

حیات در جهان

استیون هاوکینگ

ترجمه: ارحام عمومی فومنی
erham65t@yahoo.com

مایلم در این سخنرانی کمی درباره‌ی توسعه‌ی حیات در جهان، خصوصاً توسعه‌ی حیات هوشمند بیندیشیم. نژاد انسان نیز مشمول این بحث خواهد بود؛ هرچند که در طول تاریخ، بیشتر رفتار او نسبتاً جاهلانه بوده و در جهت کمک به بقای گونه‌های زنده نبوده است. دو سؤالی که می‌خواهم در موردشان بحث کنم از این قرار اند: «احتمال وجود حیات در جای دیگری از جهان چقدر است؟» و «حیات



چگونه می‌تواند در آینده توسعه یابد؟»

اینکه اشیا با گذر زمان بی‌نظم‌تر و آشفته‌تر می‌شوند یک تجربه و مشاهده‌ی متداول است. این مشاهده را می‌توان به یک قانون، ارتقای مقام داد: قانون دوم ترمودینامیک، که حاکی است از اینکه مقدار کل بی‌نظمی یا آنتروپی¹ جهان، با گذر زمان همیشه افزایش می‌یابد. البته این قانون فقط به مقدار کل بی‌نظمی اشاره می‌کند؛ نظم یک جسم می‌تواند زیاد شود؛ چنین حالتی در صورتی پیش خواهد آمد که بی‌نظمی محیط آن جسم به میزان بیشتری افزایش یابد. این وضعیت در موجودات زنده روی می‌دهد. می‌توان حیات را سیستم منظمی تعریف کرد که می‌تواند خودش را در مقابل میل به بی‌نظمی حفظ نماید و تولیدمثل کند؛ بدین معنی که می‌تواند سیستم‌های منظم مشابه و در عین حال مستقل بسازد. برای انجام این امور، باید انرژی را از اشکال منظمی چون غذا، نور خورشید یا انرژی الکتریکی، به انرژی بی‌نظم، یعنی گرما، تبدیل کند. بدین طریق سیستم می‌تواند ضمن افزایش نظم در خود و فرزندش، در بایست افزایش بی‌نظمی کل را نیز ارضا کند. یک موجود زنده معمولاً دو رکن دارد:



مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها که مشخص می‌کند چگونه سیستم، خود را پایدار نگه دارد و تولیدمثل کند، و مکانیزمی برای اجرای این دستورالعمل‌ها. در زیست‌شناسی به این دو بخش، ژن‌ها و متابولیسم گفته می‌شود. اما خوب است تأکید شود که لزومی ندارد جنبه‌ی بیولوژیکی داشته باشند؛ برای مثال، ویروس کامپیوتری برنامه‌ای است که نسخه‌هایی از خود درون حافظه‌ی کامپیوتر می‌سازد و خودش را به کامپیوترهای دیگر منتقل می‌کند. پس با تعریفی که از سیستم زنده ارائه کردم، مطابقت دارد. ویروس کامپیوتری، مانند ویروس بیولوژیکی، تقریباً یک گونه‌ی غیر استاندارد است؛ زیرا این دو، تنها دارای دستورات و ژن‌ها هستند و هیچ متابولیسمی که متعلق به خودشان باشد، ندارند؛ در عوض، برنامه‌ریزی متابولیسم

کامپیوتر و سلول میزبان را تغییر می‌دهند. بعضی افراد می‌پرسند که آیا ویروس‌ها را باید زنده دانست؛ زیرا انگل هستند و مستقل از میزبانان نمی‌توانند وجود داشته باشند. اما در این صورت اغلب اشکال حیات، از جمله خودمان، انگل به حساب می‌آییم؛ زیرا برای تغذیه و بقا به دیگر اشکال حیات وابستگی داریم. من فکر می‌کنم ویروس‌های کامپیوتری باید زنده تلقی شوند. شاید این باور من حاکی از نکته‌ای درباره‌ی ذات انسان است؛ اینکه

¹ Entropy

تنها گونه‌ای از حیات که تاکنون ایجاد کرده‌ایم، به طور محض مخرب است. در مورد تصویری که از پیدایش حیات در ذهن داریم، حرف بزنیم. من بعداً به بحث آشکال الکترونیکی حیات برخواهم گشت.

آنچه به طور معمول به عنوان «حیات» می‌شناسیم، مبتنی بر زنجیره‌هایی از اتم‌های کربن به انضمام تعداد کمی از اتم‌های دیگر، مانند نیتروژن یا فسفر است. می‌توان به این اندیشید که شاید حیات با پایه‌ی شیمیایی متفاوتی، فرضاً سیلیکون، ممکن باشد. اما چنین به نظر می‌رسد که کربن مناسب‌ترین گزینه است؛ زیرا غنی‌ترین شیمی را دارد. وجود اتم‌های کربن، با توجه به خصوصاتی که دارند، مستلزم تنظیم دقیق ثابت‌های فیزیکی، همچون مقیاس QCD، بار الکتریکی و حتی بُعد فضا-زمان است. اگر این ثابت‌ها به میزان قابل ملاحظه‌ای مقادیر

The Anthropic Principle

*If the Conditions Weren't
Suitable for Life, We
Wouldn't Be Asking Why
They Are As They Are*

متفاوتی داشتند، آن وقت یا هسته‌ی اتم کربن پایدار نمی‌بود، یا الکترون‌ها بر روی هسته سقوط می‌کردند. در نگاه اول، اینکه جهان چنین ظریف و دقیق کوک شده است، قابل توجه به نظر می‌رسد. شاید این مدرکی است برای اینکه نشان دهد جهان مخصوصاً برای تولید نژاد انسان طراحی شده است. اما به خاطر اصلی به نام اصل آنتروپیک^۱ باید در چنین استدلال‌هایی احتیاط کرد. این اصل مبتنی بر این حقیقت

بدیهی است که اگر جهان برای حیات مناسب نبود، ما اکنون در حال این پرسش نبودیم که چرا اینقدر دقیق تنظیم شده است. اصل آنتروپیک را می‌توان در نسخه‌ی قوی یا

ضعیفش به کار برد. در اصل آنتروپیک قوی فرض می‌شود که جهان‌های مختلف متعددی وجود دارد که هر یک دارای ثوابت فیزیکی متفاوتی است. در تعداد کمی از آن‌ها، مقدار ثوابت اجازه‌ی وجود انشایی چون اتم‌های کربن را می‌دهد، که این اتم‌ها می‌توانند

The Strong Anthropic Principle

*There Exist Many Universes
With Different Values of the
Physical Constants*

به عنوان واحدهای ساخت سیستم‌های زنده به کار روند. از آنجایی که ما باید در یکی از این جهان‌ها باشیم، نباید از اینکه ثابت‌ها دقیق تنظیم شده‌اند، شگفت‌زده شویم. اگر دقیق

The Weak Anthropic Principle

*Given the Physical
Constants, What Can One
Deduce From the Fact That
Life Exists Here and Now?*

تنظیم نشده بودند، الآن اینجا نبودیم. شکل قوی اصل آنتروپیک خیلی رضایت‌بخش نیست. چه معنای عملیاتی و مؤثری می‌توان به همه‌ی آن جهان‌های دیگر داد؟ و اگر آن‌ها از جهان ما جدا هستند، چگونه اتفاقاتی که در آن‌ها می‌افتد، می‌تواند روی جهان ما اثر گذارد؟ در

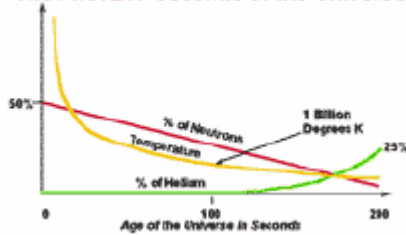
عوض، من اصل آنتروپیک ضعیف را برمی‌گزینم؛ یعنی مقادیر ثابت‌های فیزیکی را آنگونه که داده شده‌اند می‌پذیرم، اما خواهم دید که چه نتیجه‌گیری‌هایی می‌توان از این حقیقت که روی این سیاره و در این مرحله از تاریخ جهان، حیات وجود دارد، کرد.

هنگامی که در حدود ۱۵ میلیارد سال پیش، جهان با انفجار بزرگ آغاز شد، هیچ کربنی وجود نداشت. جهان چنان داغ بود که تمام ماده‌اش باید به شکل ذراتی به نام پروتون و نوترون بوده باشد. احتمالاً در آغاز، تعداد پروتون و نوترون یکسانی وجود داشته است. اما جهان ضمن گسترش یافتن سرد شده است. بعد از گذشت حدود یک دقیقه از انفجار بزرگ، احتمالاً دمایش به حدود یک میلیارد درجه، یعنی تقریباً صد برابر دمای خورشید، کاهش یافته است. در چنین دمایی، نوترون‌ها متلاشی می‌شوند و پروتون‌های بیشتری به وجود می‌آورند. اگر این‌ها همه‌ی چیزی باشد که اتفاق افتاده است، نهایتاً تمام ماده‌ی جهان باید به ساده‌ترین عنصر، هیدروژن، که هسته‌اش یک پروتون دارد، تبدیل می‌شد. اما بعضی از نوترون‌ها و پروتون‌ها با هم برخورد کردند و به یکدیگر چسبیدند و ساده‌ترین عنصر بعدی، هلیوم، که هسته‌اش از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است، پدید آمد. با این حال، عناصر سنگین‌تری چون کربن یا اکسیژن در این جهان اولیه شکل نیافته است. باورکردنش سخت است که فقط با

¹ Anthropic Principle

هیدروژن و هلیوم بتوان سیستم زنده ساخت و جدای از این، جهان اولیه هنوز برای ترکیب اتم‌ها با یکدیگر و تشکیل مولکول‌ها بیش از اندازه داغ بود.

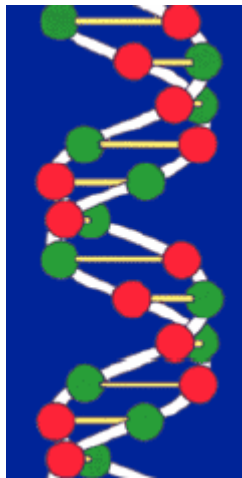
The First 200 Seconds of the Universe



جهان به گسترش یافتن و سرد شدن ادامه داده است. اما بعضی مناطق، اندکی چگالی بیشتری از سایر مناطق داشته‌اند. جاذبه‌ی گرانشی ناشی از ماده‌ی اضافی در این نواحی، گسترششان را کند و نهایتاً متوقف ساخته است. در عوض، در هم سقوط کردند و کهکشان‌ها و ستارگان شکل گرفتند. این فرآیند در حدود دو میلیارد سال بعد از انفجار بزرگ آغاز شده است. بعضی از ستارگان

اولیه از خورشید ما عظیم‌تر بوده‌اند. آن‌ها از خورشید داغ‌تر بوده و هیدروژن و هلیوم اولیه را سوزانده و به عناصر سنگین‌تری همچون کربن، اکسیژن و آهن تبدیل کرده‌اند. این فرآیند نمی‌توانسته است بیشتر از چند صد میلیون سال ادامه داشته باشد. پس از آن مدت، بعضی از این ستارگان، منفجر و به سوپرنووا تبدیل شدند و عناصر سنگین را که ماده‌ی خام لازم برای تشکیل نسل‌های بعدی ستارگان است، در فضا پراکنده کردند.

اگر ستارگان دیگر، سیاراتی داشته باشند، بیشتر از حد مناسب برای مشاهده‌ی مستقیم، از ما دور اند. اما ستارگان خاصی به نام پالسارها، پالس‌های رادیویی منظمی از خود ساطع می‌کنند. ما تغییرات اندکی در آهنگ بعضی از پالسارها مشاهده می‌کنیم و عامل این پدیده را وجود سیاراتی با اندازه‌ی زمین می‌دانیم که دور آن پالسارها می‌گردند و نظمشان را اندکی مختل می‌کنند. احتمال ندارد که در سیارات پالسارها حیات وجود داشته باشد؛ زیرا هر موجود زنده‌ای باید در انفجار سوپرنووا ختر که منجر به تبدیل ستاره به یک پالسار شده است، کشته شده باشد. اما این حقیقت که چندین پالسار سیاره‌دار کشف شده است، نشان می‌دهد که ممکن است کسر قابل قبولی از صد میلیارد ستاره‌ی کهکشان ما هم سیاره داشته باشد. بنابراین ممکن است محیط سیاره‌ای لازم برای پیدایش حیات شبه‌زمینی، از حدود چهار میلیارد سال پس از انفجار بزرگ، وجود داشته باشد.



منظومه‌ی شمسی ما در حدود چهار و نیم میلیارد سال پیش، یا به تعبیر دیگر حدود ده میلیارد سال پس از انفجار بزرگ، از گازی آلوده به بقایای ستارگان اولیه تشکیل شد. زمین عمدتاً از عناصر سنگین‌تر، شامل کربن و اکسیژن، شکل گرفت. بعضی از این اتم‌ها به طریقی به صورت مولکول‌های DNA در کنار یکدیگر چیده شدند. این مولکول، ساختار معروف مارپیچی دولا^۱ دارد که توسط واتسون^۲ و کریک^۳ در کلبه‌ای واقع در مقر New Museum در کمبریج کشف شد. جفت‌مولکول‌هایی از جنس اسیدنوکلئیک، دو زنجیره‌ی این مارپیچ را به هم متصل می‌کنند. چهار نوع اسیدنوکلئیک وجود دارد: آدنین^۴، سیتوزین^۵، گوانین^۶ و تیامین^۷. نگرانم که دستگاه سینتی‌سایزر گفتارم اسم آن‌ها را خوب تلفظ نکند. واضح است که DNA به‌خاطر زیست‌شناسان مولکولی طراحی نشده بود. یک آدنین روی یک زنجیره، همیشه با یک تیامین روی زنجیره‌ی دیگر جفت می‌شود؛ همین‌طور یک گوانین با یک سیتوزین. به

این صورت توالی اسیدنوکلئیک‌ها روی یک زنجیره، توالی یکتا و مکملی روی زنجیره‌ی دیگر تعریف می‌کند. سپس دو زنجیره می‌توانند از هم جدا شده و هر یک در نقش الگویی برای ساخت زنجیره‌های دیگر عمل کند. از اینرو مولکول DNA می‌تواند اطلاعات ژنتیکی را که در توالی اسیدنوکلئیکی‌اش رمزگذاری شده است، باز تولید

¹ Double Helix
² Watson
³ Crick
⁴ Adenine
⁵ Cytosine
⁶ Guanine
⁷ Thiamine

کند. علاوه بر این، قطعات این توالی می‌تواند در ساخت پروتئین‌ها و دیگر مواد شیمیایی لازم برای اجرای دستورات کد شده‌ی درون DNA و سوار کردن مواد خام مورد نیاز برای بازتولید DNA، استفاده شود.

The Four Nucleic Acids Found in DNA, Shown in Their Pairs

Thymine – Adenine

Cytosine – Guanine

ما نمی‌دانیم مولکول‌های DNA اولین بار چگونه پدید آمدند. احتمال اینکه یک مولکول DNA در اثر تغییرات و نوسانات تصادفی بوجود آمده باشد، خیلی اندک است. از اینرو بعضی پیشنهاد کرده‌اند که حیات از جای دیگری به زمین آمده و بذر شناور حیات در کهکشان پراکنده است. اما بعید به نظر می‌رسد که

DNA بتواند برای مدت طولانی در معرض تابش، در فضا زنده بماند؛ و حتی اگر بتواند، این عقیده عملاً کمکی به توضیح منشأ حیات نمی‌کند؛ زیرا مدت زمانی که از شکل‌گیری کربن می‌گذرد، تنها اندکی از دو برابر سن زمین بیشتر است.

یک احتمال این است که شکل‌گیری چیزی مثل DNA که بتواند خودش را تکثیر کند، خیلی نامحتمل است. اما در یک جهان با تعداد خیلی زیاد یا نامتناهی ستاره، می‌توان انتظار داشت که در تعداد کمی سیستم ستاره‌ای شکل گیرد؛ هر چند این سیستم‌های ستاره‌ای احتمالاً از هم خیلی دور خواهند بود. البته این حقیقت که حیات، روی زمین اتفاق افتاده است، خیلی شگفت‌انگیز یا نامحتمل نیست. این فقط یک کاربرد اصل آنتروپیکِ ضعیف است: اگر در عوض روی سیاره‌ی دیگری ظاهر می‌شد، آنوقت سؤالمان این بود که چرا آنجا ایجاد شده است.

اگر پیدایش حیات روی سیاره‌ای خیلی نامحتمل باشد، شاید بتوان انتظار داشت که زمان بیشتری لازم دارد. به عبارت دقیق‌تر، شاید بتوان انتظار داشت که حیات درست به موقع پدید آید تا سیر تکامل به موجودات هوشمندی مثل ما، قطع نشود. حیات زمین، حدود ده میلیارد سال قبل از بزرگ شدن خورشید و فرو رفتن زمین در آن، شکل گرفته است. شاید گونه‌ی حیات هوشمندی در آن زمان در انجام سفر فضایی تسلط یافته باشد و بتواند به ستاره‌ی دیگری فرار کند؛ اما در غیر اینصورت، حیات زمین محکوم به فنا خواهد بود.

بنابر شواهد فسیلی، در حدود سه و نیم میلیارد سال پیش، شکلی از حیات روی زمین وجود داشته است. این زمان احتمالاً تنها ۵۰۰ میلیون سال بعد از آن بوده که زمین برای پیدایش حیات، به اندازه‌ی کافی پایدار و خنک شده است. اما می‌دانیم که از ۷ میلیارد سال پیش از آن تاریخ هم امکان پیدایش حیات و تکامل به موجودی مانند ما که بتواند در مورد منشأ حیات کنجکاو کند، وجود داشته است. اگر احتمال پیدایش حیات روی یک سیاره خیلی کم است، پس چرا روی زمین، آن هم ظرف حدود یک چهاردهم زمان ممکن، اتفاق افتاده است؟

پیدایش زود هنگام حیات روی زمین نشان می‌دهد که تحت شرایط مناسب، شانس خوبی برای تولید خودبخودی حیات وجود دارد. شاید ابتدا چیز ساده‌تری وجود داشت که بعداً به DNA تکامل یافت. هنگامی که DNA به وجود آمد، احتمالاً آنقدر موفق بود که کاملاً جایگزین گونه‌های اولیه شد. ما نمی‌دانیم این گونه‌های اولیه چه بوده‌اند. یک گزینه‌ی احتمالی RNA است. RNA شبیه DNA است، اما نسبتاً ساده‌تر بوده و ساختار مارپیچی دولا ندارد. قطعات کوتاه RNA می‌توانسته‌اند مانند DNA تولیدمثل کنند و نهایتاً به DNA تکامل یابند. کسی نمی‌تواند از مواد غیر زنده، در محیط آزمایشگاه اسیدنوکلئیک بسازد؛ چه رسد به RNA. اما با وجود ۵۰۰ میلیون سال زمان و اقیانوس‌هایی که بیشتر سطح زمین را پوشانده‌اند، احتمال خوبی برای ایجاد RNA بر مبنای شانس وجود داشته است.

حین فرآیند بازتولید DNA، خطاهایی هم رخ می‌داده است. بسیاری از این خطاها مضر بوده و موجب انقراض شده‌اند. بعضی هم خنثی بوده‌اند؛ یعنی عملکرد ژن را تحت تأثیر قرار نداده‌اند. چنین خطاهایی به یک دریافت ژنتیکی تدریجی کمک می‌کنند؛ که به نظر می‌رسد در همه‌ی جمعیت‌ها اتفاق می‌افتد. و تعداد کمی از خطاها برای بقای گونه‌ها مناسب بوده‌اند. این‌ها با انتخاب طبیعی داروینی برگزیده شده‌اند.

فرآیند تکامل بیولوژیکی در ابتدا خیلی کند بود. دو و نیم میلیارد سال طول کشید تا ابتدایی‌ترین سلول‌ها به حیوانات پرسلولی تکامل یابند و یک میلیارد سال دیگر نیز طول کشید تا ماهی‌ها و خزندگان به پستانداران تکامل یابند. اما به نظر می‌رسد که بعد از آن، تکامل سرعت گرفت. تنها حدود یکصد میلیون سال طول کشید تا پستانداران اولیه به ما تکامل یابند. دلایل این است که ماهی بیشتر عضوهای مهم انسان را دارد و پستانداران، اساساً همه‌ی آن‌ها را. تمام چیزی که برای تکامل از پستانداران اولیه، مثل میمون لَمور، به انسان لازم بود، چیزی جز اندکی اصلاحات ظریف نبود.

اما با ظهور نژاد انسان، تکامل به مرحله‌ای خطیر رسید که از لحاظ میزان اهمیت، با پیدایش DNA قابل مقایسه است. این مرحله، شکل‌گیری زبان، خصوصاً زبان کتبی بود. این بدین معنی است که می‌توان اطلاعات را به طریقی غیر ژنتیکی و بدون استفاده از DNA، از نسلی به نسل دیگر منتقل کرد. در ده هزار سال تاریخ ثبت‌شده، تغییر محسوسی در DNA انسان که ناشی از تکامل بیولوژیکی باشد، وجود نداشته است. اما میزان دانشی که نسل به نسل منتقل شده به طور فزاینده‌ای رشد کرده است. DNA در انسان‌ها شامل حدود سه میلیارد اسیدنوکلئیک است. اما بیشتر اطلاعاتی که در این توالی کد شده، زائد یا غیر فعال است. به این دلیل، مقدار کل اطلاعات مفید در ژن‌های ما، احتمالاً چیزی در حدود یکصد میلیون بیت است. یک بیت اطلاعات، پاسخ به یک سوال بله-خیر است. در مقابل، یک کتاب رمان جلد کاغذی می‌تواند حاوی دو میلیون بیت اطلاعات باشد. پس یک

DNA
100,000,000 bits

University Library
10,000,000,000,000 bits

انسان، معادل با ۵۰ رمان Mills و Boon است. یک کتابخانه‌ی بزرگ ملی می‌تواند حدود پنج میلیون کتاب، یا به عبارت دیگر حدود ده تریلیون بیت داشته باشد. بنابراین مقدار کل اطلاعات منتقل شده در کتاب‌ها یکصد هزار برابر آن در DNA است.

حتی مهم‌تر از آن این است که اطلاعات داخل کتاب‌ها می‌تواند خیلی سریع‌تر تغییر کرده و به‌روز شود. چندین میلیون سال طول

کشیده است تا از بوزینه‌ها تکامل یابیم. طی این مدت، اطلاعات مفید داخل DNA مان احتمالاً فقط چند میلیون بیت تغییر کرده است. بنابراین، نرخ تکامل بیولوژیکی در انسان‌ها در حدود یک بیت در یک سال است. در مقابل، هر سال تقریباً ۵۰۰۰۰ کتاب جدید به زبان انگلیسی منتشر می‌شود که حاوی صدها میلیارد بیت اطلاعات است. البته قسمت عمده‌ی این اطلاعات زباله است و به درد هیچ شکلی از حیات نمی‌خورد. اما حتی با این وجود، نرخ‌ی که اطلاعات مفید می‌تواند اضافه شود، میلیون‌ها، اگر نگوئیم میلیاردها، بیشتر از DNA است.

آنچه گفته شد به این معنی است که وارد مرحله‌ی جدیدی از تکامل شده‌ایم. در ابتدا تکامل با انتخاب طبیعی از جهش‌های تصادفی پیش می‌رفت. این مرحله‌ی داروینی حدود سه و نیم میلیارد سال طول کشید و ما انسان‌ها را تولید کرد؛ موجودی که زبان را به‌منظور تبادل اطلاعات پدید آورده است. اما در حدود ده هزار سال اخیر، ما دستخوش چیزی بوده‌ایم که شاید بتوان آن را یک مرحله‌ی انتقال خارجی^۱ نامید. در این مرحله، رکورد داخلی اطلاعات که درون DNA برای نسل‌های بعد به ارث گذاشته می‌شود، تغییر چندانی نکرده است. اما رکورد خارجی، در کتاب‌ها و دیگر انبارهای درازمدت، رشد فوق‌العاده زیادی کرده است. بعضی افراد واژه‌ی تکامل را تنها برای مواد ژنتیکی که به‌طور داخلی منتقل می‌شود، به‌کار می‌برند و با استفاده از این واژه برای اطلاعاتی که از طریق خارجی منتقل می‌شود، مخالف اند. اما من فکر می‌کنم که این دیدگاه، بسیار تنگ‌اندیشانه است. ما از ژن‌هایمان فراتر هستیم. ممکن است از اجداد غارنشینان، قویتر یا وراثتاً هوشمندتر نباشیم. اما چیزی که ما را از آن‌ها متمایز کرده، دانشی است که در ده هزار سال اخیر، و خصوصاً سیصد سال گذشته انباشته‌ایم. من فکر می‌کنم برحق است که دیدگاه وسیع‌تری اتخاذ کنیم و اطلاعات انتقالی خارجی را علاوه بر DNA، در تکامل نژاد انسان، دخیل بدانیم.

¹ External Transmission Phase

مقیاس زمانی لازم برای تکامل در دوره‌ی انتقال خارجی، مقیاس زمانی لازم برای انباشتن اطلاعات است. قبلاً لازم بود که صدها و یا حتی هزاران سال باشد. اما در حال حاضر، این مقیاس زمانی به حدود ۵۰ سال یا کمتر کاهش یافته است. در سوی دیگر، مغزهایی که توسطشان این اطلاعات را پردازش می‌کنیم، تنها طی مقیاس زمانی داروینی، یعنی صدها هزار سال، تکامل یافته‌اند. این مسئله مشکلاتی را ایجاد می‌کند. در قرن ۱۸م می‌شد گفت مردی وجود دارد که همه‌ی کتاب‌های نوشته‌شده را خوانده است. اما امروزه، اگر در روز یک کتاب بخوانید، ۱۵۰۰۰ سال طول خواهد کشید تا تمام کتاب‌های یک کتابخانه‌ی ملی را بخوانید. در این مدت‌زمان، کتاب‌های خیلی بیشتری نوشته خواهد شد.

این یعنی اینکه یک انسان نمی‌تواند بر بیش از گوشه‌ی کوچکی از دانش انسانی مسلط شود. افراد مجبور اند در رشته‌های باریک‌تر و باریک‌تر متخصص شوند. احتمالاً این در آینده محدودیت بزرگی خواهد بود. یقیناً با این نرخ‌نمایی رشد دانش در سه قرن اخیر، برای مدت طولانی نمی‌توانیم ادامه دهیم. یک محدودیت و خطر حتی بزرگ‌تر برای نسل‌های آینده این است که ما هنوز غرایز و مخصوصاً برانگیزش^۱ های تهاجمی^۲ را که در روزگار انسان غارنشین داشتیم، داریم. تهاجم، به شکل مطیع کردن یا کشتن سایر مردان و به غارت بردن زنان و غذایشان، تا امروز مزایای روشنی برای بقا داشته است. اما هم‌اکنون می‌تواند باعث تخریب کل نژاد بشر و بیشتر اشکال دیگر حیات زمین شود. یک جنگ هسته‌ای، هنوز مهمترین خطر نزدیک است، اما خطرات دیگری هم هست؛ مانند انتشار یک ویروس مهندسی ژنتیکی شده یا اثر گلخانه‌ای که رو به ناپایداری شدن است.

فرصتی نیست که منتظر بمانیم تکامل داروینی ما را هوشمندتر و خوش‌ذات‌تر کند. اما ما در حال وارد شدن به فاز جدیدی هستیم که شاید بتوان آن را تکامل خودطراحی‌شده^۳ نامید؛ در چنین مرحله‌ای قادر خواهیم بود DNA مان را تغییر دهیم و آن را اصلاح کنیم. هم‌اکنون پروژه‌های برای نقشه‌برداری از کل توالی DNA انسان، در حال اجرا است. این پروژه چند میلیارد دلار هزینه دربر خواهد داشت، اما چنین مبلغی برای پروژه‌های با این درجه از اهمیت، بسیار ناچیز است. هنگامی که کتاب حیات را بخوانیم، آن را تصحیح خواهیم کرد. در ابتدا، این تغییرات به رفع نقص‌های ژنتیکی، مثل cystic fibrosis و دیس‌تروفی عضلانی^۴ محدود خواهد بود. این‌ها توسط تک‌ژن‌ها کنترل می‌شوند؛ از اینرو شناسایی و تصحیح‌شان نسبتاً ساده است. سایر صفات، نظیر هوش، احتمالاً توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. پیدا کردن و تغییر دادن روابط بین آن‌ها خیلی مشکل‌تر خواهد بود. به رغم این، من مطمئن هستم که طی قرن آینده، انسان کشف خواهد کرد که چگونه هم هوش و هم غرایزی چون تهاجم را اصلاح کند.



در آینده قوانینی علیه مهندسی ژنتیک روی انسان تصویب خواهد شد. اما بعضی افراد نخواهند توانست در برابر وسوسه‌ی اصلاح خصوصیات انسان، نظیر اندازه‌ی حافظه، مقاومت در مقابل بیماری و طول عمر، پایداری کنند. زمانی که چنین آبرانشان‌هایی به‌وجود آیند، مشکلات سیاسی مهمی برای انسان‌های معمولی که قادر به رقابت نیستند پیش خواهد آمد. احتمالاً این عده منقرض می‌شوند یا اهمیت خود را از دست می‌دهند. در عوض، نژادی از موجودات خودطراحی‌کننده وجود خواهد داشت که خود را با سرعت دائماً در حال رشدی اصلاح می‌کند.

چنانچه این نسل موفق شود برای کاهش یا رفع خطر خودتخریبی، خود را به شکل دیگری طراحی کند، احتمالاً به ستارگان و سیارات دیگر می‌رود و در آنجاها سکنی خواهد گزید. به رغم این، سفر فضایی برای اشکال

¹ Impulse

² Aggressive

³ Self Designed Evolution

⁴ Muscular Dystrophy

حیاتی چون DNA که مبنای شیمیایی دارند، مشکل خواهد بود. عمر طبیعی این قبیل موجودات در مقایسه با مدت زمان سفر کوتاه است. بر طبق نظریه‌ی نسبیت، هیچ چیز نمی‌تواند سریع‌تر از نور حرکت کند. از اینرو یک سفر رفت و برگشت به نزدیک‌ترین ستاره، حداقل ۸ سال و به مرکز کهکشان، حدود صدهزار سال طول خواهد کشید. در داستان‌های علمی-تخیلی، با ریسمان‌های فضا یا سفر از میان بعدهای بیشتر، بر این مشکل غلبه می‌کنند. ولی من فکر می‌کنم که هرچقدر هم حیات هوشمند شود، چنین چیزی هیچ‌وقت ممکن نگردد. در نظریه‌ی نسبیت اگر کسی بتواند سریعتر از نور مسافرت کند، آنگاه همینطور خواهد توانست در زمان به عقب سفر کند. اینکه افرادی به گذشته روند و آن را تغییر دهند، مشکل‌زا است. به طور مشابه باید بتوان انتظار داشت که توریست‌های زیادی دیده شوند که از آینده به زمان حال آمده‌اند؛ طوری که رفتار ما در نظرشان قدیمی و عجیب باشد و کنجکاویشان را برانگیزد.

شاید بتوان با کمک مهندسی ژنتیک کاری کرد که حیات مبتنی بر DNA برای همیشه یا حداقل برای صدهزار سال زنده باقی بماند. یک راه ساده‌تر که تقریباً اکنون در توان ما است، فرستادن ماشین‌ها است. ماشین‌ها را می‌توان طوری طراحی کرد که از پس سفرهای بین ستاره‌ای برآیند. هنگامی که به یک ستاره‌ی جدید برسند، می‌توانند روی سیاره‌ی مناسبی فرود بیایند و مواد معدنی لازم را برای تولید ماشین‌های بیشتری که بتوانند به ستارگان دیگر فرستاده شوند، استخراج کنند. چنین ماشین‌هایی شکل جدیدی از حیات خواهند بود که به جای ماکرومولکول‌ها از اجزای مکانیکی و الکترونیکی تشکیل می‌شوند. نهایتاً ممکن است جایگزین حیات مبتنی بر DNA شوند، درست همانطور که احتمالاً DNA جایگزین گونه‌ی قدیمی‌تری از حیات شد.

این حیات ماشینی می‌تواند خودطراحی‌کننده نیز باشد. از اینرو به نظر می‌رسد که دوره‌ی انتقال خارجی، تنها فاصله‌ی بسیار کوتاهی از تکامل، در بین مرحله‌ی داروینی و مرحله‌ی خودطراحی ماشینی یا بیولوژیکی باشد. این موضوع در نمودار بعدی نشان داده شده است. البته نمودار مذکور دارای مقیاس مشخصی نیست؛ زیرا نمی‌توان یک دوره‌ی ده هزار ساله و یک دوره‌ی چندین میلیارد ساله را یکجا با مقیاس یکسانی نمایش داد. نمی‌دانیم مرحله‌ی خودطراحی چقدر دوام خواهد آورد. شاید ناپایدار باشد، و شاید حیات خودش را تخریب کند یا اینکه به بن‌بست برسد. در غیر اینصورت می‌تواند با نقل مکان به سیارات پیرامون ستارگان دیگر، از حادثه‌ی مرگ خورشید در حدود ۵ میلیارد سال بعد، نجات یابد. بیشتر ستارگان در یک فاصله‌ی زمانی تقریباً ۱۵ میلیارد ساله‌ی دیگر سوختشان تمام خواهد شد و مطابق با قانون دوم ترمودینامیک، جهان به یک حالت بی‌نظمی کامل نزدیک خواهد شد. اما Freeman Dyson نشان داده است که به رغم این، حیات خواهد توانست با مقدار دائماً در حال کاهش بی‌نظمی سازگار شود و بنابراین در اصول می‌تواند برای همیشه باقی بماند.



احتمال اینکه هنگام کاوش در کهکشان، با نوع بیگانه‌ای از حیات مواجه شویم، چقدر است؟ چنانچه استدلالمان در مورد مقیاس زمانی پیدایش حیات روی زمین درست باشد، باید ستارگان دارای سیارات ذی‌حیات دیگری هم وجود داشته باشد. برخی از این سیستم‌های ستاره‌ای می‌توانسته‌اند ۵ میلیارد سال قبل از زمین تشکیل شوند؛ پس چرا کهکشان از گونه‌های حیات خودطراحی‌کننده‌ی ماشینی یا بیولوژیکی پُر نشده است؟ چرا زمین ملاقات یا

حتی تسخیر نشده است؟ من این نظر را که UFOها موجوداتی از فضای دوردست در خود دارند، قبول ندارم. فکر می‌کنم هر ملاقاتی با موجودات بیگانه، خیلی آشکارتر و حتی خیلی ناخوشایندتر باشد.

دلیل اینکه هنوز ملاقات نشده‌ایم چیست؟ یک احتمال این است که استدلالمان درباره‌ی پیدایش حیات روی زمین اشتباه است. شاید احتمال پیدایش خودبخودی حیات، آنقدر کم است که زمین، تنها سیاره‌ی دارای حیات در کهکشان یا جهان قابل مشاهده است. یک احتمال دیگر این است که امکان قابل توجهی برای تشکیل سیستم‌های خودبازتولیدکننده، مانند سلول‌ها، وجود داشته است، اما بیشتر این اشکال حیات نتوانسته‌اند

هوشمند شوند. ما فرض کرده‌ایم که حیات هوشمند، نتیجه‌ی حتمی تکامل است. اما اصل آنتروپیک هشدار می‌دهد که در مقابل چنین استدلال‌هایی محتاط باشیم. محتمل‌تر است که تکامل، یک فرآیند تصادفی و هوش، تنها یکی از نتایج ممکن بسیار زیاد آن باشد. معلوم نیست که هوش در درازمدت، ارزش بقا داشته باشد. باکتری‌ها و سایر ارگانیسم‌های تک‌سلولی، در صورتی که اعمال ما منجر به نابودی همه‌ی دیگر اشکال حیات زمین شود، زنده خواهند ماند. گاه‌شناسی^۱ تکامل، با این عقیده که احتمال توسعه و پیدایش هوش، روی زمین اندک بوده است، موافقت دارد. زمان بسیار زیادی، معادل دو و نیم میلیارد سال، برای تکامل از موجودات تک‌سلولی به موجودات پرسلولی، که پیشنیاز هوش هستند، صرف شد. این مقدار، کسر قابل توجهی از کل زمان موجود قبل از بزرگ شدن خورشید است. بنابراین با این فرضیه که احتمال هوشمند شدن حیات کم است، مطابقت می‌کند. در

این حالت می‌توانیم انتظار داشته باشیم که گونه‌های حیات زیاد دیگری در جهان پیدا کنیم، اما احتمالاً نمی‌توانیم حیات هوشمند بیابیم. امکان دیگر این است که خرده‌سیاره یا ستاره‌ی دنباله‌داری به سیاره برخورد کند و حیات نتواند به مرحله‌ی هوشمندی برسد. همین اواخر شاهد برخورد سیارک Schumacher-Levi با مشتری بودیم. این برخورد باعث ایجاد یک سری قطعات گوی‌مانند خیلی بزرگ شد. عقیده بر این است که برخورد یک جسم نسبتاً کوچک‌تر با زمین در حدود ۷۰ میلیون سال پیش، باعث انقراض دایناسورها شده است.

Why Have We Not Been Visited?

1. The probability of life appearing is very low
2. The probability of life is reasonable but the probability of intelligence is low
3. The probability of evolving to our present state is reasonable, but then civilization destroys itself
4. There is other intelligent life in the galaxy, but it has not bothered to come here

عده‌ی قلیلی از پستانداران کوچک اولیه نجات یافتند، اما به احتمال قریب به یقین، هر چیزی به بزرگی یک انسان ناپود شد. به راحتی نمی‌توان گفت که چنین برخوردهایی چقدر اتفاق می‌افتد، اما شاید به طور متوسط هر بیست میلیون سال یکبار، حدس قابل قبولی باشد. اگر این تصویر ذهنی صحیح باشد، به این معنا است که حیات هوشمند تنها به این دلیل روی زمین شکل گرفته است که از روی شانس خوب، طی ۷۰ میلیون سال گذشته هیچ برخورد عظیمی با زمین صورت نگرفته است. شاید سایر سیارات دارای حیات کهکشان، برای مدت به اندازه‌ی کافی طولانی از برخوردهای سهمگین در امان نبوده‌اند تا موجودات هوشمند روی آن‌ها تکامل یابند.

احتمال سوم این است که شانس خوبی برای تشکیل حیات و تکامل به موجودات هوشمند تا مرحله‌ی انتقال خارجی وجود دارد. اما در آن مرحله، سیستم ناپایدار می‌شود و حیات هوشمند خودش را نابود می‌کند. این نتیجه‌گیری، بسیار بدبینانه است. امید خیلی زیادی دارم که درست نباشد. من احتمال چهارم را ترجیح می‌دهم: گونه‌های دیگری از حیات هوشمند در جهان وجود دارد، اما ما متوجه‌شان نشده‌ایم. در گذشته، پروژه‌ای به نام SETI یا جستجو برای هوش فرازمینی، در حال اجرا بود. در این پروژه، فرکانس‌های رادیویی پویش می‌شدند تا احتمال دریافت سیگنال‌هایی از تمدن‌های بیگانه بررسی شود. من معتقدم که این پروژه ارزش حمایت شدن داشت، هرچند که به دلیل نبود پشتیبانی مالی متوقف شد. البته باید قبل از اینکه اندکی توسعه یافته‌تر شویم، در پاسخ دادن به آن‌ها محتاط باشیم. در مرحله‌ای که در آن هستیم، ملاقات با یک تمدن پیشرفته‌تر، تا حدودی می‌تواند شبیه ملاقات ساکنین اصیل آمریکا با کلمب باشد. فکر نمی‌کنم آن‌ها در موقعیت بهتری بوده باشند. این تمام چیزی است که باید می‌گفتم. ممنونم که گوش دادید.

¹ Chronology