نگاه نو

ژن‌ها و پیچیدگی حیات

امیر رحمانی

● زیست‌شناس نامی، سر فرانسیس کریک، سال‌ها قبل در انتقاد از مبانی زیست‌شناسی فرگشتی از عبارت «انگاره‌محوری متعصبانه در زیست‌شناسی» استفاده کرد که هرچند منتقدان زیادی داشت، اما عبارتی جاودانه شد و پس از گذشت چند دهه، هنوز مورد مناقشه است.

اما مفهوم عبارت فوق چیست؟ دانش ما از فرایندهای ژنتیکی با مطالعه سلول‌های ساده پروکاریوتی شروع شد که در آن هر یک از ژن‌ها برای تولید یک پروتئین به کار می‌رود. در فرایند بیان ژنی در یک باکتری، کدهای ژنتیکی از دی‌ان‌ای به آران‌ای انتقال یافته و سپس ریبوزوم‌ها به مولکول آران‌ای متصل شده و پروتئین تولید می‌شود. انتقال اطلاعات در این فرایند یک‌طرفه است: از دی‌ان‌ای به آران‌ای و سپس به پروتئین.

دانشمندان به‌سادگی تصور کردند که مشابه همین فرایند در ارگانیسم‌های پرسلول یوکاریوتی اتفاق می‌افتد و هر ژن مسئول کدکردن یک پروتئین است که سر فرانسیس کریک آن را انگاره جزمی زیست‌شناسی نامید؛ از جمله اولین ارگانیسم‌های پرسلولی که ژنوم آنها مورد مطالعه قرار گرفت، مگس سرکه و کرم خاکی بودند. تصور می‌کنید کدام‌یک ژن‌های بیشتری دارند؟ ممکن است برخی بگویند مگس سرکه، چون موجود پیچیده‌تری است. اما پاسخ، کرم خاکی است. در کمال تعجب کرم خاکی ۱۹ هزار ژن و مگس سرکه ۱۳ هزار ژن دارد. حال درباره تعداد ژن‌های انسان چه تصوری دارید؟

دانشمندان تصور می‌کردند با پیچیده‌ترشدن یک ارگانیسم، تعداد ژن‌ها نیز به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند و پیش‌بینی می‌کردند که انسان باید حدود صد یا ۱۵۰هزار ژن داشته باشد. اما توسعه تکنولوژی و توالی‌یابی ژنوم انسان نشان داد ک ما چیزی حدود ۲۵ هزار ژن داریم که با تعداد ژن‌های موش یا گیاه خردل تفاوت زیادی ندارد. پس چگونه است که این تعداد اندک ژن برای تولید صدها هزار و شاید حتی میلیون‌ها پروتئین مورد استفاده قرار می‌گیرند؟

جواب این است که ژن‌های یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از ژن‌های پروکاریوت‌ها و چندبخشی هستند. قسمت‌های کوچکی از ژن که اگزان نامیده می‌شود، برای کدکردن پروتئین مورد استفاده قرار می‌گیرند. بین هر دو اگزان رشته طویلی از نوکلئوتیدها قرار دارد که در فرایند بیان ژنی حذف شده و برای پروتئین‌سازی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این ناحیه از ژن، انتران نامیده می‌شود. در بسیاری از ژن‌ها، بیش از ۹۵ درصد طول ژن را انتران تشکیل می‌دهد. برای مثال ژن دیستروفین را در نظر بگیرید که دومین ژن طویل در انسان است. این ژن یک پروتئین ضروری برای ماهیچه را کد می‌کند و شامل دو میلیون و ۲۰۰ هزار جفت پایه است. این ژن دارای ۷۹ اگزان و ۷۸ انتران است و طول فقط یکی از انتران‌ها ۴۰۰ هزار جفت نوکلئوتید است.

برای اینکه تصویر خوبی از اندازه و شکل این ژن به دست بیاورید، طنابی به طول ۳۰ متر را تصور کنید که ۷۹ لکه رنگی روی آن وجود دارد. پس از برش‌خوردن و حذف قسمت‌های سفید، آنچه باقی می‌ماند، فقط ۳۰ سانتی‌متر طول دارد که شامل اگزان‌های لازم برای تولید پروتئین است. اما اگزان‌ها در طی بیان ژن می‌توانند با ترتیب‌های متفاوتی در کنار یکدیگر قرار گرفته و پروتئین‌های متفاوتی بسازند که به آن بر خوردن اگزانی می‌گوییم. اگر تصور کنیم هر ترکیبی از این اگزان‌ها به‌طور بالقوه می‌تواند برای تولید یک پروتئین به کار آید، پس با داشتن ۷۹ اگزان، این ژن بالقوه می‌تواند ۱۰ به توان ۱۱۷ پروتئین مختلف تولید کند. البته این یک فرض درست نیست و می‌دانیم طبیعت اجازه نمی‌دهد هر ترکیبی از اگزان‌ها در کنار یکدیگر قرار گیرند، ولی به‌یقین می‌دانیم یک ژن در سلول‌های مختلف بدن و در فرایندهای متفاوت، قادر است تعداد بی‌شماری پروتئین تولید کند و تفاوت موجودات پیچیده با موجودات ساده‌تر، نه در تعداد ژن، بلکه در تعداد اگزان‌ها و انتران‌ها و توانایی بر زدن اگزان‌ها است. حال اجازه دهید تعداد انتران‌ها در چند ارگانیسم را با میزان پیچیدگی آنها مقایسه کنیم:

باکتری ای. کولای: انتران ندارد
خمیر مایه: ۲۵۸ انتران
کرم خاکی: ۹۹ هزار انتران
مگس سرکه: ۴۱ هزار انتران
گیاه خردل: ۱۱۴ هزار انتران
موش: ۱۷۸ هزار انتران
انسان: ۱۸۴ هزار انتران

در خاتمه اجازه دهید اشاره‌ای کنم به موجوداتی که رکورددار بزرگ‌ترین ژنوم هستند. گیاهی با نام پاریس ژاپونیکا بزرگ‌ترین ژنوم شناخته‌شده در بین همه موجودات را دارد که معادل ۱۵۰ میلیارد جفت پایه است. در بین جانوران، ژنوم شش ماهی مرمری بزرگ‌ترین ژنوم شناخته‌شده است که ۱۳۰ میلیارد جفت پایه دارد. در مقام مقایسه، ژنوم انسان‌های هوشمند فقط سه میلیارد و ۲۰۰ میلیون جفت پایه دارد.

آیا ما در جهان تنهاییم؟

بررسی مختصر امکان وجود حیات (هوشمند) در دیگر نقاط کیهان

استنلی رایس
ترجمه: عبدالرضا شهبازی

زمانی که دانشمندان به امکان شکل‌گیری حیات هوشمند در جهان می‌اندیشند، میان دو عدد -عددِ بسیار کوچک احتمال تکامل حیات پیچیده و عددِ بسیار بزرگ عظمت کیهان- سردرگم می‌مانند. در جهانی سرشار از صدها میلیارد کهکشان، هرکدام شامل میلیاردها ستاره، انتظار می‌رود حتی نامحتمل‌ترین واقعه ممکن هرازگاهی یا حتی به کرات رخ دهد. احتمالا انسان‌ها هیچ‌گاه نفهمند که در جهان اشکال دیگر حیات، بهره‌مند از هوشی شبیه هوش انسان، یافت می‌شود یا خیر. به فرض اینکه هزاران تمدن نیز در جهان باشد، آیا امکان برقرای تماس متقابل بین این تمدن‌ها و انسان‌ها وجود دارد؟ نور و دیگر اشکال گسیل فوتونی میلیون‌ها سال طول می‌کشد تا از کهکشانی به کهکشان دیگر برسند. از این رو، ما انسان‌ها صرفا زمانی از وجود چنین تمدن‌های فرضی‌ای باخبر می‌شویم که میلیون‌ها سال قبل به سطحی از تمدن رسیده باشند که بتوانند به سمت زمین پیام‌هایی مخابره کنند و البته اکنون که پیام‌شان را دریافت می‌کنیم محتمل است که آن تمدن‌ها نیز از بین رفته باشند. مشکل دیگر این است که آیا ما قادریم پیام‌هایی را که تمدنی دیگر به اطراف گسیل کرده است، شناسایی کنیم؟ با استفاده از معادله‌ای که نخستین‌بار فرانک دریکِ اخترشناس صورت‌بندی کرد می‌توان به شمار احتمالیِ سیارات کهکشان راه شیری رسید که مانند زمین از تمدنی پیشرفته برخوردارند. معادله متشکل از تعدادی احتمالات است: شمار بسیار اندک ستارگان منظومه‌های سیاره‌ای، تعداد سیاراتی با شرایط اکولوژیکی مناسب برای شکل‌گیری حیات، احتمال تکامل آن حیات به شکل حیات هوشمند و احتمال شکل‌گیری تکنولوژی پیشرفته‌ای مبتنی بر آن حیات هوشمند. اما مشکل اینجاست که چگونه می‌توان مقادیر واقعی این احتمالات را پیدا کرد. کیهان‌شناسان حتی با ترتیب کمّی برخی از این احتمالات نیز به شدت با هم اختلاف نظر دارند. در اینکه حیات ساده در سراسر کیهان فراوان است، شکی نیست. باکتری‌ها و کُهن‌باکتری‌ها در محیط‌های سرشار از تنوعی زندگی می‌کنند که برای انسان‌ها کُشنده‌اند. هر حیات میکروبی فرضی برای پیدایش و دوام به آب و سیاره‌ای سنگی نیاز دارد. میلیاردها سیاره این‌چنینی در جهان وجود دارند که بسیاری از آنها نیز احتمالا واجد حیاتی مشابه حیات باکتریایی‌اند. با وجود این، شرایطی که برای تکامل حیات پیچیده نیاز است، یعنی حیاتی ورای مرحله باکتریایی، به سادگی فراهم نیست. اگر قرار باشد حیات پیچیده روی سیاره‌ای به تکامل برسد، سیاره نخست باید به مدتی طولانی در ثباتی نسبی به سر برد. پیدایش حیات پیچیده روی زمین متعاقب سه میلیارد سال تکامل حیات میکروبی رخ داد. چقدر احتمال دارد سیاراتی یافت شوند که مانند زمین، چند میلیارد سال شرایط ثبات نسبی را از سر گذرانده باشند؟ وجود چنین احتمالی بسته به پاسخ‌هایی است که به پرسش‌های زیر می‌دهیم.

■ فراوانی کهکشان‌هایی نظیر کهکشان راه شیری که انسان‌ها می‌توانند در آن زندگی کنند، چقدر است؟

واقعیت آن است که در جهان، کهکشان‌های فراوانی وجود دارد. نخستین عکس تلسکوپ هابل از اعماق فضا در سال ۱۹۹۵ نشان داد که در مساحتی به اندازه یک‌سی‌ام قرص ماه بدر، هزارو ۵۰۰ کهکشان یافت می‌شود. با این حال، به دلایل زیر، به نظر می‌رسد کهکشان راه شیری، در این میان، مکانی بسیار آرام برای حیات است:

- انفجارها و فوران‌های پرتوی گاما که بر اثر برخورد ستارگان نوترونی رخ می‌دهد هر شکلی از حیات را تا شعاع صدها میلیون سال نوری و شاید در سراسر آن کهکشان، کاملا نابود می‌کند. فراوانی چنین فوران‌هایی در جهان به گونه‌ای است که زمین باید هر ۲۰۰ میلیون سال یک بار مورد اصابت این پرتوهای مرگ‌بار قرار می‌گرفت، ولی ظاهرا در طول سه‌میلیاردو۵۰۰ میلیون سالی که از پیدایش حیات بر زمین می‌گذرد هیچ‌گاه چنین پرتوهایی به زمین نرسیده است.

- کهکشان راه شیری کهکشانی قرصی‌شکل است که ستارگان در آن با نظم و ترتیب می‌چرخند، اما بسیاری از کهکشان‌ها بیضی‌شکل‌اند و مدار ستارگان‌شان ثبات کمتری دارد و از همین رو، برخوردهای زیادی بین این ستاره‌ها رخ می‌دهد.

در کهکشان راه شیری، برخوردهای ستاره‌ای نسبتا کمتری و در نتیجه، فوران‌های پرتوییِ اندکی رخ داده است. بنا بر چنین وضعیتی، شرایط پایدار طولانی‌مدتی در زمین به وجود آمد که به تکامل حیات پیچیده و هوشمند انجامید.

■ فراوانی منظومه‌هایی شبیه منظومه خورشیدی ما چقدر است؟

به نظر می‌رسد خورشید و سیارات پیرامونش به دلایلی که در زیر گفته می‌شود، پدیده‌ای نامعمول در کهکشان راه شیری محسوب می‌شوند:

- ناحیه زیست‌پذیر: منظومه خورشیدی در ناحیه زیست‌پذیر کهکشان راه شیری قرار گرفته است. اگر خورشید به مرکز کهکشان نزدیک‌تر بود، خورشید به طرز خطرناکی به بسیاری از ستارگان نوترونی و سیاه‌چاله‌ها نزدیک می‌شد. در صورتی هم که به لبه کهکشان نزدیک‌تر می‌شد، قادر نبود اتم‌هایی بزرگ‌تر از هلیوم تولید کند و اگر هم تولید می‌کرد تعداد آن بسیار معدود بود.

- اندازه خورشید: بسیاری از ستارگان غول‌هایی‌اند که به‌سرعت و ظرف ۱۰ میلیون سال تمام سوخت خود را مصرف می‌کنند. این را مقایسه کنید با خورشید که تا ۱۰ میلیارد سال دیگر دوام خواهد یافت. ۱۰ میلیون سال برای تکامل حیات پیچیده کافی نیست. بسیاری از ستارگان داغ‌تر از خورشیدند و مقادیر معتنابهی پرتو فرابنفش تولید می‌کنند که موجب نابودی حیات در سیارات اطرافشان خواهد شد. بسیاری دیگر از ستارگان چندان کوچک‌اند که صرفا قادرند هیدروژن را به هلیوم و نهایتا به بیسموت تبدیل کنند و این دقیقا در خورشید در حال انجام است. با این همه، ابرنواختری که منظومه خورشیدی از آن پدید آمد، عناصر سنگین‌تری را نیز تولید کرد. از همین رو و بنا به گفته زمین‌شناسانی چون پیتر وارد و دانلد برونلی [نویسندگان کتاب زمین کمیاب، ۲۰۰۰]، خورشید ۲۵ درصد بیشتر از ستارگان هم‌اندازه‌اش ذخایری از عناصر سنگین دارد.

- ثبات خورشید: تولید انرژی در بسیاری از ستارگان توأم با نوسان و افت‌وخیز است؛ در مقابل، اما، تولیدات خورشید ما با ثبات و یکنواخت بوده است، یعنی فاقد فوران‌های انفجارگونه‌ای که قادرند به آسانی اَشکالِ پیشرفته حیات را نابود کنند. از سوی دیگر، سیستم‌های ستاره‌ای دوگانه بسیار متداول‌اند، ولی حیات پیچیده قادر نیست در سیاراتی با سیستم دوگانه تکامل یابد چون شرایط آب‌وهوایی آنها بسیار بی‌ثبات است.

- کمیابی سیارک‌ها: در نخستین مراحل شکل‌گیری منظومه خورشیدی، زمین، ماه و مریخ زیر بمباران سیارک‌ها بودند. این بمباران‌ها در حدود چهار میلیارد سال قبل متوقف شدند. نخستین شواهد رسوبی روی زمین از همین زمان به دست آمده است؛ یعنی زمانی که زمین خنک شد و اقیانوس‌ها تشکیل شدند. یکی از دلایل توقف بمباران‌ها این بود که سیاره مشتری چنان جاذبه نیرومندی در اطراف خود ایجاد کرد که کمربند سیارک‌ها را پایدار و بسیاری از دنباله‌دارها و سیارک‌ها را از منظومه خورشیدی جارو و جذب خود کرد. مشتری آن‌قدر نزدیک هست که مسیر زمین را از وجود سیارک‌ها پاک‌سازی کند، ولی آن‌قدر دور هم هست که مزاحمتی برای زمین ایجاد نکند. با وجود این، معدود سیارک‌هایی از دست مشتری گریختند و به زمین اصابت کردند و حیات روی زمین را دچار وقفه کردند [انقراض بزرگ K-Pg در ۶۶ میلیون سال قبل که به نابودی کاملِ دایناسورهای غیرِ پرنده انجامید، حاصل اصابت سیارکی به قطر ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر در ناحیه مکزیک کنونی بود]، ولی تعدادشان چندان نبود که به نابودی کامل حیات منجر شود.

- ثبات مدار سیارات: در ماه می ۲۰۰۷، ۲۱۲ سیاره شناسایی شدند که به گرد ستاره‌های خود می‌چرخیدند. با استفاده از اثر دوپلر می‌توان نشان داد که آیا ستاره‌ای در قید و بند جاذبه سیارات پیرامونش حرکت می‌کند یا خیر. با محاسبه دقیق رفتار حرکتی ستاره‌ای خاص، می‌توان معلوم کرد که ستاره مذکور سیاره یا سیاراتی به گرد خود دارد یا خیر و اگر دارد اندازه هر سیاره و فاصله آن تا ستاره‌اش چقدر است. در سال ۲۰۰۵ عکسی منتشر شد از سیاره‌ای گازی‌شکل و بزرگ که به گرد ستاره‌اش می‌چرخید. با این همه، شناسایی سیاراتی به کوچکی زمین که به گرد ستارگان دیگر می‌چرخند احتمالا غیرممکن است؛ چه از طریق اثر دوپلر و چه با عکس‌برداری. سیاراتی که تاکنون شناسایی شده‌اند همگی «مشتری‌هایی داغ» بوده‌اند (مثل مشتری بزرگ و گازی‌شکل بوده‌اند و از نزدیکی آنها به ستاره‌شان می‌توان فهمید که این درواقع سیستم ستاره‌ای دوگانه ناموفقی است). چنین سیارات غول‌پیکری مدار سیارات کوچک‌تر را بی‌ثبات می‌کنند و موجب می‌شوند این سیارات کوچک به سیاره بزرگ یا به خورشید منظومه برخورد کنند یا به بیرون از منظومه و به فضای بین‌ستاره‌ای پرتاب شوند. منظومه خورشیدیِ متشکل از مشتری‌های داغ بسیار بی‌ثبات خواهد بود و هر سیاره زمین‌شکلی در آن با تغییرات شدید آب‌وهوایی روبه‌رو خواهد شد که مانعی است برای تکامل حیات پیچیده. میزان خروج از مرکز (یعنی خروج از مدار دایره‌ای‌شکل) برای زمین صرفا ۰.۰۱۶۷ است که برای شکل‌گیری تاثیرات آب‌وهوایی کافی است. میزان خروج از مرکز برخی از سیاراتی که به گرد ستارگان دیگر شناسایی شده‌اند چیزی حدود ۰.۹۳ است. چنین سیاراتی، اگر واجد شرایط دیگر برای حیات هم باشند، چنان نوسان‌های شدیدی در شرایط آب‌وهوایی آنها رخ می‌دهد که هیچ حیات پیچیده‌ای در آنها شکل نمی‌گیرد. با این همه، در سال ۲۰۰۷، سیاره‌ای زمین‌شکل شناسایی شد که در فاصله ۲۰ سال نوری از زمین قرار دارد.

- حضور دنباله‌دارها: دنباله‌دارها احتمالا نقش مهمی در آوردن آب به زمین آغازین ایفا کرده‌اند. اما دانشمندان از چه راهی می‌فهمند که منظومه‌های خورشیدیِ دیگر دنباله‌دار دارند یا خیر؟ اَبرِ اُوورت به طول دو سال نوری و تقریبا تا نیمه‌راهِ رسیدن به ستاره بعدی، در فضا امتداد یافته است. از این رو، برخی از دنباله‌دارهای برخاسته از ابر اوورت همان‌قدر که احتمال دارد به سمت پروکسیما قنطورُس روانه شوند همان اندازه نیز احتمال دارد به سوی خورشید حرکت کنند. بر پایه تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی مشخص شده است تمامی دنباله‌دارهای حاضر در منظومه خورشیدی ما یا از ابر اوورت آمده‌اند یا از کمربند کویپر برخاسته‌اند. ظاهرا هیچ دنباله‌داری از پروکسیما قنطورس وارد منظومه خورشیدی نمی‌شود و از همین نکته می‌توان دریافت که پروکسیما قنطورس هیچ نسبتی با ابر اوورت ندارد. بر اساس انفجارهای رنگینی که بر سطح ستاره بتا پیکتوریس (آله المصور) مشاهده می‌شود، به نظر می‌رسد دنباله‌دارهای این ستاره بر سطحش فرو می‌افتند. ولی فراوانی چنین پدیده‌ای در منظومه‌های خورشیدی واقعا چقدر است؟

> **واقعیت آن است که در جهان، کهکشان‌های فراوانی وجود دارد. نخستین عکس تلسکوپ هابل از اعماق فضا در سال ۱۹۹۵ نشان داد که در مساحتی به اندازه یک‌سی‌ام قرص ماه بدر، هزارو ۵۰۰ کهکشان یافت می‌شود. با این حال به دلایل گفته‌شده در متن، به نظر می‌رسد کهکشان راه شیری در این میان، مکانی بسیار آرام برای حیات است**

- ماه: ماه، کجی محوری زمین را روی ۲۳ درجه ثابت نگه داشته است. این ثبات در کجی محوری همان چیزی است که باعث تغییر منظم فصول می‌شود. میلیاردها سال قبل، ماه به زمین نزدیک‌تر بود و زمین با سرعت بیشتری به گرد محور خود می‌چرخید و همین موجب وزش بادها و توفان‌های سهمگین می‌شد. ماه به‌تدریج از زمین دورتر و سرعت حرکت وضعی زمین نیز کندتر شد. این‌گونه بود که به مدتی طولانی، شرایط پایداری بر زمین حاکم شد و حیات پیچیده به تکامل رسید. بسیار بعید بود قمری بزرگ‌تر یا کوچک‌تر یا حضور چندین قمر، چنین تاثیری آرمانی بر زمین داشته باشد.

■ فراوانی سیاراتی مانند زمین چقدر است؟

زمین به دلایل زیر احتمالا سیاره‌ای بسیار نامعمول در کهکشان راه شیری یا هر کهکشان دیگری است:

- ترکیب شیمیایی زمین: بسیاری از سیارات شناخته‌شده در دیگر منظومه‌های خورشیدی گازی‌شکل‌اند. از سوی مقابل نیز اگر سیارات جامد مانند بسیاری از سیارک‌ها، مقادیر انبوهی کربن و آب در خود داشته باشند، درآن‌صورت به سبب کربن دی‌اکسید موجود، بر سیاره فرضی ما اثر گلخانه‌ای سراسری و شدیدی حاکم می‌شود یا سرتاسر آن را اقیانوس‌هایی ژرف می‌پوشانند و ازاین‌رو به دلیل نبود آب‌های کم‌عمق که ظاهرا برای تکامل حیات ضروری‌اند، حیات در آن به تکامل نمی‌رسد.

- اندازه زمین: اگر زمین اندکی کوچک‌تر بود، تاکنون کاملا سرد شده و میدان مغناطیسی‌اش را از دست داده بود. در پی آن، پرتوهای کیهانی جو آن را متلاشی می‌کردند، آب آن را می‌خشکاندند و سرانجام حیات موجود در آن را ریشه‌کن می‌کردند. به نظر می‌رسد این همان بلایی باشد که بر سر مریخ آمده است. اگر زمین بزرگ‌تر می‌بود، جاذبه آن چندان قوی می‌شد که شکل‌گیری حیات پیچیده در آن را ناممکن می‌کرد. در سیاره‌ای بزرگ‌تر، تمامی اَشکال و عوارض زمین‌شناختی احتمالا به زیر اقیانوس فرو می‌رفت. ازاین‌رو نه‌تنها حیات زمینی شکل نمی‌گرفت؛ بلکه به سبب فقدان فرسایش، هیچ ماده مغذی وارد اقیانوس نمی‌شد. در نتیجه، سراسر اقیانوس عاری از مواد مغذی می‌شد. این درست همان چیزی است که در میانه‌های اقیانوس‌ها در زمین امروزین شاهدیم.

- ناحیه زیست‌پذیر منظومه خورشیدی: در منظومه خورشیدی، زمین در جای مناسبی قرار گرفته است؛ ازاین‌رو می‌توان گفت یگانه سیاره منظومه در ناحیه زیست‌پذیر است. اگر زمین یک درصد از خورشید دورتر می‌بود، عصر یخبندان شدیدی بر آن حاکم می‌شد. اگر پنج درصد به خورشید نزدیک‌تر می‌شد، اثر گلخانه‌ای شدیدی بر آن حکمفرما می‌شد. اگر به ستاره‌ای کوچک‌تر نزدیک‌تر می‌بود، جاذبه ستاره، زمین را در مداری نگه می‌داشت که در آن یک روی زمین همیشه به سمت خورشید و یک سمت دیگرش همیشه پشت به خورشید بود؛ درست مثل ماه که یک سمتش همیشه رو به زمین است. در چنین شرایطی یک سمت زمین از شدت گرما می‌سوخت و سمت دیگرش از فرط سرما یخ می‌بست و در نتیجه چنین اختلاف شدید دمایی، بادها و توفان‌های سهمگینی به راه می‌افتاد. همان‌گونه که برخی گفته‌اند انسان‌ها نه‌تنها باید «سپاسگزار ستاره اقبال‌شان باشند» که باید سپاسگزارِ منظومه خورشیدی و ماه بسیار خوش‌اقبال‌شان نیز باشند. بدون گردهم‌آمدن چنان شرایط و احتمالات بعیدی، زمین، تاریخی سخت بی‌ثبات داشت؛ اقیانوس‌هایش را از دست می‌داد یا چنان نوسان‌های شدید دمایی در آن رخ می‌داد که صرفا حیات باکتریایی در آن جاری بود. با این وصف حتی یخ‌بستگی کامل زمین در ۷۰۰ میلیون سال قبل که در مقیاسی کیهانی واقعه‌ای بسیار اخیر محسوب می‌شود، رخدادی ملایم به شمار می‌رفت.

بر پایه آنچه پیتر وارد و دانلد برونلی گفته‌اند، زمانی که همه این عوامل را در نظر می‌گیریم، محتمل است که زمین یگانه‌سیاره -حتی در سرتاسر کیهان- باشد که آن‌قدر باثبات بوده است که حیات پیچیده در آن به تکامل برسد. مفهوم حداقلی سخن آنها این است که جهان مانند سریال «پیشتازان فضا» سرشار از موجودات انسان‌شکلی نیست که بشر با آنها در تماس است. برخی دیگر البته، مبتنی بر همین داده‌ها، نتیجه می‌گیرند که زمین را شعوری برتر این‌گونه آماده کرده و چنین احتمالاتی را در آن گرد آورده است. بااین‌همه به‌میان‌کشیدن چنین اصلی -شعور برتر- ضرورتی ندارد. هرچند گردهم‌آمدن همه خوش‌اقبالی‌ها درست در اینجا و در این قسمت از کهکشان بعید به نظر می‌رسد. بااین‌همه چنین اتفاقی افتاده است و انسان‌ها اکنون وجود دارند و در همین مکان و نه در هیچ جای دیگر، به این امور فکر می‌کنند؛ چون این نقطه دقیقا جایی است که چنین خوش‌اقبالی‌هایی از قضا در آن به وقوع پیوسته است. [به بیان دیگر نه ازآن‌رو که قرار بوده است انسان‌ها بر زمین زندگی کنند، زمین با چنین مشخصاتی ایجاد شده است؛ بلکه برعکس، چون زمین با چنین مشخصاتی و با وجود چنین احتمالات بعیدی در گوشه‌ای از کیهان پدید آمده است، حیات هوشمند و انسان‌ها نیز روی آن شکل گرفته و به تکامل رسیده‌اند]. افزون بر این می‌توان به چنین برداشتی رسید که مابقی جهان، حتی اگر سرشار از حیات باکتریایی هم باشد، برای موجوداتی با هوشی برتر، مکانی غم‌بار است و ارمغان آن، تنهایی خواهد بود.

Stanley A. Rice, Encyclopedia of Evolution, Facts on File books, New York, 2007

افق‌های نو

آگاهی حاصل فعالیت مغز است؟

عبدالرضا ناصرمقدسی
متخصص مغز و اعصاب

● آیا آگاهی حاصل فعالیت مغز است؟ آگاهی همواره برای بشر یک سؤال و پرسش بزرگ بوده است. چگونه آگاهی شکل می‌گیرد؟ چگونه ما می‌توانیم از اطراف خود آگاه شویم؟ وقتی از زیبایی یک گل یا هوای خوب جنگل به وجد می‌آییم، واقعا چه اتفاقی در ما می‌افتد؟ مگر می‌شود از ماده یا جسم مادی، کیفیت لطیفی به نام آگاهی شکل بگیرد؟ این سؤال با وجود تمام کنکاش‌ها، هنوز که هنوز است به قوت خود باقی است. شاید کسی که اولین‌بار به صورت علمی و کاملا با تکیه بر یافته‌های علم تشریح به این موضوع پرداخت، رنه دکارت، فیلسوف و ریاضی‌دان بزرگ فرانسوی بود. او در تشریح متوجه شد تمام ارگان‌های مغز مانند نیمکره‌ها، عصب‌های کرانیال، عقده‌های قاعده‌ای و... به شکلی دوگانه و قرینه قرار گرفته‌اند؛ درحالی‌که پینه‌آل جزء معدود قسمت‌های مغز است که این حالت قرینگی را نداشته و در واقع به صورت یک بخش واحد در درون مغز قرار گرفته است؛ بنابراین او پینه‌آل را به علت همین خصلتش، محل ورود روح یا ذهن در بدن می‌دانست. البته کاملا مشخص است که دکارت پیشاپیش به نوعی ثنویت اعتقاد دارد. او ذهن و جسم را دو موجود کاملا مجزا می‌پندارد؛ اما هرچه جلوتر می‌آییم، این ثنویت و دوگانگی بیشتر رنگ می‌بازد؛ اگرچه از بین نمی‌رود. محققان اکنون دیگر این ثنویت را نمی‌پذیرند. آنها بر این اعتقادند که آگاهی چیزی جز فعالیت‌های مغز انسان نیست و حالا سؤال مربوط به آگاهی تحت تأثیر این تحقیقات به این صورت مطرح می‌شود که فعالیت‌ها و پردازش‌های نورونی چگونه می‌توانند آگاهی را به وجود آورند؟

جواب‌های مختلفی به این سؤال داده شده است. مثلا فرانسیس کریک، منطقه‌ای از مغز به نام کلاستروم را به‌مثابه کلید آگاهی در مغز می‌داند. از سوی دیگر کسانی مانند ادلمن، آگاهی را حاصل نوعی فعالیت رفت‌وبرگشتی در مغز می‌دانند. بعضی‌ها هم که این توضیحات را کافی نمی‌دانند، دست‌به‌دامان نظریه‌هایی مانند فیزیک کوانتوم یا برهان گودل می‌شوند تا شاید بتوانند این راز بزرگ را حل کنند؛ اما مشکلات به همین‌جا ختم نمی‌شود. سؤال‌های مهم دیگری نیز در راه است: آیا واقعا آگاهی حاصل فعالیت مغز است یا نه، سایر ارگان‌ها و حتی شاید بهتر بگوییم کلیت بدن نیز در ایجاد آن دخیل هستند؟ آیا ممکن است آگاهی امری «بدنمند» باشد؟ آیا محتوای آگاهی ما مملو از اشارات بدنی ما نیست؟ بدن‌آگاهی به چه معناست و وقتی مرلوپنتی از رویکرد بدن ما به جهان می‌گوید و آن را مقدمه‌ای بر ادراک می‌پندارد، واقعا منظورش چیست؟

مغز انسان خیلی بیشتر از آنچه تصور می‌شود به بدن ما وابسته است. بدن انسان به شکل جالبی در مغز او بازنمایی شده است. این موضوع را اولین‌بار پنفیلد، جراح بزرگ کشف کرد. او متوجه شد به ازای هر جزء حرکتی از بدن، منطقه مابازایی در سطح کورتکس وجود دارد که تحریک آن قسمت سبب ایجاد حرکت در آن عضو خاص می‌شود. البته این بازنمایی بسته به اهمیت آن عضو متغیر است؛ به‌طوری‌که بخش‌هایی مانند صورت، لب‌ها و انگشتان دست که حرکات بسیار ظریفی را انجام می‌دهند، بخش وسیعی از کورتکس مغز را شامل می‌شوند، ولی پا با وجود اینکه در ظاهر حجم بزرگی از بدن را تشکیل می‌دهد، منطقه مابازای آن در سطح کورتکس اندک است. آنچه این‌گونه ترسیم می‌شود به آدمک پنفیلد مشهور است. این آدمک به‌جز آنکه مصارف زیادی در پزشکی و جراحی دارد، درعین‌حال می‌تواند نشان‌دهنده ارتباط عمیق مغز و بدن باشد. در واقع آدمک پنفیلد نشان می‌دهد چگونه ساختار مغز و نحوه قرارگیری بخش‌های مختلف آن، تابعی از شکل و نحوه توزیع اندام‌های حسی و حرکتی در سطح بدن است. این یافته نتیجه مهمی را نیز به دنبال دارد: اگر شکل بدن و نحوه توزیع اندام‌های حسی و حرکتی به هر دلیلی تغییر کند، منطقه مابازای آن نیز در کورتکس مغز دچار تغییر خواهد شد. موضوعی که با عنوان فرایند نوروپلاستیسیتی کاملا شناخته‌شده است. آزمایش‌های متعدد انجام‌شده روی بیمارانی با یک نقص عضو (مانند نابینایی و تکیه بیشتر بر اندام شنوایی)، این موضوع را به اثبات رسانده است. از سوی دیگر، بسیاری از محققان بر این اعتقادند که کورتکس نقش بسیار مهمی در ایجاد آگاهی ایفا می‌کند. حال اگر عوامل مهمی از کورتکس تحت تأثیر شرایط بدنی باشد، آگاهی ما بیش از آنچه که فکر کنیم، «بدنمند» خواهد بود. درباره این «ذهن بدنمند» در یادداشت‌های بعد صحبت خواهیم کرد؛ اما همین بحث کوتاه نشان می‌دهد که انتساب کامل آگاهی و فرایندهای آن به مغز اشتباه بوده و نمی‌تواند درکی درست و همه‌جانبه‌ای از مفهوم آگاهی در اختیار ما بگذارد.