در میان گیاهان مراتع و دشت‌های گرمسیری متداول است. گسترش عمومی گیاهان C4، هشت میلیون سال قبل در شبه‌قاره هند آغاز شد و تا قبل از این، حضور آنها در اروپا ناشناخته بود. پروفسور بوهمه اضافه می‌کند: «تجزیه‌وتحلیل پیشینه فیتولیت بیانگر شواهدی از خشک‌سالی‌های شدید و تجزیه‌وتحلیل ذغال‌ها نشان‌دهنده وقوع آتش‌سوزی‌های متعدد در میان گیاهان بوده است». اسپاسوف نیز دراین‌باره می‌گوید: «درنهایت ما دشتی را بازسازی کردیم که در کنار Graecopithecus مناسبِ حضور زرافه‌ها، غزال‌ها، بزهای کوهی و کرگدن‌ها بوده است». پروفسور بوهمه می‌گوید: «احتمالا تشکیل یک بیابان در شمال آفریقا در هفت میلیون سال قبل و گسترش دشت‌ها در جنوب اروپا، در جدایش دودمان گونه انسان از گونه شامپانزه‌ها، نقش محوری و اصلی داشته‌اند». او می‌افزاید: «فرضیه داستان گذر از سمت شمال، بازخوانی تِز ایو کاپنس است که تحت عنوان «داستان گذر از شرق» شناخته می‌شود».

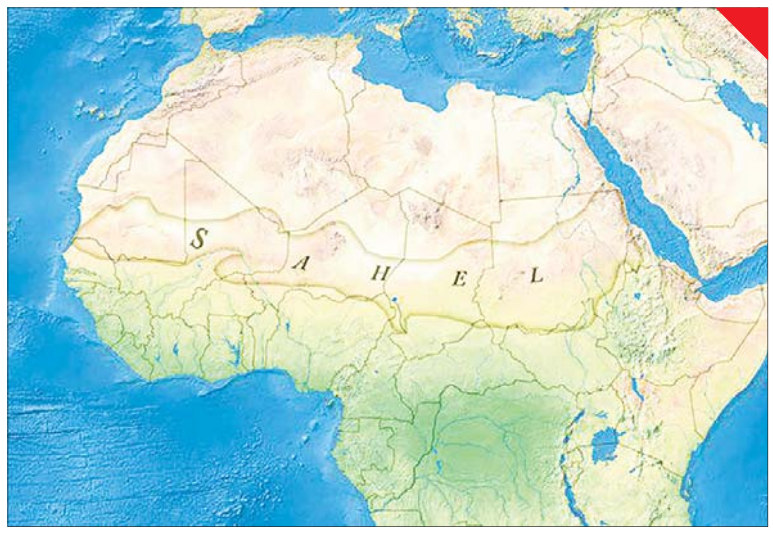
پی‌نوشت‌ها:

۱- در زبان آلمانی نام خانوادگی Böhme به صورت بوهمه تلفظ می‌شود.

۲- در این نوشته منظور از انسان، گونه انسان خردمند یا هومو ساپینس است.

۳- در متن مقاله از کلمه pre-human استفاده شده است که این‌جانب این عبارت را به پیش از سَرده انسان ترجمه کردم. (سَرده یا جِنس (برابر لاتین Genus) یکی از هشت طبقه ارائه‌شناختی در طبقه‌بندی علمی جانداران است). در واقع منظور نویسنده مطلب از pre-human اشاره به همه ارائه‌های قبل از سَرده هومو (Homo) بوده است.





ناحیه یا زون انتقالی بین صحرای بزرگ آفریقا و ساوان‌های (علفزار) استوایی (ناحیه سودان) است

این محدوده بزرگ بازمی‌گردد به حد فاصل جدایش زیرتبار انسان‌تباریان Hominina از زیرتبار Panina که شامل شامپانزه‌ها و بونوبوها می‌شود

صورت و بدن انسان در هزار سال بعد

تکامل بیولوژیک، مهندسی ژنتیک و مفهوم ترابشریت در تغییر ساختار هویتی آینده انسان چه نقشی دارند؟

عبدالرضا ناصرمقدسی
متخصص مغز و اعصاب

هزار سال بعد گونه هومو ساپینس چگونه خواهد بود؟ از نظر تکاملی چه تغییراتی پیدا خواهد کرد؟ آیا هنوز در نظر انسان هزار سال بعد، زیبایی‌های بدن همان چیزی هستند که ما اکنون می‌پسندیم؟ یا نه، ممکن است اندامی چون پا یا دست اندام‌های زائدی در نظر بیایند که انسانِ آن روزها سعی در حذف آن توسط جراحی پلاستیک برای هرچه‌زیباترکردن خود داشته باشد؟ وقتی به مجسمه‌های یونان یا روم باستان نگاه می‌کنیم از هر لحاظ معیارهای زیبایی حتی امروزی را در خود مستتر دارند، اما فکر نمی‌کنم چنین چیزی درباره انسان هزار سال بعد صادق باشد.

تحقیقات نشان می‌دهد تکامل یا فرگشت موضوعی است که به‌طور مستمر در حال تداوم و انجام است. حتی انسان‌های امروزی نیز بسته به شرایط و اقلیمی که در آن زندگی می‌کنند، تغییر یافته‌اند. یکی از بهترین تحقیقات دراین‌باره مربوط به ساکنان ارتفاعات هیمالیا است که توانسته‌اند خود را با شرایط کمبود اکسیژن در آن ارتفاعات به‌خوبی وفق دهند.

پس یکی از موضوعاتی که می‌تواند بیولوژی ما را تغییر دهد، تغییر شرایط اقلیمی است. گرمای تابستان امسال که به اثر گلخانه‌ای داغ شهرت یافت، نشان می‌دهد که اقلیم به‌شدت در حال تغییر است و اگر گونه هومو ساپینس بخواهد بقا یابد، باید خود را همسو با این تغییرات، تغییر دهد. توجه به این موضوع، زمینه‌ای برای نظریه‌پردازی ایجاد کرده است. پس اولین سؤال این خواهد بود که اقلیم در هزار سال دیگر چگونه خواهد بود؟ آیا ممکن است زمین، دیگر محلی مناسب برای زندگی نباشد و گونه انسان مجبور به ترک آن و زندگی در سیاره‌ای دورتر با نور کمتر شود؟ در این محیط بسیار متفاوت، بی‌شک انسان‌هایی که به وجود می‌آیند، تفاوت‌های ماهوی با ما خواهند داشت. جاذبه، محیط پیرامونی، میزان اکسیژن موجود در اتمسفر فرضی و نوع غذای مصرفی همه و همه از عواملی هستند که در آن محیط، متفاوت خواهند بود و همین تفاوت سبب می‌شود انسانی که در آنجا رشد می‌کند، با ما بسیار متفاوت باشد. اتفاقا این موضوع، سوژه پیش‌بینی‌های هنرمند و محققی با نام نیکولای لام شده است. او این سؤال را دنبال می‌کند که در ۱۰۰ هزار سال بعد انسان‌ها به چه شکلی خواهند بود. آنچه او متصور می‌شود چندان تفاوتی با آدم‌های فضایی فیلم برخورد نزدیک از نوع سوم اسپیلبرگ ندارد: انسان‌هایی با چشمانی بزرگ، پوست‌هایی رنگین و پیشانی‌ای بزرگ. در واقع او استدلال می‌کند که در آینده، دو موضوع، اساس این تغییرات خواهند بود؛ اولینِ آن تغییر بارز در محیط اطراف ما و آنچه به‌عنوان اکولوژی ما محسوب می‌شود و دومین آن کنترل بهتر و شدیدتری است که انسان بر بیولوژی خود براساس تکنولوژی‌هایی مانند مهندسی ژنتیک پیدا خواهد کرد.

در وهله اول به‌دلیل بزرگ‌شدن مغز ما، پیشانی‌ها نیز برجسته‌تر و بزرگ‌تر خواهد شد. به نظر می‌رسد این موضوع ادامه روند عادی تکاملی سَرده هومو محسوب شود. لوب پیشانی در عرصه تکامل انسان نقش مهمی دارد. از لوب پیشانی با عنوان لوب تمدنی نیز یاد می‌شود، زیرا بسیاری از عملکردهای عالی انسان مانند زبان و نیز عملکرد اجرائی انسان مربوط به این لوب است. به غیر از بزرگ‌ترشدن پیشانی، اتفاق دیگری نیز برای انسان خواهد افتاد. با تغییر محیط زیست زمین، افزایش جمعیت و کمبود منابع غذایی، انسان مجبور می‌شود به سیاره‌های دیگر با نور کمتر مهاجرت کند. زندگی در نور کمتر سبب می‌شود چشم‌های بزرگ‌تری داشته باشیم، چشم‌هایی که بتوانند نور بیشتری را جذب کنند.

همین لزوم جذب نور بیشتر سبب می‌شود رنگ‌دانه‌های پوستی ما نیز تغییر یافته و تیره‌تر شود. بنا به گفته این محقق، البته زیبایی هنوز در کانون توجه انسان است. بنابراین والدین با کمک دستکاری‌های ژنتیکی به دنبال فرزندانی هستند که در صورت و بدن، تقارن بیشتری داشته باشند و درعین‌حال بینی‌های مستقیم‌تری داشته باشند. اما این صرفا گوشه کمی از اتفاقاتی است که می‌تواند به‌عنوان آینده‌های محتمل در کمین نوع انسان و فرگشت او باشد. در واقع همان‌طورکه ذکر شد این فقط تکامل بیولوژیک نیست که ساختار هویتی انسان را تغییر خواهد داد. مهندسی ژنتیک و نیز مفهوم ترابشریت یا انسان- ماشین جزء موضوعات بسیار مهمی هستند که چهره انسان را تغییر خواهند داد.

به نظر می‌رسد این حیطه‌های جدید که توسط خود انسان در حال شکل‌گرفتن هستند مورفولوژی او را نیز به‌شدت تغییر خواهند داد. ترکیب انسان- ماشین ابتدا در عرصه پزشکی ظهور کرد. انسان از تکنولوژی برای بهترکردن نقص‌های بدنی خود استفاده کرد. از پروتزها برای جایگزینی پا و دست آسیب‌دیده استفاده شد و حتی این پروتزها به درون بدن انسان نیز رسوخ کردند. اما چیزی نگذشت که این سؤال برای انسان پدید آمد که آیا می‌توان از پروتزها برای ارتقای شرایط خود استفاده کرد؟ مثلا حس شنوایی یا بینایی را ارتقا بخشید تا دنیا را به شکلی دیگر و با دقتی بیشتر دید؟ همین سؤال بانی مفهومی به نام ترابشریت شده است که می‌توان از آن به‌عنوان مقدمه‌ای برای سایبورگ‌ها یاد کرد. اکنون دیگر سایبورگ‌ها محدود به فیلم‌های علمی-تخیلی نیستند. بلکه سایبورگ‌ها به‌عنوان واقعیتی شناخته می‌شوند که بسیار زودتر از آنچه فکر می‌کنیم فراگیر خواهند شد. در این صورت فرگشت و تکامل انسان بسیار فراتر از تغییرات بیولوژیک ناشی از تغییر اقلیم خواهد بود. شاید سایبورگ‌ها بتوانند در برابر تغییرات اقلیمی مقاومت کنند. اینها توانایی‌هایی است که انسان- ماشین می‌تواند به گونه هومو ساپینس ببخشد و به‌طورکلی آن را از روند معمول تکامل بیولوژیکی جدا کند و ما اصلا آنچه را درباره رشد پیشانی یا تغییر رنگ‌دانه‌های پوستی گفتیم، شاهد نباشیم.

رو به فردا

حفره اُزن در مسیر بهبودی

نگار کرمیان

● «به نظر می‌رسد ۳۰ سال پس از آنکه یک معاهده بین‌المللی استفاده از کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCs) را ممنوع اعلام کرد، حفره اُزن در جنوبگان در حال ترمیم‌شدن است. درصورتی‌که همه‌چیز خوب پیش برود، از حوالی ۲۰۵۰ (۱۴۲۸ش) تا ۲۱۰۰ (۱۴۷۸ ش) شاهد ترمیم کامل حفره اُزن خواهیم بود. این خبر، به ما یادآور می‌شود درصورتی‌که کشورهای جهان با هم متحد عمل کنند، می‌توانند مشکلات زیست‌محیطی را حل کرده و موانع را از پیش پای خود بردارند».

آنچه خواندید بخشی از صحبت‌های «سوزان سولومون» (Susan Solomon)، شیمی‌دان اتمسفر در ام‌آی‌تی (مؤسسه فناوری ماساچوست) است. او در ادامه می‌افزاید: «فکر می‌کنم باید به خودمان تبریک بگوییم که توانسته‌ایم این کار را به نحو احسن انجام دهیم». «سولومون» نویسنده ارشد تحقیقی است که ژوئیه ۲۰۱۶ (۱۳۹۵ ش) در مجله ساینس منتشر شد. در این تحقیق، به شواهد آشکاری اشاره شده که نشان می‌دهد حفره اُزن در جنوبگان در طولانی‌مدت ترمیم خواهد شد. محققان دلیل این ترمیم را امضای معاهده مونترال در سال ۱۹۸۷ (۱۳۶۵ ش) می‌دانند. معاهده مونترال، استفاده از ترکیبات کلردار در خنک‌کننده‌های یخچال و آئروسل‌ها را ممنوع اعلام کرد؛ چراکه دانشمندان پی برده بودند این مواد شیمیایی به استراتوسفر راه یافته و سبب ازبین‌رفتن لایه اُزن می‌شوند. محققان از سال ۱۹۸۰ (۱۳۵۸ ش) در حال پایش حفره اُزن در جنوبگان هستند. این حفره هر سال در اواخر آگوست یا اوایل سپتامبر گسترده می‌شود و در ماه اکتبر به کامل‌ترین اندازه خود می‌رسد. اندازه حفره اُزن هر سال نسبت به سال قبل متغیر است؛ چراکه واکنش‌های شیمیایی‌ای که به نابودی اُزن منجر می‌شوند، به تغییرات نور خورشید، دما و پوشش ابرهای استراتوسفر بسیار حساس بوده و از آنها تأثیرپذیر هستند. برای محققانی که در جست‌وجوی نشانه‌هایی از ترمیم اُزن هستند، دریافت یک نشانه بسیار ضعیف در یک پس‌زمینه بسیار شلوغ و پر از افت‌وخیز، بسیار دشوار است. هنگامی که اندازه حفره اُزن به ۲۳ میلیون کیلومترمربع رسید (حدود ۲۰ درصد بزرگ‌تر از سال گذشته)، این مسئله علاقه «سولومون» و همکارانش را به بررسی بیشتر موضوع تحریک کرد. «سولومون» می‌گوید: «این وضعیت بسیار غیرمنتظره بود و ما فکر کردیم علت موضوع شاید به بروز آتشفشان‌ها مربوط باشد». او در ادامه توضیح می‌دهد که هنگام فوران آتشفشان، آئروسل‌ها در فضا منتشر می‌شوند و به تشکیل ابرهای قطبی استراتوسفری کمک می‌کنند (آئروسل به معنی ذرات جامد یا قطره‌های مایع پراکنده در گاز است. رنگ‌ها، بوبرها، خوشبوکننده‌ها، حشره‌کش‌ها و پاک‌کننده‌های اجاق گاز از انواع آئروسل‌ها هستند). این ابرها به نوبه خود به افزایش سطح واکنش‌های ازبین‌برنده اُزن منجر می‌شوند.

تیم تحقیقاتی دکتر «سولومون» نشان داد مجموعه‌ای از فوران‌های آتشفشان «کالبوکو» (Calbuco) در نیمکره جنوبی به گسترده‌ترشدن بهاره حفره اُزن منجر شده است؛ اما «سولومون» می‌گوید: «ما دریافتیم آب‌وهوا در سپتامبر به اندازه اکتبر متغیر نیست و همین پدیده موجب می‌شود از فعالیت‌های آتشفشانی کمتر تأثیر بپذیرد». همین موضوع موجب شد محققان به این نتیجه برسند که ماه سپتامبر ممکن است بهترین ماه برای پایش نشانه‌های نامحسوس ترمیم اُزن باشد. بنابراین گزارش‌های سپتامبر سال‌های ۲۰۰۰ (۱۳۷۸ش) تا ۲۰۱۵ (۱۳۹۴ ش) را بازبینی کردند. این اطلاعات مقدار بازشدن حفره اُزن، متوسط اندازه آن، عمق آن، وضعیت اقلیمی و فعالیت‌های آتشفشانی را در بر می‌گرفت. «سولومون» می‌گوید: «ما متوجه شدیم چون کلر کمتری در اتمسفر وجود دارد، بنابراین ۱۰ روز بعد از آنکه کلر مصرفی توسط انسان به اتمسفر وارد می‌شود، حفره اُزن شروع به گسترش می‌کند و همین مسئله بر میانگین بازشدن حفره اُزن در ماه سپتامبر تأثیر شگرفی دارد». تجزیه و تحلیل‌های تیم تحقیقاتی «سولومون» نشان داد اندازه حفره اُزن در ماه سپتامبر از سال ۲۰۰۰ (۱۳۷۸ ش) به‌طور متوسط ۴.۵ میلیون کیلومترمربع کاهش یافته است.

«سوزان استراهان» (Susan Strahan)، شیمی‌دان اتمسفر در ناسا که در این تحقیق شرکت نداشته است، می‌گوید: «این اخبار بسیار دلگرم‌کننده هستند، بااین‌حال بسیار زود است بگوییم ترمیم حفره اُزن چه سرنوشتی خواهد داشت؛ چراکه کلروفلوئوروکربن‌های مختلفی در اتمسفر وجود دارند که مقدار برخی از آنها کاهش یافته و قطعا بر مقدار برخی از آنها در آینده افزوده خواهد شد». بااین‌حال بسیاری از محققان انتظار دارند حوالی سال ۲۰۶۰ (۱۴۳۸ ش) حفره اُزن به‌طور کامل ترمیم شود. «استراهان» در خاتمه می‌گوید: «با تمام شبهه‌های موجود، این خبر بسیار مهم است؛ چراکه بسیاری از مردم فکر می‌کنند داستان‌های زیست‌محیطی همیشه پایانی تلخ دارند؛ اما در این مورد می‌توانیم بگوییم حفره اُزن ترمیم خواهد شد، فقط ممکن است کمی زمان ببرد».