این ترجمه در سایت translationsproject.org منتشر شده و به صورت **رایگان** در دسترس عموم قرار دارد.

# باشکوه‌ترین نمایش روی زمین

# شواهدِ فرگشت

## ریچارد داوکینز

**مترجم**

محمد کریم طهماسبی

**ویراستار**

کمال چوگان‌باز

این ترجمه در سایت translationsproject.org منتشر شده و به صورت **رایگان** در دسترس عموم قرار دارد.

فهرست

مقدمهٔ مترجم ..... ۲

دیباچه ..... ۵

فصلِ ۱ :صرفاً یک نظریه؟ ..... ۱۲

فصلِ۲ :سگ‌ها، گاوها، و کلم‌ها ..... ۳۵

فصلِ ۳ :راهِ پرعیش‌وعشرتِ منتهی به کلان‌فرگشت ..... ۷۰

فصلِ ۴ :سکوت و زمانِ کند ..... ۱۲۵

فصلِ ۵ :درست جلویِ چشمانِ ما ..... ۱۵۹

عبارتِ «گم‌شده »یعنی چه؟ فصلِ ۶ :حلقهٔ گم‌شده؟ ..... ۲۰۳

فصلِ ۷ :افرادِ گم‌شده؟ دیگر گم‌شده نیستند ..... ۲۶۰

فصلِ ۸ :خودتان این کار را ظرفِ نه ماه انجام دادید ..... ۲۹۶

فصلِ ۹ :کشتیِ قاره‌ها ..... ۳۵۴

فصلِ ۱۰ :شجره‌نامهٔ خانوادگی ..... ۴۰۱

فصلِ ۱۱ :سرگذشتِ نقش‌بسته بر سراسرِ بدن‌مان ..... ۴۷۱

فصلِ ۱۲ :نبردِ تسلیحاتی و «تئودیسهٔ فرگشتی ..... ۵۲۰

فصلِ ۱۳ :شکوه را، در این نگرش به حیات، می‌توان دید ..... ۵۵۱

پیوست :انکارکنندگانِ تاریخ ..... ۵۹۲

نکاتِ بیشتر ..... ۶۰۷

کتاب‌نامه و منابع برایِ مطالعهٔ بیشتر ..... ۶۲۲

این ترجمه در سایت translationsproject.org منتشر شده و به صورت **رایگان** در دسترس عموم قرار دارد.

قدردانی بابتِ تصاویر ..... ۶۴۲
تصاویرِ رنگی ..... ۶۴۲
تصاویرِ درونِ متن ..... ۶۸۰

این ترجمه در سایت translationsproject.org منتشر شده و به صورت **رایگان** در دسترس عموم قرار دارد.

## مقدمهٔ مترجم

از فراز-و-فرودهایِ زندگیِ شخصی گذشته، آماده‌سازیِ این کتاب با وقایعِ اجتماعی و حتی جهانیِ مهمی همزمان شد. پس از این که نسخهٔ اولیهٔ ترجمه را برایِ ویراست به همکار و دوستِ عزیزم فرستادم، دیری نگذشت که اعتراضاتِ آبان شکل گرفت و اینترنت، به صورتِ سراسری، در ایران قطع شد.

پس از آن، شلیک به هواپیمایِ مسافربری رخ داد. اندکی پس از آن، همه‌گیریِ جهانیِ کوید-۱۹ اتفاق افتاد و تجربهٔ قرنطینه که حتی برایِ نسل‌هایِ قبل‌تر هم تجربه‌ای بی‌سابقه بود. هم اکنون نیز که در حالِ نگارشِ این سطورم، تنها دو روز از قتلِ پهلوان نویدِ افکاری می‌گذرد و داغِ آن همچنان بر دلِ ما تازه است.

این تلاطمات باعث شد که ترجمه، ویراست، و نهایی‌سازیِ کار با تأخیرِ چشمگیری به پایان برسد. اما در طولِ این مسیر تیمِ *پروژهٔ ترجمه*[1] صبورانه ما را همراهی کرد و حتی در جهتِ حلِ مشکلات‌مان از هیچ کوششی فروگذار نکرد.

با تمامِ این ملاحظات، امیدواریم که کیفیتِ کار قربانیِ شرایط نشده باشد و توانسته باشیم رسالتِ خود را به خوبی انجام داده باشیم. این کار، پیش از انتشار، چندین بار خوانده شده و در هر خوانش هم تغییراتی ایجاد شده است. مطمئناً اگر باز هم آن را بخوانیم، تغییراتی را در آن ایجاد خواهیم کرد، ولی طبیعتاً این سیر باید جایی متوقف شود، وگرنه کتاب هیچ وقت آمادهٔ انتشار نمی‌شود.

[1] Translation Project

به قولِ شاعرِ فرانسوی، پُل وَلِری[1]، «یک شعر هیچ وقت به پایان نمی‌رسد، بلکه رها می‌شود». امیدواریم ترجمه را در جایی رها کرده باشیم که به بلوغ کافی رسیده باشد و توانسته باشیم اهدافِ مطلوبِ خود را محقق کنیم.

در ترجمه و ویرایشِ کتاب، علاوه بر صحت، تأکید بر روانیِ متن بوده است. با وجودِ این که نسخهٔ اصلیِ این کتاب متنِ فاخری دارد، سعی شده است که جملات به گونه‌ای باشند که با یک بار خوانده شدن فهمیده شوند و نیازی به بازگشت و دوباره‌خوانی نباشد.

قبلاً در ترجمهٔ کتابِ *جادویِ واقعیت*[2] با *پروژهٔ ترجمه* همکاری کرده بودیم و عمدهٔ سنت‌هایِ نگارشی که در ترجمهٔ پیشین رعایت شده بودند در اینجا نیز رعایت شده‌اند.

همچون ترجمهٔ قبل، در جاهایی از متن از علامت <> استفاده شده است. مراد این است که عبارتی که داخلِ این نشانه آمده مستقیماً در متنِ اصلی نیامده است، اما مترجم یا ویراستار، برایِ قابلِ فهم و روان‌تر شدنِ متن آن را به جمله افزوده است.

در نوشتنِ پاورقی‌ها حساسیت به خرج داده شده و سعی شده است که واژگانِ تخصصی و اسامیِ مهم از قلم نیافتند. این کار به خوانندهٔ کنجکاو کمک می‌کند که کلیدواژه‌هایِ بهتری را برایِ جست–و–جو در اختیار داشته باشد.

تعداد صفحاتِ این ترجمه به مراتب از نسخهٔ اصلی بیشتر است و یکی از عواملِ آن همین پاورقی‌ها است. عاملِ تأثیرگذارِ دیگر اندازهٔ قلمِ فارسی بوده است که، به منظورِ خوانایی بهتر، بزرگ‌تر از اندازهٔ رایج برایِ متن‌هایِ انگلیسی انتخاب شده است. پس، با وجود تفاوت در تعدادِ صفحات، مطالب عیناً یکسان است.

---

[1] Paul Valery

[2] The Magic of Reality

در پایان باید بگویم برایِ ما، که به عنوانِ مترجم و ویراستارِ کتاب، با واژه به واژهٔ متن زندگی کرده‌ایم، هر خوانش برای‌مان نکاتِ تازه‌ای به همراه داشت و ابعادِ تازه‌ای را از مطالبِ قبلاً آموخته شده بر ما هویدا می‌کرد. این همان درون‌مایهٔ تکرارشوندهٔ کتاب‌هایِ ریچارد داوکینز است که واقعیت آن قدر شکوهمند و شگفتی‌آور است که نیازی به دل بستن به قصه و افسانه نیست.

محمدکریم طهماسبی

۲۴ شهریور ۱۳۹۹

# دیباچه

شواهدِ فرگشت[1] روز-به-روز بیشتر می‌شوند و هیچ گاه تا به این اندازه نیرومند نبوده‌اند. با وجودِ این، عجیب است که مخالفانِ کم‌اطلاعِ فرگشت نیز، تا آنجا که به یاد دارم، هیچ‌گاه تا به این اندازه قوی‌دست نبوده‌اند. این کتاب خلاصه‌ای است که من از شواهدِ اثبات‌کنندهٔ فرگشت تهیه کرده‌ام. این شواهد نشان می‌دهند که «نظریهٔ[2]» فرگشت یک واقعیت است، واقعیتی غیرِ قابلِ انکار هم‌چون هر واقعیتِ علمی دیگر.

این کتابْ نخستین کتابِ من دربارهٔ فرگشت نیست. از این رو، لازم است که تفاوتِ آن را با دیگر کتاب‌هایم شرح دهم. می‌توانم بگویم که این کتابْ حلقهٔ گم‌شدهٔ[3] سلسله کتاب‌هایِ من است. کتاب‌های ***ژنِ خودخواه***[4] و ***فنوتیپِ گسترش‌یافته***[5] از نظریهٔ آشنایِ «انتخابِ طبیعی[6]» آشنازدایی می‌کنند، اما در آن‌ها سخنی از شواهدِ فرگشت به میان نیامده است. سه کتابِ بعدیِ من، هر کدام به روشِ خود، به شناسایی و رفعِ موانعِ عمده در درکِ فرگشت پرداختند. این کتاب‌ها، یعنی ***ساعت‌سازِ نابینا***[7]، ***رودی بیرون از باغِ بهشت***[8] و (کتابِ موردِ علاقهٔ من از میان این سه)

---

[1] evolution

[2] theory

[3] فارسی‌زبانان بیشتر با عبارتِ «حلقهٔ مفقوده» آشنا هستند تا «حلقهٔ گم‌شده» اما برایِ رساندنِ معنا و نیز استفاده از نقش‌هایِ گوناگونِ واژه، ترجیح دادیم که از عبارتِ نامأنوس‌تر اما گویاترِ «حلقهٔ گم‌شده» بهره بگیریم. ویراستار

[4] The Selfish Gene

[5] The Extended Phenotype

[6] natural selection

[7] The Blind Watchmaker

[8] River Out of Eden

***صعود به قلهٔ نامحتمل***[1] به سؤالاتی از این دست پاسخ می‌دهند: «فایدهٔ داشتنِ چشمی نیمه‌بینا چیست؟» «داشتنِ نصفِ یک بال چه فایده‌ای دارد؟» «از آن‌جا که بیشترِ جهش‌ها[2] پیامدهایِ منفی به همراه دارند، انتخابِ طبیعی چگونه می‌تواند رخ دهد؟» ولی باز هم می‌گویم که این سه کتاب، با وجودی که موانعِ درکِ فرگشت را از سرِ راه بر می‌دارند، شواهدی برایِ اثباتِ درستیِ آن ارائه نمی‌کنند. قطورترین کتابم، ***داستانِ نیاکان***[3]، کلّ تاریخِ حیات را پیشِ رویِ مخاطب قرار می‌دهد؛ در یک سفرِ زیارتیِ چاسری[4] و با هدف یافتن نیاکان[5] به گذشته نقب می‌زند. اما این کتاب نیز درستیِ فرگشت را فرض می‌گیرد.

---

[1] Climbing Mount Improbable

[2] mutation

[3] The Ancestor's Tale

[4] Geoffrey Chaucer

شاعرِ انگلیسی (۱۳۴۳–۱۴۰۰). اولین کارهایِ ادبیِ چاسر تحتِ نفوذِ ادبیاتِ فرانسه و اشعارِ عاشقانه قرار داشت. در ۱۳۸۷ ***قصه‌هایِ کنتربری*** را به چاپ رساند که شاملِ قصه‌هایی منظوم است که عده‌ای آن را تحت نفوذِ کتابِ ***دکامرونِ*** بوکاتچو، شاعرِ ایتالیایی، می‌دانند اما این امر مسلّم نیست. جریانِ داستان در طیّ سفری زیارتی در کنتربری می‌گذرد که شاعر خود را در میانِ سی نفر زائر تصور می‌کند که در مهمانسرایی جمع شده‌اند و قرار می‌گذارند که برایِ کاستن از ملالِ سفرِ دور–و–دراز، هر یک دو داستان به هنگامِ رفت و بازگشت نقل کند. چاسر زائران را طوری بر می‌گزیند که هر یک تصویری گویا از افرادِ جامعه به دست دهد از قبیلِ تاجر، سرباز، کشیش، پزشک، ملاح، دانشجویِ آکسفورد، و مانندِ آن. زائرانِ قصه‌گو ابتدا در خارج از صحنهٔ داستان با قلمِ رنگین و روشنِ شاعر جان می‌گیرند و به تدریج که واردِ داستان می‌شوند شخصیتِ خود را در حینِ نقل آشکار می‌سازند. به‌طورِ کلی ***قصه‌هایِ کنتربری*** پردهٔ نقاشیِ گسترده و دقیقی است از زندگیِ مردم انگلیس در قرون وسطا و نوعی «کمدیِ انسانی» از جامعهٔ متوسطِ آخرِ قرنِ چهاردهم. *فرهنگِ ادبیاتِ جهان*، تألیفِ زهرایِ خانلری، شرکتِ سهامیِ انتشاراتِ خوارزمی، چاپِ اول، ۱۳۷۵

[5] ancestor

اکنون که به این کتاب‌ها می‌اندیشم، می‌بینم که در هیچ یک از آن‌ها شواهدِ اثباتِ فرگشت به صراحت بیان نشده‌اند و این ایرادی مهم بود که باید آن را برطرف می‌کردم. سال ۲۰۰۹ زمان خوبی برای این کار به نظر می‌آمد؛ چرا که دویستمین سالگردِ تولدِ داروین[1] و صدوپنجاهمین سالگردِ ***خاستگاهِ گونه‌ها***[2] بود. جایِ شگفتی نیست که این فکر به ذهنِ دیگران نیز خطور کرده بود و چندین جلد کتابِ عالی در این سال منتشر شدند. بهترین نمونهٔ آن‌ها کتابِ ***چرا فرگشت درست است؟***[3]، اثرِ جری کوین[4]، است. من نقدی بسیار موافق بر این کتاب در *ضمیمهٔ ادبیِ تایمز*[5] منتشر کردم که اکنون از نشانی http://richarddawkins.net/article,۳۵۹۴,Heat-the-Hornet,Richard-Dawkins قابل دسترس است.

***صرفاً یک نظریه***[6] عنوانی بود که جان بروکمَن[7]، کارگزارِ ادبیِ خوش‌ذوق و خستگی‌ناپذیرِ من، برای این کتاب به ناشران پیشنهاد داده بود. بعداً مشخص شد که کِنت میلر[8] قبلاً این عنوان را برایِ جوابیهٔ مفصلِ خود به محاکمه‌ای مشهور برگزیده است، محاکمه‌ای که بر سر گزینش سر فصلِ دروسِ علمی برگزار شده بود (میلر در این محاکمه در قامتِ یک قهرمان ظاهر شد). به هر حال، خودم به مناسب بودنِ این عنوان شک داشتم و زمانی که عنوانِ بهتری برایِ آن به ذهنم رسیده بود، منتظرِ بهانه‌ای بودم که آن را کنار بگذارم. چند سالِ پیش، یکی از علاقمندانِ

---

[1] Charles Darwin

[2] On the Origin of Species

[3] Why Evolution Is True

[4] Jerry Coyne

[5] Time Literary Supplement

[6] Only a Theory

[7] John Brockman

[8] Kenneth Miller

ناشناسم تی‌شرتی را برایم فرستاده بود که این شعارِ بارنومی[1] رویِ آن نوشته شده بود: «فرگشت، بزرگ‌ترین نمایشِ روی زمین، یگانه گزینهٔ موجود[2]». هر از گاهی، در سخنرانی‌هایی که در همین موضوع داشتم آن تی‌شرت را می‌پوشیدم. ناگهان به ذهنم خطور کرد که نوشتهٔ رویِ لباس، حتی با اینکه بسیار طولانی است، می‌تواند عنوانِ مناسبی برایِ کتاب باشد. آن را کوتاه کردم: ***بزرگ‌ترین نمایشِ روی زمین***[3]. عنوانِ «صرفاً یک نظریه» برای فصلِ ۱ کاملاً مناسب بود. البته محضِ احتیاط یک علامتِ سؤال هم در آخرِ آن گذاشتیم که مبادا آفرینش‌باوران[4] آن را خارج از متن و سیاقِ این عبارت نقل کرده از آن سوءاستفاده کنند[5].

افرادِ زیادی، به انحاءِ مختلف، من را در این کار یاری کرده‌اند، از جمله مایکل یودکین[6]، ریچارد لِنسکی[7]، جورج اوستِر[8]، کارولین پاند[9]، هِنری دی. گریسونو-مایر[10]، جاناتان هاجکین[11]، مَت ریدلی[12]، پیتر هلند[1]، والتر جوْیس[2]، یان وُنگ[3]، ویل اَتکینسون[4]، لاثا مِنون[5]، کریستوفر گراهام[6]،

---

[1] برگرفته از نام فینئاس تیلور بارنوم، شومن و تاجر و سیاستمدار امریکایی، که به دلیل تبلیغ مدعاهای کذب و بنیانگذاری سیرکش مشهور بود. در اینجا بیشتر کنایه از عبارات پرطمطراقی است که در این موارد انتخاب می‌شد تا توجه مخاطب را جلب کنند. ویراستار

[2] Evolution, the Greatest Show on Earth, the Only Game in Town

[3] The Greatest Show on Earth

[4] creationist

[5] quote mining

[6] Michael Yudkin

[7] Richard Lenski

[8] George Oster

[9] Caroline Pond

[10] Henri D. Grissino-Mayer

[11] Jonathan Hodgkin

[12] Matt Ridley

پائولا کِربی[۷]، لیزا باوِر[۸]، اُوِن سِلی[۹]، ویکتور فِلین[۱۰]، کارِن اُونز[۱۱]، جان اِندلر[۱۲]، آیِن داگلاس-هَمیلتون[۱۳]، شیلا لی[۱۴]، فیل لُرد[۱۵]، کریستین دِبلاس[۱۶]، و رَند راسل[۱۷]. سالی گامینارا[۱۸] و هیلاری رِدمُن[۱۹] و تیم‌های‌شان، به ترتیب، در بریتانیا و آمریکا، پشتیبان و مشوقانی در خور بودند. سه بار پیش آمد که وقتی کتاب آخرین مرحله‌های عرضه به بازار را پشت سر می‌گذاشت، کشفیاتی تازه و جالبِ توجه در نوشته‌های علمی گزارش شدند. هر بار، با دلهره از ناشر پرسیدم که آیا این امکان وجود دارد که برای سازگاری با یافتهٔ جدید، فرآیندهایِ منظم و پیچیدهٔ نشر را به هم بزنیم؟ هر ناشر دیگری بود، ممکن بود در برابر چنین تغییرات مزاحم و دقیقهٔ نودی غر بزند و گلایه کند، ولی

---

[1] Peter Holland

[2] Walter Joyce

[3] Yan Wong

[4] Will Atkinson

[5] Latha Menon

[6] Christopher Graham

[7] Paula Kirby

[8] Lisa Bauer

[9] Owen Selly

[10] Victor Flynn

[11] Karen Owens

[12] John Endler

[13] Iain Douglas-Hamilton

[14] Sheila Lee

[15] Phil Lord

[16] Christine DeBlase

[17] Rand Russell

[18] Sally Gaminara

[19] Hilary Redmon

سالی[۱] و هیلاری[۲] پیشنهادهایم را با روی خوش پذیرفتند و برایِ عملی شدن‌شان مرارت‌ها کشیدند. جیلیان سامِراِسکیلز[۳] نیز به همین اندازه مشتاق و یاری‌رسان بود. او وظیفهٔ نمونه‌خوانیِ کتاب را بر عهده داشت و با بهرهٔ ادیبانه و نکته‌بینیِ وافری که داشت مطالبِ کتاب را نظم بخشید.

همسرم **لالا وارْد**[۴] نیز یک بار دیگر پشتیبانم بود با تشویق‌هایِ بی‌وقفه‌اش، با نقدهایِ سازنده‌اش در زمینهٔ سبکِ نوشتار، و نیز با پیشنهادهایش که خاصّ طبع و ذوق اویند. ایدهٔ نوشتنِ این کتاب و آغازِ کار بر رویِ آن با آخرین ماه‌های کار در کرسی استادی چارلز سیمونی[۵] هم‌زمان بود و پایان آن نیز پس از بازنشستگی‌ام رقم خورد.[۶] حال که در پایانِ راهِ کرسیِ سیمونی هستم چهارده سال از نخستین دیدارِ سرنوشت‌سازی که با چارلز سیمونی داشتم می‌گذرد و در این مدت هفت کتاب به چاپ رسانده‌ام. مایلم که بارِ دیگر، صمیمانه، از چارلز قدردانی کنم. **لالا**[۷] نیز، همچون من، آرزو دارد که این دوستی برقرار بماند.

این کتاب را به جاش تیمونن[۸] تقدیم می‌کنم و از او و گروهِ اختصاصی و کوچکی که در آغاز، با همکاریِ او، وبسایت RichardDawkins.net را راه‌اندازی کردند، کمالِ تشکر را دارم. فعالانِ فضایِ مَجازی جاش را به عنوانِ طراحِ سایتی خلاق می‌شناسند، اما این فقط قطره‌ای از دریاست. استعدادِ خلاقانهٔ جاش بسیار فراتر از این‌هاست و حتی اگر آن را با دریا قیاس کنم باز زبان

---

[1] Sally

[2] Hilary

[3] Gillian Somerscales

[4] Lalla Ward

[5] Charles Simonyi

[۶] کرسی سیمونی در سال ۱۹۹۵ در دانشگاه آکسفورد و با کمک‌های اهدایی چارلز سیمونی، معمار نرم‌افزار مجار–امریکایی، به استادی ریچارد داکینز بنیاد نهاده شده است. ویراستار

[7] Lalla Ward

[8] Josh Timonen

قاصر است از وصف تنوعِ و گسترهٔ کمک‌هایِ او طیِ همکاری‌مان و خُلقِ نیکویی که در این مدت از خود نشان داد.

# فصلِ ۱: صرفاً یک نظریه؟

تصور کنید که تاریخِ روم و زبانِ لاتین درس می‌دهید و دغدغه‌تان این است که شوقِ خود به دنیایِ باستان را به مخاطبانِ خود انتقال دهید؛ می‌خواهید که دانشجویان شور و علاقهٔ شما را به مرثیه‌هایِ اوویدِ[۱]، قصایدِ هوراس[۲]، قدرتِ ایجازِ دستورِ زبانِ لاتین، که در خطابه‌هایِ سیسرو[۳] هویداست، زیبایی‌هایِ استراتژیکِ جنگ‌هایِ پونی[۴]، زمامداریِ جولیوس سزار[۵]، و افراط و تفریط‌هایِ لذت‌طلبانهٔ امپراتورهایِ بعدی را لمس کنند. هدفی است بلندپروازانه و زمان، تمرکز، و تعهدِ بالایی را می‌طلبد. با این همه، می‌بینید که وقتِ گران‌بهای‌تان مدام به هدر می‌رود و مشتی ignoramus (به عنوان یک دانشورِ زبانِ لاتین می‌دانید که بهتر است از ignorami استفاده نکنید)[۶] که پشتیبانیِ سیاسی و مخصوصاً مالی می‌شوند و دمی زبان به کام نمی‌گیرند، مدام دور و برتان می‌چرخند و سعی می‌کنند حواسِ دانشجویان بداقبال‌تان را متوجهِ خود کنند و آن‌ها را متقاعد کنند که نه رومی وجود داشته و نه امپراتوریِ روم. و این که قدمتِ پیدایشِ جهان به زحمت از تاریخِ معاصر تجاوز می‌کند.

---

[1] Ovid

[2] Horace

[3] Cicero

[4] the Punic Wars

جنگ‌های پونی یا جنگ‌های فِنیقی (به انگلیسی: Punic Wars)، به مجموعه جنگ‌های طولانی و سهمگین و دامنه‌داری گفته می‌شود که طی سدهٔ سوم قبل از میلاد، میان دو قدرت روم و کارتاژ درگرفت و مدت بیست و چهار سال تمام به طول انجامید و تلفات بسیار به همراه داشت. ویکی‌پدیا، مدخلِ جنگ‌هایِ پونی

[5] Julius Caesar

[۶] Ignoramus واژه‌ای است با ریشهٔ لاتین به معنای «جاهل و گمراه». طبق قواعد زبان لاتین، واژگانی که به us ختم می‌شوند باید هنگام جمع به جای حرف s حرف i بگیرند اما داکینز شاید با کنایه به بی‌سوادی مخاطبینش در کلاس یا میل وافرشان به دوری گزیدن از قواعد پذیرفته‌شدهٔ دستور زبان، آن را با همان s جمع می‌بندد. ویراستار

همچنین ادعا می‌کنند که زبان‌های اسپانیایی، ایتالیایی، فرانسوی، پرتغالی، کاتالان[1]، اُکسیتان[2]، رومانش[3] و گویش‌های متنوع‌شان یک‌هویی و مستقل از هم به وجود آمده‌اند و هیچ چیز از زبانی قدیمی‌تر، چون لاتین، وام نگرفته‌اند. به جای این که کلِ توجه‌تان را روی امرِ شریفِ دانشوری و تعلیم بگذارید، مجبور می‌شوید که وقت و همّ و غمِّ خود را مصروف اثباتِ وجودِ روم و رومیان کنید. مجبور می‌شوید علیهِ سوگیریِ بی‌خردانه‌ای موضع بگیرید که اگر جنگیدنِ با آن وقتی برای‌تان باقی می‌گذاشت، آن را صرفِ گریه و شیون می‌کردید.

اگر این مثالِ معلمِ زبانِ لاتین را عجیب و نامعقول می‌یابید، مثالی واقعی‌تر برای‌تان می‌آورم. تصور کنید که یکی از مباحثِ تاریخیِ متأخر را درس می‌دهید و گروهی از انکارکنندگانِ هولوکاست[4]، که از سازمان‌دهی و پشتیبانیِ مالیِ قوی و قدرتِ سیاسی بالایی برخوردارند، دروسِ قرنِ بیستمِ اروپایِ شما را تحریم می‌کنند، به سخره می‌گیرند، یا هر طور شده چوب لایِ چرخِ آن می‌گذارند. درست است که انکارکنندگانِ روم، که در مثالِ خود آوردم، صرفاً فرضی بودند، اما انکارکنندگانِ هولوکاست واقعاً وجود دارند. این افراد از ابرازِ عقیدهٔ خود هیچ ابایی ندارند، در ظاهر بسیار هم معقول تشریف دارند، و در اینکه خود را افرادی کتابخوان و فاضل هم جا بزنند یدِ طولایی دارند. دستِ کم رئیس‌جمهورِ یکی از کشورهایِ قدرت‌مندِ کنونی و یکی از اسقف‌های کلیسایِ کاتولیکِ رُم[5] حامیِ این دیدگاه هستند. تصور کنید هنگامِ تدریسِ تاریخِ اروپا، عده‌ای مدام شما را به بادِ انتقاد بگیرند و با طلبکاری ازتان بخواهند که «جدل‌هایِ طرفِ مخالف را هم درس دهید» و «زمانِ برابری» را به «نظریهٔ جایگزین»ی اختصاص دهید که می‌گوید هولوکاست هرگز رخ نداده

---

[1] Catalan

[2] Occitan

[3] Romansh

[4] Holocaust

[5] the Roman Catholic Church

است و یک مشت صهیونیست آن را از خودشان در آورده‌اند. روشن‌فکرانِ نسبی‌گرا هم، که این روزها توی بورس هستند، نخودِ آش می‌شوند و اصرار می‌کنند که هیچ حقیقتِ مطلقی وجود ندارد: پذیرش یا عدمِ پذیرشِ هولوکاست تصمیمی فردی است؛ همهٔ دیدگاه‌ها به یک اندازه معتبرند و باید به یک اندازه «محترم شمرده شوند».

بسیاری از معلمان و اساتیدِ علوم نیز این روزها حال و روزِ بهتری ندارند. هر گاه که به شرحِ اصلِ محوری و راهنمایِ زیست‌شناسی همت می‌ورزند؛ هر گاه که صادقانه حیات را در بافتِ تاریخی‌اش (یعنی فرگشت) قرار می‌دهند؛ هر گاه که جوهرهٔ حیات را وا می‌کاوند یا شرح می‌دهند؛ عده‌ای به آن‌ها می‌تازند، چوب لایِ چرخ‌شان می‌گذارند، آزارشان می‌دهند، به‌شان زور می‌گویند، و حتی تهدیدشان می‌کنند که از کار بیکارشان می‌کنند. کمترین ضررش این است که وقت این اساتید رویِ این آدم‌ها تلف می‌شود. ممکن است والدینِ دانش‌آموزان نامه‌هایِ تهدیدکننده به آن‌ها بنویسند و مجبور باشند پوزخندها و سرسختی‌هایِ بچه‌هایی را تحمل کنند که شست‌وشویِ مغزی شده‌اند. از سویِ دولت، کتاب‌هایِ درسی‌ای به آن‌ها داده می‌شود که یا به طورِ نظام‌مند واژهٔ «فرگشت» از آن‌ها حذف شده است و یا به جایِ آن عبارتِ «تغییرِ تدریجی» به کار رفته است. در گذشته شاید ساده از کنارِ چنین موضوعی می‌گذشتیم و آن را پدیده‌ای تلقی می‌کردیم که فقط در آمریکا ممکن است رخ دهد. اما امروزه معلمانِ بریتانیایی و اروپایی هم با چنین مشکلاتی دست و پنجه نرم می‌کنند. این امر تا اندازه‌ای پیامدِ تأثیرِ آمریکاست، اما عاملِ مهم‌تر افزایشِ تعدادِ دانش‌آموزانِ مسلمان در کلاس‌هایِ درس است (تعهدِ رسمی برایِ «چند-فرهنگی[1]» کردنِ جامعه و ترس از نژادپرست خوانده شدن هم بدین معضل دامن زده است).

به کَرّات، و به درستی، گفته می‌شود که روحانیونِ عالی‌رتبه و اساتیدِ الهیات مشکلی با فرگشت ندارند و در این مورد پشتیبانِ دانشمندان هم هستند. این گفته عمدتاً صدق می‌کند و دو

[1] multiculturalism

مورد همکاریِ دل‌پذیری که با لُرد هَریز[1] داشته‌ام — که در زمانِ همکاری‌مان اسقفِ آکسفورد[2] بود — گواهی بر این مدعاست. در سالِ ۲۰۰۴، با هم مقالهٔ مشترکی را در *ساندیِ تایمز*[3] نوشتیم که پایانش چنین بود: «امروزه دیگر این موضوع جایِ بحث ندارد. فرگشت یک واقعیت و، از دیدگاهِ مسیحت، یکی از کارهایِ بزرگِ خداوند است.» آخرین جمله را ریچارد هَریز نوشته بود، اما بقیهٔ مقاله موردِ توافقِ هر دوی‌مان بود. دو سال پیش از آن، اسقف هَریز و من مشترکاً طوماری را خطاب به نخست‌وزیر، تونی بلر[4]، ترتیب داده بودیم که بدین قرار بود:

جناب نخست‌وزیر،

ما گروهی از دانشمندان و اسقفان هستیم و هدف‌مان از نوشتنِ این نامه این است که نگرانیِ خود را دربارهٔ تدریسِ علوم در دبیرستانِ شهریِ فناوریِ امانوئل در گِیتس‌هِد[5] ابراز کنیم.

فرگشت نظریه‌ای علمی است که قدرتِ تبیینی[6] عظیمی دارد و می‌تواند پدیده‌هایِ متنوعی را در علومِ مختلف توجیه کند. با توجه به شواهد، می‌توان این نظریه را اصلاح یا تأیید کرد و یا به طورِ بنیادی تغییر داد. این نظریه «دیدگاهی اعتقادی[7]»، به تعبیرِ نمایندگانِ مدارس، نیست و نمی‌توان آن را با روایتِ کتابِ مقدس از خلقت، که کارکرد و هدفی متفاوت دارد، از یک قماش تلقی کرد.

---

[1] Lord Harries

[2] Bishop of Oxford

[3] Sunday Times

[4] Tony Blair

[5] the Emmanuel City Technology College in Gateshead

[6] explanatory

[7] faith position

اهمیتِ این مسئله فراتر از برنامهٔ درسیِ یک مدرسه است. نگرانی نسبت به مطالبی که در نسلِ آیندهٔ این مدارسِ دینیِ تدریس خواهند شد و نحوهٔ تدریسِ آن‌ها رو به افزایش است. ما باور داریم که باید بر برنامهٔ درسیِ این آموزشگاه‌ها، از جمله دبیرستانِ شهریِ فناوریِ امانوئل، با دقت و نکته‌سنجی نظارت کرد تا احترامِ شاخه‌هایِ علمی و دینی حفظ شود.

با احترام،

*روحانی ریچارد هَریز، اسقفِ آکسفورد؛ عالی‌جناب دیوید اَتِن‌برو، عضوِ انجمنِ سلطنتی[1]؛ روحانی کریستوفر هِربِرت، اسقفِ سِینت آلبانز[2]؛ لُرد میِ آکسفورد، رئیسِ انجمنِ سلطنتی[3]؛ پرفسور جان اِندِربی، عضوِ انجمنِ سلطنتی، دبیرِ بخشِ فیزیکِ انجمنِ سلطنتی[4]؛ روحانی جان اُلیوِر، اسقفِ هیِرفورد[5]؛ روحانی مارک سانتِر، اسقفِ بیرمنگام[6]؛ عالی‌جناب نیل چالمرز، مدیرِ موزهٔ تاریخِ طبیعی[7]؛ روحانی توماس باتلِر، اسقفِ ساوث‌وارک[8]؛ عالی‌جناب مارتین ریس، عضوِ و اخترشناسِ انجمنِ سلطنتی[9]؛ روحانی کِنِت استیونسون، اسقفِ پورت‌ماوث[10]؛ پرفسور پاتریک بِیت‌سان، عضوِ*

---

[1] Sir David Attenborough FRS

[2] The Rt Revd Christopher Herbert, Bishop of St Albans

[3] Lord May of Oxford, President of the Royal Society

[4] Professor John Enderby FRS, Physical Secretary, Royal Society

[5] The Rt Revd John Oliver, Bishop of Hereford

[6] The Rt Revd Mark Santer, Bishop of Birmingham

[7] Sir Neil Chalmers, Director, Natural History Museum

[8] The Rt Revd Thomas Butler, Bishop of Southwark

[9] Sir Martin Rees FRS, Astronomer Royal

[10] The Rt Revd Kenneth Stevenson, Bishop of Portsmouth

*انجمنِ سلطنتی، دبیرِ بخشِ زیست‌شناسیِ انجمنِ سلطنتی[1]؛ روحانی کریسپیان هولیس، اسقفِ کاتولیکِ رومیِ پورت‌ماوث[2]؛ عالی‌جناب ریچارد ساوث‌وود، عضوِ انجمنِ سلطنتی[3]؛ عالی‌جناب فرانسیس گراهام-اسمیت، دبیرِ سابقِ بخشِ فیزیکِ انجمنِ سلطنتی[4]؛ پرفسور ریچارد داوکینز، عضوِ انجمنِ سلطنتی*

اسقف هریس و من با عجله این طومار را نگاشتیم. تا آن‌جا که به خاطر دارم، کلِ کسانی که برایِ امضاءِ نامه به‌شان رجوع کرده بودیم آن را امضاء کردند. بینِ اسقفان و دانشمندان هیچ اختلافِ نظری رویِ این موضوع نبود.

نه اسقف اعظمِ کانتربری[5] با فرگشت مشکل دارد و نه پاپ (البته اگر از تردید عجیب پاپ در این باب بگذریم که از نظر دیرینه‌شناسی[6] دقیقاً چه وقت روح در کالبدِ انسان دمیده شد). همچنین هیچ کشیش و استادِ الهیاتی هم فرگشت را رد نمی‌کند. این کتاب دربارهٔ شواهدِ متقنی است که حقیقت بودنِ فرگشت را ثابت می‌کنند. قرار نیست کتابی ضدِ دین باشد. قبلاً این کار را کرده‌ام. آن مربوط به تی‌شرت دیگری بود که اینجا جای پوشیدنش نیست. اسقف‌ها و دین‌شناسانی که به شواهدِ فرگشت عنایت داشته‌اند از جنگیدن با آن دست کشیده‌اند. بعضی با اکراه و بعضی، همچون ریچارد هریس، با رغبت آن را پذیرفته‌اند، اما همگی، به جز آن دسته که به طرزِ فجیعی ناآگاه‌اند، مجبور به پذیرشِ درستیِ فرگشت شده‌اند. ممکن است چنین بیاندیشند که خدا در آغازِ فرآیند دست داشته است، اما از دخالت در آیندهٔ آن دست کشیده است. شاید هم چنین بیاندیشند که خدا کارخانهٔ گیتی

---

[1] Professor Patrick Bateson FRS, Biological Secretary, Royal Society

[2] The Rt Revd Crispian Hollis, Roman Catholic Bishop of Portsmouth

[3] Sir Richard Southwood FRS

[4] Sir Francis Graham-Smith FRS, Past Physical Secretary, Royal Society

[5] The Archbishop of Canterbury

[6] palaeontological

را خود به جریان انداخته و تولدش را با قواعدی هماهنگ و مقادیرِ فیزیکیِ ثابت رسمیت بخشیده است. کارِ این قواعد و مقادیر این بوده که اهدافی را محقق کنند که فهم‌شان از توانِ ما خارج است و قرار بوده که روزی در تحقق‌شان نقشی داشته باشیم. در هر حال، روحانیونِ منطقی و اهلِ تفکر، عده‌ای از سرِ ناچاری و عده‌ای هم با رضای باطن، بالاخره شواهدِ فرگشت را قبول دارند.

اشتباهی که باید از آن حذر کنیم این است که ساده‌انگارانه فرض را بر این بگذاریم که حال که روحانیونِ تحصیل‌کرده فرگشت را قبول دارند، پامنبری‌های‌شان هم آن را قبول دارند. افسوس و صد افسوس که نتایجِ نظرسنجی‌ها خلافِ این موضوع را نشان می‌دهند. بیش از ۴۰ درصدِ آمریکایی‌ها قبول ندارند که انسانْ حاصلِ فرگشتِ سایرِ حیوانات است. آن‌ها بر این باورند که ما —— و لابد سایرِ موجودات —— را خدا طیِ ده هزار سالِ گذشته آفریده است. در بریتانیا، آمار این قدر بالا نیست، اما همچنان به طرزِ نگران‌کننده‌ای بالاست. این موضوع باید به همان اندازه که برایِ دانشمندان نگران‌کننده است، برایِ جامعهٔ کلیسا هم نگران‌کننده باشد. وجودِ این کتاب ضروری است. من برایِ کسانی که فرگشت را انکار می‌کنند واژهٔ «انکارکنندگانِ تاریخ[1]» را به کار خواهم برد. این افراد باور دارند که عمرِ جهان چندین هزار سال است؛ در حالی که جهان هزاران میلیون سال قدمت دارد. همچنین، مطابقِ باورِ این افراد، انسان‌ها هم‌عصرِ دایناسورها[2] تلقی می‌شوند. تکرار می‌کنم که این عده بیش از ۴۰ درصدِ جمعیتِ آمریکا را شامل می‌شود. این آمار در کشورهایِ مختلف بالا و پایین دارد، اما ۴۰ درصد میانگینِ خوبی است و هر از گاهی از «انکارکنندگانِ تاریخ» به عنوانِ «۴۰ درصدی‌ها» یاد خواهم کرد.

این را خطاب به اسقفان و دین‌شناسانِ آگاه می‌گویم که اگر برایِ مبارزه با چرندیاتِ غیرعلمی که خودشان هم ازشان متنفرند همتِ بیشتری می‌کردند خیلی خوب می‌شد. چه بسا مبلغانی که به درستیِ فرگشت باور دارند و معتقدند که آدم و حوا هرگز وجود نداشته‌اند، اما «چون به منبر

---

[1] history-deniers

[2] dinosaur

می‌روند آن کارِ دیگر می‌کنند»: داستانِ آدم و حوا را نقل و از آن نتیجه‌گیری‌هایِ اخلاقی و دینی می‌کنند، بدونِ این که حتی یک بار هم بگویند «البته، آدم و حوا اصلاً وجودِ خارجی نداشتند!». اگر کسی آن‌ها را به چالش بکشد، اعتراض می‌کنند که حرف‌شان منحصراً «نمادین» بوده است و به چیزی از جنسِ «گناهِ نخستین[1]» یا فضائلِ معصومیت اشاره داشته است. احتمالاً با نگاهی عاقل اندر سفیه هم می‌گویند که «البته که هیچ کس آن‌قدر احمق نیست که این داستان‌ها را واقعی تلقی کند». اما آیا پامنبری‌هاشان هم از این موضوع آگاهند؟ آن کسی که رویِ نیمکتِ کلیسا یا سرِ سجاده نشسته است از کجا باید بفهمد که چه بخش‌هایی از کتابِ مقدس را باید واقعی تفسیر کند و کدام بخش‌ها را نمادین؟ آیا واقعاً تشخیصِ چنین چیزی برایِ تحصیل‌نکردگانی که به کلیسا می‌روند ساده است؟ در اکثرِ قریب به اتفاقِ موارد پاسخ منفی است و البته تقصیری هم ندارند. اگر حرفم را باور ندارید، به پیوست مراجعه کنید.

**شکل ۱- «هنوز هم می‌گویم که صرفاً یک نظریه است».**

آقایِ اسقف، به این قضیه فکر کن. آقایِ نمایندهٔ اسقف، دقت کن. شما دارید با دینامیت بازی می‌کنید. دست رویِ دست گذاشته‌اید، در حالی که سوءِتفاهمی در شرفِ وقوع است. حتی می‌توان گفت که اگر کسی جلویِ این سوءِتفاهم را نگیرد، وقوعش حتمی است. آیا نباید وقتی که برایِ عموم حرف می‌زنید دقتِ بیشتری به خرج دهید و شسته و رفته صحبت کنید که حسابِ حرف‌هایِ نمادین‌تان از حرف‌هایِ واقعی جدا باشد؟ آیا از ترسِ عتابِ دیگران نباید به خودتان

[1] original sin

زحمت دهید و به یاریِ دانشمندان و مدرّسانِ علوم بیایید و با این سوءِتفاهم مبارزه کنید؟ آن هم این سوءِتفاهمی که تا همین جا هم بیش از حد همه‌گیر شده است.

قصدم این است که این کتاب به دستِ انکارکنندگانِ تاریخ هم برسد. اما می‌توانم بگویم که مخاطبانِ اصلی‌ام آن‌هایی هستند که خود انکارکنندهٔ تاریخ نیستند اما چنین کسانی را سراغ دارند —— مثلاً میانِ اعضایِ خانواده یا هم‌کلیسایی‌های‌شان —— و هنگامِ بحث با آن‌ها کم می‌آورند.

فرگشت یک واقعیت است. فراتر از هر گونه شکِ منطقی، شکِ جدی، شکِ عاقلانه، آگاهانه، و هوشمندانه، فرگشت یک واقعیت است. شواهدِ موجود برایِ فرگشت حداقل به قوّتِ شواهدِ واقعیتِ هولوکاست است، حتی با احتسابِ شاهدانِ عینی هولوکاست. این واقعیتی انکارناپذیر است که با شامپانزه‌ها[1] خویشاوندیم، که خویشاوندِ دورترِ میمون‌ها[2] هستیم، که با موریانه‌خوارها[3] و گاوهایِ دریایی[4] خویشاوندِ دورترتری هستیم، و این که خویشاوندی‌مان با موز و شلغم[5] از بقیه هم دورتر است. . . این سیاهه را تا هر جا که دل‌تان بخواهد می‌توانید ادامه دهید. اجباری بر درستیِ آن نبوده است. درستیِ آن بدیهی و آشکار نبوده است و زمان‌هایی بوده است که عمدهٔ مردم، حتی تحصیل‌کرده‌ها هم، درستیِ آن را باور نداشتند. اجباری بر درستی آن نبوده است، اما درست است. به این دلیل می‌دانیم درست است که شواهدی انبوه و روزافزون برایِ اثباتِ آن وجود دارد. فرگشت یک واقعیت است و این کتاب اثباتی است برایِ آن. هیچ دانشمندِ بااعتباری با آن در نمی‌افتد و هیچ خوانندهٔ بی‌غرضی، بعد از خواندنِ کتاب، به آن شک نمی‌کند.

---

[1] chimpanzee

[2] monkey

[3] aardvark

[4] manatee

[5] turnip

پس چرا می‌گوییم« *نظریهٔ* فرگشتِ داروین» و بدین نمط کار را برایِ آفرینش‌باوران — همان انکارکنندگانِ تاریخ یا ۴۰ درصدی‌ها — سهل می‌کنیم؟ چرا دستی دستی تحفه‌ای را کفِ دستِ این افراد می‌گذاریم که فکر کنند استفاده از واژهٔ «نظریه» نوعی عقب نشینی از جانب ما و پیروزی برای آنهاست؟

## نظریه چیست؟ واقعیت چیست؟

صرفاً یک نظریه است؟ بیایید ببینیم تعریفِ «نظریه» چیست. *فرهنگِ واژگانِ آکسفورد*[1] دو تعریف برایِ این واژه ارائه می‌دهد (در واقع، تعاریفِ بیشتری را برایِ آن می‌آورد، اما این دو تا به بحثِ ما مربوط می‌شوند).

> **نظریه، معنیِ ۱:** طرح یا نظامی از ایده‌ها یا گزاره‌ها که دسته‌ای از واقعیت‌ها یا پدیده‌ها را توجیه می‌کنند؛ فرضیه‌ای که درستی‌اش از طریقِ مشاهده یا آزمایش تأیید یا ثابت شده است و به عنوانِ توجیهی برایِ حقایقِ شناخته‌شده مطرح یا پذیرفته شده است؛ گزاره‌ای که بیان‌گرِ چیزهایی است که به طورِ کلی قوانین، اصول، یا عللِ چیزی شناخته‌شده یا مشاهده‌شده تلقی می‌شوند.
>
> **نظریه، معنیِ ۲:** فرضیه‌ای که به عنوانِ یک توجیه پیشنهاد شده است و از این رو، تنها یک فرضیه یا حدس و گمان است؛ یک ایده یا مجموعه‌ای از ایده‌ها دربارهٔ چیزی؛ یک دیدگاه یا مفهومِ مفرد.

بی‌شک این دو معنا کاملاً با هم فرق دارند. و پاسخِ کوتاهِ من به سؤالی که دربارهٔ نظریهٔ فرگشت مطرح می‌شود این است که دانشمندان این واژه را در تعریفِ ۱ به کار می‌برند ولی آفرینش‌باوران

[1] Oxford English Dictionary

— حال از رویِ شیطنت یا از رویِ صداقت — به تعریفِ ۲ از این واژه اشاره دارند. مثالی خوب برایِ معنیِ ۱ نظریهٔ خورشیدمرکزی[1] بودنِ منظومهٔ خورشیدی[2] است. این نظریه می‌گوید که زمین و دیگر سیارات[3] به دورِ خورشید می‌چرخند. نظریهٔ فرگشت کاملاً با معنیِ ۱ هم‌خوانی دارد. نظریهٔ فرگشتِ داروین واقعاً «طرح یا نظامی از ایده‌ها یا گزاره‌ها» است. این نظریه انبوهی از «واقعیت‌ها یا پدیده‌ها» را توجیه می‌کند. «فرضیه‌ای [است] که درستی‌اش از طریقِ مشاهده یا آزمایش تأیید یا ثابت شده است» و تقریباً اجماعی آگاهانه وجود دارد که فرگشت «گزاره‌ای [است] که بیان‌گرِ چیزهایی است که به طورِ کلی قوانین، اصول، یا عللِ چیزی شناخته‌شده یا مشاهده‌شده تلقی می‌شوند». یقیناً این نظریه هیچ قرابتی با « تنها یک فرضیه یا حدس و گمان» ندارد. دانشمندان و آفرینش‌باوران دو درکِ کاملاً متفاوت از واژهٔ «نظریه» دارند. فرگشت یک نظریه است به همان معنا که نظریهٔ خورشیدمرکزی یک نظریه است. در هیچ یک از این موارد درست نیست واژهٔ «صرفاً» را به کار ببریم (مثلِ عبارتِ «صرفاً یک نظریه»).

در برابرِ این مدعا که فرگشت هرگز «ثابت» نشده است هم باید گفت که «اثبات» مفهومی است که دانشمندان را از آن ترسانیده و نسبت به آن بی‌اعتماد کرده‌اند. بسیاری از فلاسفهٔ تأثیرگذار به ما می‌گویند که در علم نمی‌توان چیزی را ثابت کرد. ریاضی‌دانان می‌توانند چیزهایی را ثابت کنند (از دیدی سخت‌گیرانه، فقط ریاضی‌دانان هستند که این توانایی را دارند)، اما همهٔ هنرِ دانشمندان این است که نتوانند چیزی را رد کنند و در عین حال به این هم اشاره کنند که سخت تلاش کرده‌اند. حتی نمی‌توان آن طور که بابِ میلِ برخی فلاسفه است نظریهٔ کوچک‌تر بودنِ ماه از خورشید را، که تردیدی در آن وجود ندارد، مانندِ قضیهٔ فیثاغورث[4] اثبات کرد. اما شواهدِ فزاینده‌ای که برایِ اثباتِ

---

[1] the Heliocentric Theory

[2] the solar system

[3] planet

[4] the Pythagorean Theorem

آن وجود دارد چنان قوی هستند که انکارِ «حقیقت» بودنِ آن به دیدِ هر کسی، به جز افرادِ ملانقطی، مضحک به نظر خواهد آمد. این موضوعِ دربارهٔ فرگشت هم صدق می‌کند. فرگشت یک واقعیت است درست به همان معنا که «پاریس در نیمکرهٔ شمالی قرار دارد» حقیقت است. با این که زور در دستِ مغالطه‌گران است[i]، بعضی نظریه‌ها مصونِ از شکی عاقلانه هستند و به آن‌ها «واقعیت» می‌گوییم. هر چه افراد برایِ ردِ نظریه‌ای بیشتر خود را به آب و آتش بزنند، ولی آن نظریه، علی‌رغمِ آن تلاش‌ها، پابرجا بماند، آن نظریه در منظرِ عموم جایگاهی نزدیک‌تر به حقیقت پیدا می‌کند.

من می‌توانم هم‌چنان به استفاده از عباراتِ «نظریه در معنیِ ۱» و «نظریه در معنیِ ۲» ادامه دهم، اما به خاطر سپردنِ اعداد دشوار است. به واژگانی جایگزین نیاز دارم. در حالِ حاضر واژهٔ مناسبی برایِ «نظریه در معنیِ ۲» وجود دارد و آن «فرضیه[1]» است. همه می‌دانند که فرضیه ایده‌ای موقت و در انتظارِ تأیید (یا رد) است و دقیقاً همین خصلتِ موقت بودن است که فرگشت از آن رهایی یافته است، با این که در زمانِ داروین همچنان این بار را بر دوش می‌کشید. «نظریه در معنیِ ۱» باصلابت‌تر است. بهتر این است که برایِ سادگیِ کار از واژهٔ «نظریه» استفاده کنیم؛ گویی «معنیِ ۲» اصلاً وجود ندارد. در واقع می‌توان استدلال کرد که معنیِ ۲ اصلاً *نباید* وجود داشته باشد. چرا که واژهٔ «فرضیه» را داریم و باعث می‌شود که معنی دوم گیج‌کننده و غیرضروری شود. متأسفانه، معنیِ دومِ «نظریه» وجود دارد و نمی‌توانیم آن را قدغن کنیم. از این رو، این جسارتِ بزرگ و البته قابلِ بخشش را می‌کنم و واژهٔ «قضیه» را برایِ معنیِ ۱ از ریاضیات قرض می‌گیرم. در واقع، این قرض نابه‌جاست (در ادامه خواهیم دید)، اما به نظرم منفعتش به احتمالِ ایجادِ سردرگمی می‌چربد. برایِ خشنودیِ ریاضی‌دانانی که به تریجِ قبای‌شان برخورده است، املایِ واژه را به «theorum» تغییر می‌دهم. نخست، بگذارید کاربردِ سخت‌گیرانهٔ قضیه را در ریاضیات شرح دهم و، در عینِ حال، حرفِ قبلیِ خود را شفاف‌سازی کنم که، اگر سخت‌گیرانه به قضیه نگاه کنیم، تنها ریاضی‌دانانْ مُجاز به *اثباتِ* چیزی هستند (وُکلا، با همهٔ کبکبه و دبدبه‌شان، نمی‌توانند چنین ادعایی بکنند).

---

[1] hypothesis

از دیدِ یک ریاضی‌دان، اثبات یعنی به طورِ منطقی نشان دهیم که یک نتیجه الزاماً از اصولی[۱] که درستیِ آن‌ها را فرض گرفته‌ایم منتج می‌شود. قضیهٔ فیثاغورث الزاماً درست است، به شرطی که درستیِ اصولِ اُقلیدُسی[۲] را فرض بگیریم. یکی از این اصول این است که دو خطِ موازی هرگز هم‌دیگر را قطع نمی‌کنند. آب در هاون کوبیدن است اگر بنشینید هزار مثلثِ قائم‌الزاویه[۳] رسم کنید به این امید که یکی از آن‌ها قضیهٔ فیثاغورث را نقض کند. مریدانِ فیثاغورث درستیِ آن را ثابت کرده‌اند؛ هر کسی می‌تواند منطقِ پشتِ این اثبات را دنبال کند؛ این قضیه درست است و مو لایِ درزش نمی‌رود. ریاضی‌دانان با استفاده از مفهومِ «اثبات[۴]» میانِ «حدس[۵]» و «قضیه» تمایز ایجاد می‌کنند. این تمایز شباهتی سطحی به تمایزِ میانِ دو معنایی که *فرهنگِ واژگانِ آکسفورد* برایِ واژهٔ «نظریه» ارائه می‌دهد دارد. حدس گزاره‌ای است که درست به نظر می‌رسد، اما هرگز درستیِ آن اثبات نشده است. زمانی که ثابت شد به آن می‌گوییم «قضیه». یکی از مثال‌هایِ معروف حدسِ گُلدباخ[۶] است. حدسِ گُلدباخ می‌گوید که هر عددِ زوج را می‌توان به صورتِ مجموعِ دو عددِ اول[۷] نوشت. ریاضی‌دانان تا عددِ ۳۰۰ هزار میلیون میلیون میلیون را امتحان کرده‌اند و نتوانسته‌اند مثالِ نقضی برایِ آن بیابند و عقلِ سلیم[۸] آن را «حقیقتِ گُلدباخ» تلقی می‌کند. با این همه، با وجودِ جوایزِ نفیسی که برایِ اثباتِ آن تعیین شده است، هیچ کس موفق به این کار نشده است و ریاضی‌دانان، به حق، قرار دادنِ آن در دسته‌ای که برایِ قضیه‌ها تعیین شده است امتناع می‌ورزند. اگر کسی اثباتی

---

[1] axiom

[2] Euclidean

[3] right-angled triangle

[4] proof

[5] conjecture

[6] the Goldbach Conjecture

[7] prime number

[8] common sense

برایِ آن پیدا کند، نامِ آن از حدسِ گُلدباخ به قضیهٔ گُلدباخ تغییر می‌یابد. اصلاً شاید نامِ همان ریاضی‌دانانِ باهوشی را که بتواند آن را ثابت کند رویِ آن بگذارند.

کارل سیگِن[1] یک بار به افرادی که ادعا می‌کردند آدم‌فضایی‌ها آن‌ها را ربوده‌اند متلکی پرانده بود و، در آن، از «حدسِ گُلدباخ» به صورتی طعنه‌انگیز استفاده کرده بود.

> هر از گاهی از کسانی که با فرازمینی‌ها[2] «در تماس هستند» نامه‌ای دریافت می‌کنم. از من می‌خواهند که «هر چه دلم خواست» از آن ها بپرسم. و طیِ این سالیان فهرستی از این‌گونه سؤالات درست کرده‌ام. یادتان باشد؛ فرازمینی‌ها خیلی باهوش‌اند. به این خاطر، از آن‌ها می‌پرسم «لطفاً اثباتِ مختصری را برایِ قضیهٔ آخرِ فِرما[3] بیاورید». یا اثباتی برایِ حدسِ گُلدباخ. . . و هیچ وقت پاسخی دریافت نمی‌کنم. ولی مثلاً اگر بپرسم «آیا ما باید انسان‌هایِ خوبی باشیم؟» تقریباً همیشه جوابی می‌گیرم. هر چیزِ گنگی که باشد، مخصوصاً وقتی که پایِ یک نکتهٔ اخلاقیِ رایج در میان باشد، این موجوداتِ فضایی با کله جواب می‌دهند. اما اگر سؤالی مختص و مشخص بکنم، که ببینم آیا واقعاً چیزی فراتر از اکثرِ آدمیان می‌دانند، خفقان می‌گیرند.

قضیهٔ آخرِ فِرما، مانندِ حدسِ گُلدباخ، گزاره‌ای دربارهٔ اعداد است که هیچ کس مثالِ نقضی برایِ آن نیافته است. از سالِ ۱۶۳۷، ریاضی‌دانان دربه‌در دنبالِ اثباتِ آن بوده‌اند. در آن سال، یک کتابِ ریاضیِ قدیمی از فِرما[4] یافت شده بود که در حاشیهٔ آن نوشته بود «اثباتِ انصافاً فوق‌العاده‌ای [برایِ این حدس] دارم . . . اما این حاشیه برایِ نوشتنِ آن جا ندارد». عاقبت ریاضی‌دانِ انگلیسی، اندرو

---

[1] Carl Sagan

[2] alien

[3] Fermat's Last Theorem

[4] Pierre de Fermat

وایلز[1]، در سالِ ۱۹۹۵ آن را به اثبات رساند. پیش از آن، عده‌ای از ریاضی‌دانان باور داشتند که باید به آن گفته شود «حدس». با توجه به طولانی بودن و پیچیدگیِ اثباتِ موفقیت‌آمیزِ وایلز و تکیهٔ او بر دانش و روش‌هایِ پیشرفتهٔ قرنِ بیستم، عمدهٔ ریاضی‌دانان معتقدند که فِرما به اشتباه، گرچه از رویِ صداقت، ادعا کرده که توانسته است آن را ثابت کند. هدفم از نقلِ این داستان صرفاً نشان دادنِ تمایزِ میانِ حدس و قضیه است.

همان‌گونه که گفتم، در ادامه واژهٔ «قضیه» را که در ریاضیات کاربرد دارد به عاریت خواهم گرفت، اما برایِ ایجادِ تمایز با قضیهٔ ریاضی، آن را به صورتِ «قضیهٔ علمی[2]» خواهم نوشت. یک قضیهٔ علمی مانندِ فرگشت یا خورشیدمرکزی نظریه‌ای است که با «معنیِ ۱» فرهنگِ واژگانِ آکسفورد مطابقت دارد.

> درستی‌اش از طریقِ مشاهده یا آزمایش تأیید یا ثابت شده است و به عنوانِ توجیهی برایِ حقایقِ شناخته‌شده مطرح یا پذیرفته شده است؛ گزاره‌ای که بیان‌گرِ چیزهایی است که به طورِ کلی قوانین، اصول، یا عللِ چیزی شناخته‌شده یا مشاهده‌شده تلقی می‌شوند.

هیچ قضیهٔ علمی به سبکِ قضیهٔ ریاضی ثابت نشده است و چنین کاری ممکن هم نیست. اما عقلِ سلیم آن را واقعیت تلقی می‌کند؛ همان‌گونه این «نظریه» که زمین کروی است و صاف نیست حقیقت است؛ و همان‌گونه که این «نظریه» که گیاهانِ سبز انرژیِ خود را از خورشید می‌گیرند یک حقیقت است. این‌ها همه قضایایِ علمی هستند: شواهدِ گسترده در تأییدِ آن‌ها وجود دارد؛ همهٔ

---

[1] Andrew Wiles

[2] scientific theorum

پیشتر داوکینز به این نکته اشاره کرده بود که، به عمد، از املایِ من‌درآوردیِ theoreum استفاده خواهد کرد.

مشاهده‌کنندگانِ باسواد آن را پذیرفته‌اند؛ و در معنایِ سادهٔ کلمه حقایقی «تردیدناپذیر» هستند. اگر بخواهیم ملانقطی بازی دربیاوریم، مسلماً می‌توان گمان برد که وسایلی که برایِ سنجش به کار برده‌ایم و حواس‌مان که آن‌ها را درک کرده‌اند، قربانیِ یک **حقهٔ اطمینانِ** همه‌جانبه شده‌اند. به قولِ برتراند راسِل[1] «این احتمال وجود دارد که همهٔ ما همین پنج دقیقه پیش به وجود آمده باشیم و حافظه‌ای پیش‌ساخته، سوراخ‌هایی در جوراب، و موهایی نیازمندِ به اصلاح برای‌مان تعبیه کرده باشند». با توجه به شواهدی که امروزه در دسترس است، اگر بگوییم فرگشت چیزی جز حقیقت است مثل این است که بگوییم آفریدگار چنین حقهٔ اطمینانی را سرمان سوار کرده باشد. و البته این باوری است که خداباورانِ اندکی مایل به تأییدِ آن هستند.

اکنون زمانِ آن رسیده است که به تعریفی که فرهنگِ واژگان از «حقیقت» ارائه می‌دهد نگاهی بیاندازیم. این تعریفی است که *فرهنگِ واژگانِ آکسفورد* ارائه می‌دهد (برایِ این واژه هم تعاریفِ مختلفی وجود دارد، اما این تعریف تعریفی است که به بحثِ ما مربوط می‌شود):

> **امرِ واقعی[2]:** چیزی که واقعاً رخ داده است یا صادق است؛ چیزی که مطمئنیم این ویژگی [واقعی یا صادق بودن] را دارد؛ از این رو، [واقعیت] امری است که از طریقِ مشاهدهٔ واقعی یا شهادتِ معتبر می‌توان آن را فهمید (در مقابلِ استنتاجِ صِرف، حدس، یا گزارشِ نادرست)؛ داده‌ای حاصل از تجربه که باید آن را از نتایجی که بر پایهٔ آن به دست می‌آیند متمایز دانست.

توجه داشته باشید که واقعیت در این معنی، مانندِ یک قضیهٔ علمی، جایگاهِ محکمی چون قضیهٔ اثبات‌شدهٔ ریاضی، که ناگزیر از اصولی مفروض استنتاج می‌شود، ندارد. افزون بر این، «مشاهدهٔ واقعی یا شهادتِ معتبر» می‌تواند به طرزِ فجیعی اشتباه باشد و دادگاه‌ها بیش از اندازه به آن بها

---

[1] Bertrand Russell

[2] fact

می‌دهند. آزمایش‌هایِ روانشناختی حقایقِ شگرفی را نشان داده‌اند که باید برایِ قضاتی که وزنِ زیادی به اظهاراتِ «شاهدِ عینی[1]» می‌دهند نگران‌کننده باشد. یک نمونهٔ مشهور از این آزمایش آزمایشی است که پرفسور دانیل جِی. سیمونز[2] در دانشگاهِ ایلینوی[3] انجام داد. از حدودِ شش جوان در حالی که حلقه‌وار ایستاده بودند و چند توپِ بسکتبال را به مدتِ ۲۵ ثانیه به سمتِ یک‌دیگر پرتاب می‌کردند فیلم گرفتند. بعد فیلم را به ما، که موضوع آزمون هستیم، نشان می‌دهند. بازیکن‌ها، همین طور که توپ را به دیگری پاس می‌دهند، از حلقه خارج می‌شوند و دوباره به آن می‌پیوندند و جای‌شان را عوض می‌کنند. پس صحنه کاملاً پویا و پیچیده است. پیش از نشان دادنِ فیلم، به ما گفته می‌شود که برایِ آزمودنِ قدرتِ مشاهده‌مان، باید تکلیفی را انجام دهیم. باید تعدادِ دفعاتی را که توپ از فردی به فردِ دیگر پاس داده می‌شود بشماریم. در پایانِ آزمایش، اعداد به دقت نوشته می‌شوند، اما این آزمایشْ آزمایشِ اصلی نیست و مخاطبِ هم این را نمی‌داند.

پس از نمایشِ فیلم و جمع کردنِ اعداد از آزمودنی‌ها، آزمایشگر چیزی غیرمنتظره می‌گوید. «و چند نفر از شما متوجهِ گوریلِ داخلِ فیلم شد؟» عمدهٔ حضار مات و مبهوت می‌شوند. مغزشان قفل می‌کند. آزمایشگر دوباره فیلم را نشان می‌دهد، اما این بار به حضار می‌گوید که با آرامش و بدونِ این که بخواهند چیزی را بشمرند فیلم را ببینند. نُه ثانیه که از فیلم می‌گذرد، ناگهان مردی در پوششِ گوریل، با آرامش و خونسردیِ تمام به میانِ تماشاگران می‌پیوندد، می‌ایستد و رو در رویِ دوربین بر سینهٔ خود می‌کوبد؛ چنان که گویی استفاده از اظهاراتِ «شاهدِ عینی» را به بادِ استهزاء می‌گیرد. بعد هم باز با خونسردی صحنه را ترک می‌کند (تصویرِ رنگی ۸). او نُه ثانیهٔ تمام در کادر است (بیش از یک سومِ فیلم) و، با وجود این، عمدهٔ شاهدان آن را ندیدند. اگر در دادگاه از آن‌ها می‌پرسیدند، حاضر بودند قسم بخورند که هیچ کسی را در لباسِ گوریل ندیده‌اند، قسم می‌خوردند که با تمرکزی

---

[1] eye-witness

[2] Professor Daniel J. Simons

[3] University of Illinois

بیش از مواقعِ عادی هم داشته‌اند فیلم را می‌دیده‌اند، دقیقاً به این خاطر که داشته‌اند پاس‌ها را می‌شمرده‌اند. آزمایش‌هایِ متنوعی رویِ همین مبحث انجام شده‌اند. هم نتایجِ‌شان مشابه بوده است و هم واکنشِ حضار. وقتی که واقعیتِ امر بر آن‌ها آشکار می‌شده است، همه متحیر و مبهوت می‌شده‌اند. شهادتِ شاهدِ عینی، «مشاهدهٔ واقعی»، و «داده‌ای حاصل از تجربه» همه به طرزِ ناامیدکننده‌ای غیرِ قابلِ اعتمادند یا دستِ کم ظرفیتِ غیرِ قابلِ اعتماد بودن را دارند. در واقع، شعبده‌بازان، با پرت کردنِ حواسِ ناظران، دقیقاً از همین ویژگیِ غیرِ قابل اعتماد بودن استفاده می‌کنند.

در معنیِ واژهٔ «امرِ واقعی» در فرهنگِ واژگان، به «مشاهدهٔ واقعی یا شهادتِ معتبر [...] (در مقابلِ استنتاجِ صرف)» اشاره می‌شود(تأکیدها اضافه شده‌اند). در این‌جا، به کار بردنِ واژهٔ «صِرف»، که چه بسا تقلیلی پنداشته شود، نا به جاست. ممکن است درکِ شهودیِ این نکته سخت باشد، اما استنتاجِ مدقانه می‌تواند از «مشاهدهٔ واقعی» قابلِ اعتمادتر هم باشد. خودِ من وقتی که فهمیدم از دیدنِ گوریلِ داخلِ آزمایشِ سیمونز بازمانده‌ام جا خوردم و، صادقانه بگویم، باورم نمی‌شد که اصلاً در فیلم بوده باشد. وقتی که فیلم را برایِ بارِ دوم دیدم حسِ بدی به من دست داد، اما درسِ خوبی از آن گرفتم: یاد گرفتم که دیگر هیچ وقت شهادتِ شاهدِ عینی را به استنتاجِ غیرمستقیمِ علمی ترجیح ندهم. فیلمِ این گوریل یا چیزی شبیهِ آن را باید به هر هیأتِ منصفه، قبل از اعلامِ رأی، نشان دهند تا خوب رویِ حکمی که می‌خواهند صادر کنند فکر کنند. دیدنِ آن برایِ قضّات هم ضروری است.

باید اقرار کرد که استنتاج نهایتاً با تکیه بر اندامِ حسّیِ ما صورت می‌پذیرد. برایِ مثال، نتیجه‌ای را که ماشینِ توالی‌یابیِ دی.اِن.ای[1] یا برخورددهندهٔ هادرونیِ بزرگ[2] برای‌مان چاپ می‌کند با چشم‌های‌مان مشاهده می‌کنیم. اما علی‌رغمِ حسِ شهودیِ ما، اظهاراتِ شاهدانِ مستقیمِ یک رخدادِ موردِ مناقشه (مثلاً یک قتل) لزوماً قابلِ اعتمادتر از مشاهدهٔ پیامدِ آن (مثلاً دی.اِن.ایِ یک لکه خون)،

[1] DNA sequencing machine

[2] the Large Hadron Collider

که به ماشینِ تحلیل‌کننده‌ای قوی می‌دهند، نیست. احتمالِ این که شاهدِ عینی‌ای مستقیم در تعیینِ هویت اشتباه کند به مراتب بیشتر از این است که استنتاجِ غیرمستقیم از رویِ دی.ان.ایِ به خطا برود. افزون بر این، فهرستِ بلندبالایی وجود دارد از کسانی که بر اساسِ اظهاراتِ شاهدِ عینی، به اشتباه، محبوس شده‌اند و بعدها (در مواردی، پس از سال‌ها)، بر پایهٔ شواهدِ تازه‌به‌دست‌آمده از دی.ان.ایِ آزاد شده‌اند. از زمانِ به رسمیت شناخته شدنِ تستِ دی.ان.ای در دادگاه، تنها در ایالتِ تگزاس[1]، سی و پنج نفر تبرئه شده‌اند. و این تعداد فقط شاملِ کسانی است که در زمانِ عفو زنده بوده‌اند. با توجه به این که ایالتِ تگزاس مثلِ آبِ خوردن حکمِ اعدام اجرا می‌کند (جورج دابلیو. بوش، طیِ شش سالِ فرمانداری‌اش، به طورِ متوسط، هر دو هفته یک بار یک مجوزِ اعدام امضاء می‌کرده است)، می‌توان نتیجه گرفت که تعدادِ قابلِ توجهی از کسانی که اعدام شده‌اند، اگر در زمانِ محکومیت‌شان تستِ دی.ان.ایِ معتبر می‌بود، موردِ عفو قرار می‌گرفتند.

این کتاب «استنتاج» را جدی می‌گیرد. البته نه استنتاجِ «صرف» را، بلکه استنتاجِ علمیِ درست و حسابی را. در ادامه، قوّتِ این استنتاجِ انکارناپذیر را نشان می‌دهم که فرگشت یک واقعیت است. بی گمان، عمدهٔ تغییراتِ حاصل از فرگشت از دیدِ شاهدانِ عینی پوشیده‌اند. عمدهٔ این تغییرات پیش از تولدِ ما رخ داده‌اند و، به هر حال، به اندازه‌ای کند هستند که عمرِ یک نفر برایِ دیدنِ آن‌ها کفاف نمی‌دهد. این موضوع در موردِ جداییِ بی‌وقفهٔ قارهٔ آفریقا و آمریکایِ جنوبی هم صدق می‌کند. همان گونه که در فصلِ ۹ خواهیم دید، این حرکت آن قدر کند است که متوجهِ آن نمی‌شویم. فرگشت، همچون دور شدنِ قاره‌ها از هم، امری است که تنها به واسطهٔ استنتاجِ پس از واقعه قابلِ درک است؛ به این دلیلِ روشن که پیش از رخدادِ آن‌ها وجود نداشته‌ایم. اما یک لحظه هم به قدرتِ چنین

[1] the State of Texas

استنتاجی شک نکنید. فاصله گرفتنِ قارهٔ آمریکایِ جنوبی از آفریقا، مطابقِ معنایِ عادیِ واژهٔ «امرِ واقعی»، واقعیتی ثابت شده است؛ همچنین این حقیقت که با تَشی[1] و انار جدِ مشترک داریم.

ما همچون کارآگاهانی هستیم که پس از وقوعِ قتل بر سرِ صحنهٔ جرم حاضر شده‌ایم. اعمالِ قاتل در گذشته محو شده‌اند. کارآگاه هیچ امیدی ندارد که جرم را هنگامِ رخ دادن پیشِ چشمانِ خود ببیند. افزون بر این، آزمایشِ مردی در لباس گوریل و آزمایش‌هایِ مشابه هم به ما یاد داده‌اند که به چشمانِ خود اعتماد نکنیم. اما چیزی که کارآگاه در اختیار دارد آثارِ به‌جامانده است و چیزهایِ قابلِ اعتمادِ زیادی در آن میان وجود دارد، چیزهایی همچون ردِ پا، اثرِ انگشت (و این روزها اثرِ دی.ان.ای)، لکهٔ خون، نامه، و دفترِ خاطرات. اگر این فلان و بهمان اتفاق افتاده باشد، جهان به همان گونه‌ای است که باید می‌بود چون این اتفاقات برایش رخ داده است، و اگر اتفاقاتِ دیگری افتاده بودند، اکنون جهان جورِ دیگری می‌بود.

به گواهِ شواهدِ تاریخی، تمایزِ میانِ معانیِ مختلفِ «نظریه» در فرهنگِ واژگان اینقدر عمیق نبوده است. در تاریخِ علم، نقطهٔ آغازِ قضیهٔ علمی فرضیهٔ «صرف» است. مانندِ نظریهٔ دور شدنِ قاره‌ها از یکدیگر، حتی ممکن است یک ایده در آغاز موردِ تمسخر قرار گیرد، ولی بعدها، پس از مشقت‌هایِ فراوان و گام‌هایِ کوتاه به جایگاهِ قضیهٔ علمی یا واقعیتِ غیرِ قابلِ انکار دست یافته باشد. این نکته یک نکتهٔ فلسفیِ پیچیده نیست. این واقعیت که بعضی از باورهایِ گذشته، که عمدتاً موردِ قبول بوده‌اند، بعدها اشتباه بودن‌شان به‌طور قطعی ثابت شد به این معنا نیست که باید همواره بترسیم که نکند شواهدِ آتی باورهایِ امروزمان را رد کنند. میزانِ آسیب‌پذیری باورهایِ کنونیِ ما به عواملِ مختلفی بستگی دارد که یکی از آن‌ها این است که شواهدِ موجود برایِ آن‌ها چه قدر قوی هستند. زمانی مردم باور داشتند که خورشید کوچک‌تر از زمین است؛ چرا که شواهدِ کافی در دست

---

[1] تشی یا خارپشت جوندگان بزرگی هستند که تمام سطح بدن آنها پوشیده از خارهای بلند است. از این خانواده، فقط یک گونه در ایران زندگی می‌کند. ویکی‌پدیا، مدخل تشی.

نداشتند. حال به شواهدی دسترسی داریم که قبلاً در دسترس نبودند و به طورِ قطع نشان می‌دهند که خورشید به مراتب بزرگ‌تر از زمین است. و نیز می‌توانیم کاملاً مطمئن باشیم که، هرگز، هیچ چیزی این شواهد را رد نمی‌کند. این امر فرضیه‌ای موقتی نیست که تا کنون از رد شدن قسر در رفته باشد. ممکن است خیلی از باورهایِ کنونیِ ما رد شوند، اما با اطمینانِ تمام می‌توانیم واقعیت‌هایی را برشمریم که هیچ‌گاه رد نخواهند شد. فرگشت و نظریهٔ خورشیدمرکزی از بدوِ ماجرا جزءِ این دسته نبودند، اما حالا هستند.

زیست‌شناسان[1] معمولاً میانِ امرِ واقعیِ فرگشت (این که همهٔ چیزهایِ زنده با هم خویشاوندند) و نظریه‌هایی که دربارهٔ عاملِ پیش‌رانِ[2] فرگشت وجود دارد تمایز قائل می‌شوند. معمولاً منظور از این نظریه انتخابِ طبیعی[3] است و در مقابلِ نظریه‌هایِ رقیبی چون نظریهٔ «استفاده یا عدمِ استفادهٔ[4]» لامارک[5] یا نظریهٔ «وراثتِ ویژگی‌هایِ اکتسابی[6]» قرار دارد. اما خودِ داروین هم آن‌ها را نظریه تلقی می‌کرد، البته به معنایِ موقتی، فرضی، یا حدسیِ آن. دلیلش این بود که در آن زمان‌ها شواهدِ موجود مانندِ امروز قانع‌کننده نبودند و این احتمال می‌رفت که دانشمندانِ نامی هم فرگشت را رد کنند و هم انتخابِ طبیعی را. امروزه دیگر نمی‌توان رویِ واقعیتِ فرگشت بحث کرد. حال دیگر به مقامِ قضیهٔ علمی یا واقعیتی رسیده است که شواهدی روشن در پشتیبانی از آن وجود دارد. اما همچنان می‌توان به این موضوع که انتخابِ طبیعی عاملِ پیش‌رانندهٔ عمدهٔ آن است (صرفاً) شک کرد.

---

[1] biologist

[2] driving force

[3] natural selection

[4] use and disuse

[5] Lamarck

[6] inheritance of acquired characteristics

داروین در زندگینامهٔ خودنوشتش می‌نویسد که، در سالِ ۱۸۳۸، ***اصولِ جمعیت***[1] مالتوس[2] را «محضِ تفنن» می‌خوانده است (مَت ریدلی گمان می‌برد که خواندنِ این کتاب تحتِ تأثیرِ دوستِ خیلی باهوشِ برادرِ داروین، اِراسموس[3]، که هَریت مارتینو[4] نام داشت، بوده است) و ایدهٔ انتخابِ طبیعی را از آن الهام گرفته است: «در این‌جا بود که عاقبت نظریه‌ای به ذهنم رسید که رویِ آن کار کنم». انتخابِ طبیعی برایِ داروین یک فرضیه بود که می‌توانست درست یا غلط باشد. نظرش دربارهٔ فرگشت هم همین بود. چیزی که امروز امرِ واقعیِ فرگشت می‌نامیم، در سالِ ۱۸۳۸، فرضیه‌ای بود که برایِ اثباتش نیاز به جمع‌آوریِ مدرک بود. در سالِ ۱۸۵۹، زمانی که داروین ***خاستگاهِ گونه‌ها*** را منتشر کرد، برایِ فرگشت شواهدِ کافی یافته بود که آن را به جایگاهِ امرِ واقعی نزدیک کند، اما برایِ انتخابِ طبیعی هنوز نتوانسته بود چنین شواهدی بیابد. در واقع، عمدهٔ وقت و همتی که داروین رویِ این کتابِ ارزشمند گذاشته بود صرفِ این ارتقاءِ درجه از فرضیه به امرِ واقعی شده بود. این ارتقاءِ درجه تا کنون هم ادامه دارد و دیگر هیچ انسانِ اندیشمندی نیست که شکی دربارهٔ آن داشته باشد. دانشمندان نیز، دستِ کم به صورتِ غیرِ رسمی، از امرِ واقعیِ فرگشت سخن می‌گویند. تمامِ زیست‌شناسانِ معتبر توافق دارند که انتخابِ طبیعی یکی از عواملِ پیش‌رانِ مهمِ فرگشت است، با این که عده‌ای بر این باورند که یگانه عاملِ آن نیست. البته بعضی زیست‌شناسان تأکیدِ بیشتری رویِ این قضیه دارند. حتی اگر یگانه عامل نباشد، من هنوز با هیچ زیست‌شناسِ جدی‌ای برخورد نکرده‌ام که جایگزینی را برایِ انتخابِ طبیعی، به عنوانِ نیرویِ پیش‌رانِ فرگشتِ *تطبیقی*[5] (فرگشت به سمتِ تغییرِ مثبت)، در نظر داشته باشد.

---

[1] *On Population*

[2] Malthus

[3] Erasmus

[4] Harriet Martineau

[5] adaptive evolution

در صفحاتِ آتی ثابت خواهم کرد که فرگشت امری واقعی و بحث‌ناپذیر است و به مدحِ قدرتِ مبهوت‌کننده، سادگی، و زیباییِ آن خواهم پرداخت. فرگشت در درونِ ما، پیرامونِ ما، و میانِ ما در جریان است و آثارِ آن در سنگ‌هایی که یادگارِ اعصارِ گذشته‌اند به جا مانده است. در بیشترِ مواقع، عمرمان کفاف نمی‌دهد که فرگشت را به چشمِ خود مشاهده کنیم. با عنایتِ به این موضوع، باز به همان استعارهٔ پیشین بر می‌گردیم: کارآگاهی که پس از وقوعِ جرم به صحنه می‌رود و، بر مبنایِ مدارک، استنتاج می‌کند. ابزاری که در استنتاج به ما کمک می‌کنند و دانشمندان را به امرِ واقعیِ فرگشت رهنمون می‌کنند به مراتب پرشمارتر، قانع‌کننده‌تر، و بی‌چون-و-چراتر از هر گونه اظهارِ شاهدِ عینی است که تا کنون، در هر دادگاهی، در هر قرنی، برایِ اثباتِ گناه‌کار بودنِ کسی در هر جرمی ارائه شده است. اثباتِ فراتر از شکِ معقول؟ شکِ *معقول*؟ از این بیشتر نمی‌توان چیزی را دستِ کم گرفت.

---

[i] این بیتِ موردِ علاقهٔ من از ییتس (William Butler Yeats) نیست، اما جا دارد در این جا به آن اشاره کنم.

یادداشتِ مترجم: اصلِ انگیسی آن بدین صورت است:

Though logic-choppers rule the town, And every man and maid and boy Has marked a distant object down, An aimless joy is a pure joy

# فصلِ۲: سگ‌ها، گاوها، و کلم‌ها

چرا این همه طول کشید تا داروین به سرِ صحنهٔ جرم برسد؟ چه چیز باعث شد که انسان‌ها این همه دیر به این ایدهٔ ساده و روشن پی ببرند؟ این ایده‌ای که، در ظاهر، پی بردن به آن به مراتب ساده‌تر از ایده‌هایی است که نیوتن دو قرن پیش از آن مطرح کرده است. یا اصلاً ایده‌هایی که ارشمیدس[۱] دو هزاره پیش عنوان کرده است. پاسخ‌هایِ زیادی می‌توان به این سؤال داد. شاید نفسِ مدت‌زمانی که برایِ ایجادِ تغییراتِ بزرگ لازم بود برایِ ذهنِ بشر رعب‌آور بود: تفاوتِ فاحشِ میانِ چیزی که امروزه به آن عمیق‌زمانِ زمین‌شناختی[۲] می‌گوییم و طولِ عمرِ بشر و قوهٔ ادراک آدمی که می‌کوشد این تغییرات را بفهمد. شاید تعلیماتِ بی‌چون-و-چرایِ دینی عاملِ بازدارنده بوده است. یا شاید پیچیدگیِ مبهوت‌کنندهٔ اندامی زنده چون چشم دلیلِ آن بوده است که از فرطِ پیچیدگی این توهم را ایجاد کرده باشد که مهندسی چیره‌دست آن را طراحی کرده باشد. شاید همهٔ این عوامل دخیل بوده باشند. اما ارنست مایر[۳]، پدرجدِ نوداروینیسمِ تلفیقی[۴] که در سالِ ۲۰۰۵، در ۱۰۰ سالگی، دیده از جهان بست، مرتباً از احتمالِ دیگری سخن به میان می‌آورد. از دیدِ مایر، مقصرْ مکتبِ فلسفیِ قدیمی بود که نامِ امروزیِ آن «*اصالتِ جوهر*»[۵] است. دستانِ بی‌جانِ افلاطون[۱] بود که جلویِ کشفِ فرگشت را گرفته بود.[i]

---

[1] Archimedes

[2] geological deep time

[3] Ernst Mayr

[4] neo-Darwinian synthesis

[۵] Essentialism یا اصالتِ ماهیت یا ذات‌باوری. در هستی‌شناسی دو تزِ ماهیت‌گرا (ذات‌باور) وجود دارد. تزِ نخست می‌گوید هر شیء دارایِ خاصیت‌هایِ جوهری (یا ریشه‌ای) است که همهٔ خاصیت‌هایِ دیگر بر آن‌ها متکی‌اند. این دیدگاه، که موردِ مخالفتِ نام‌گرایان و نیز پوزیتیویست‌هاست، در ریاضیات، علم، و فناوری بدیهی شمرده می‌شود. به این ترتیب، جوهرِ مثلث داشتنِ سه ضلع است. همهٔ خاصیت‌هایِ دیگرِ آن – مثلاً داشتن

## دستانِ بی‌جانِ افلاطون

از دیدِ افلاطون، «واقعیت»ی که به خیالِ خود شاهدِ آن هستیم تنها سایه‌هایی است بر رویِ دیوارِ غاری، که در آن محبوسیم، و آتشی کم‌سو آن را ایجاد کرده است. افلاطون، همچون دیگر اندیشمندانِ یونانی، در اصل یک هندسه‌دان بود. هر مثلثی که بر شنزار رسم می‌کنیم چیزی نیست جز سایه‌ای ناقص از جوهرِ[۲] واقعیِ مثلث. اضلاعِ مثلثِ جوهری از خطوطِ اقلیدسیِ محض تشکیل شده‌اند که دارایِ طول اما بدونِ ضخامت هستند. خطوط بی‌نهایت نازک تعریف می‌شوند که وقتی با یکدیگر موازی باشند هرگز یکدیگر را قطع نخواهند کرد. زوایایِ [داخلیِ] مثلثِ جوهری دقیقاً برابر با مجموعِ دو زاویهٔ قائمه هستند، نه یک پیکوثانیه[۳] از کمان[۴] کمتر و نه یک پیکوثانیه بیشتر. این ویژگی‌ها در موردِ مثلثی که بر رویِ شنزار رسم می‌شود صدق نمی‌کند؛ اما از دیدِ افلاطون، مثلثِ رسم‌شده بر رویِ ماسه چیزی نیست جز سایه‌ای متزلزل از مثلثِ آرمانی[۵] یا جوهری.

---

سه گوشه، و این که مجموعِ سه زاویه دو زاویهٔ راست است — از آن اولی نتیجه می‌شود. به شکلی مشابه، جوهرِ اتمِ هیدروژن آن است که هستهٔ آن یک پروتونِ منحصر دارد. و جوهرِ کارخانهٔ صنعتیِ مدرن آن است که به کمک فناوری به تولیدِ انبوهِ محصولات می‌پردازد. دومین تزِ اصالتِ جوهر آن است که جوهر (در معنایِ افلاطونیِ مُثُل) مقدمِ بر وجود است. این تز تنها در هستی‌شناسیِ افلاطون معنا دارد. هیچ کدام از دو تزِ «تقدمِ جوهر بر وجود» و همزادِ آن («تقدمِ وجود بر جوهر») در هستی‌شناسیِ مادی معنایی ندارند. در این هستی‌شناسی، جوهرها خاصیت‌اند نه چیز و به این دلیل با چیزهایِ دارایِ آن خاصیت‌ها همزیست‌اند (و از هستی باز می‌مانند). *فرهنگنامهٔ فلسفه*، ماریو بونگه، ترجمهٔ علیرضا امیرقاسمی

[1] Plato

[2] essence

[3] picosecond

[4] arc

[5] ideal

به باورِ مایر، طاعونی مشابه به اصالتِ جوهر به جانِ زیست‌شناسی افتاده است. در نسخهٔ زیست‌شناسانهٔ اصالتِ جوهری با تاپیرها[۱]، خرگوش‌ها، پانگولین‌ها[۲]، و شترهایِ عربی[۳] همچون مثلث، متوازی‌الاضلاع‌ها[۴]، سهمی‌ها[۵]، یا دوازده‌وجهی[۶] برخورد می‌شود. خرگوش‌هایی که ما می‌بینیم سایه‌هایی مبهم از «ایدهٔ» کاملِ خرگوش، خرگوشِ ایده‌آل، جوهری، و افلاطونی هستند که در جایی از فضایِ مفهومی، در کنارِ دیگر اشکالِ هندسی، وجود دارد. ممکن است خرگوش‌هایِ ساخته شده از پوست و خون با هم متفاوت باشند، اما تفاوت‌هایِ میانِ آن‌ها را باید ناشی از انحراف از جوهرِ ایده‌آلِ خرگوش دانست.

این تصویر به طرزِ ناامیدکننده‌ای نافرگشتی است! افلاطونی‌ها هر گونه تغییری را در خرگوش‌ها نوعی تخطی از خرگوشِ جوهری تلقی می‌کنند و همواره مقاومتی نسبت به تغییر وجود دارد. چنان که گویی تمامِ خرگوش‌هایِ واقعی با طنابی کشی به خرگوشِ جوهری، که در آسمان خانه دارد، متصل شده‌اند. رویکردِ فرگشت به حیاتْ درست در نقطهٔ مقابلِ این دیدگاه قرار دارد. نوادگانِ[۷] یک گونه[۸] می‌توانند به طرقِ نامحدودی از شکلِ نیاکانِ خود فاصله بگیرند و هر انحراف از این شکل می‌تواند نقطهٔ آغازی بالقوه برایِ نسل‌هایِ[۹] آینده باشد. در واقع، آلفرد راسِل والاس[۱۰]

---

[1] tapir

[2] pangolin

[3] dromedary

[4] rhombus

[5] parabola

[6] dodecahedron

[7] descendant

[8] species

[9] generation

[10] Alfred Russel Wallace

(کسی که به طورِ مستقل، همزمان با داروین، فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعی را کشف کرد)، مقالهٔ خود را «در بابِ تمایلِ گونه‌هایِ مختلف به انحراف از گونهٔ اولیه[1]» نامیده بود.

اگر «خرگوشِ معیار»ی وجود داشته باشد، این جایگاهِ خاصْ همان مرکزِ نمودارِ زنگیِ توزیع[2] خرگوش‌هایِ واقعیِ جهنده و زبل خواهد بود. و این جایگاه با گذرِ زمان تغییر می‌کند. پس از گذشتِ نسل‌ها، احتمالاً به تدریج به نقطه‌ای، که به روشنی قابلِ تعریف نیست، می‌رسیم که چیزی که بر سبیلِ قاعده به آن خرگوش می‌گوییم چنان از مبدأ اصلیِ خود فاصله گرفته است که شایستهٔ نامی جدید است. هیچ «خرگوشیّت» دائمی یا خرگوشِ جوهری در گوشه‌ای از آسمان وجود ندارد. چیزی که هست فقط جمعیتی از موجوداتِ پشمالو، درازگوش، سرگین‌خوار، با سبیل‌هایِ جنبان است که اندازه، شکل، رنگ، و خویِ آن‌ها به صورتِ آماری[3] توزیع شده است. خرگوشی با گوش‌هایِ درازتر که زمانی در انتهایِ توزیعِ سابق قرار داشت، ممکن است در زمانِ زمین‌شناختیِ[4] آینده در مرکزِ توزیعی جدید قرار گیرد. اگر تعدادِ نسل‌ها به اندازهٔ کافی زیاد باشد، ممکن است دیگر وجهِ شباهتی میانِ توزیعاتِ نیاکانی و نوادگانی وجود نداشته باشد: بزرگ‌ترین گوش‌ها در میانِ نیاکان چه بسا از کوچکترین گوش‌ها در میانِ نوادگان کوچک‌تر باشد. مطابقِ گفتهٔ یکی دیگر از فلاسفهٔ یونان، هِراکلیتوس[5]، «هیچ چیزی ثابت نیست». پس از صدها میلیون سال شاید باورش سخت باشد که خرگوش‌ها واقعاً نیاکانِ حیواناتی هستند که از نوادگانِ خرگوش‌اند. در عینِ حال، در هیچ نسلی در طیِ فرآیندِ فرگشت، نوعِ غالبِ جمعیت از نوعِ غالبِ جمعیتِ قبل و بعدِ خود دور نبوده است. مایر به این طرزِ تفکرْ جمعیت*اندیشی*[6] می‌گوید. از دیدِ او، جمعیت‌اندیشی برنهادِ (آنتی‌تزِ)[1]

---

[1] On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type

[2] distribution

[3] statistical

[4] geological time

[5] Heraclitus

[6] population thinking

اصالتِ جوهر است. از نظرِ مایر، دلیلِ این که این همه طول کشید که داروین بر سرِ صحنه برسد این بوده است که اصالتِ جوهر در دی.اِن.اِیِ ذهنیِ همهٔ ما، چه به دلیلِ تأثیرِ یونان یا به هر دلیلِ دیگری، حک شده است.

برایِ ذهنی که اسیرِ تفکرِ افلاطونی است، خرگوش خرگوش است و ختمِ کلام! اگر کوچک‌ترین اشاره‌ای بشود که نوعِ خرگوشْ ابری متحرک از میانگین‌هایِ آماری است، یا این که ممکن است خرگوشِ نوعیِ امروزی از خرگوشِ نوعیِ یک میلیون سالِ پیش، یا خرگوشِ یک میلیون سال پیش از آن متفاوت باشد، همچون این است که تابویی[۲] درونی را شکسته باشد. در واقع، روانشناسانی[۳] که بر رویِ رشدِ زبانی مطالعه می‌کنند بر این باورند که کودکان به طورِ طبیعی به اصالتِ جوهر باور دارند. شاید همین طور که ذهنِ بچه‌ها دارد رشد می‌کند و چیزهایِ مختلف را در دسته‌هایِ[۴] عینی[۵] قرار می‌دهند، دسته‌هایی که هر کدام نامی منحصربه‌فرد دارند، چنین رویکردی برایشان لازم است تا دچارِ آشفتگیِ روانی نشوند. جایِ شگفتی نیست که، در اسطورهٔ پیدایش[۶]، اولین وظیفهٔ آدم این بود که برایِ همهٔ حیوانات نامی انتخاب کند.

و باز به عقیدهٔ مایر، جایِ شگفتی نیست که ما آدمیان می‌بایست تا سدهٔ نوزدهمِ میلادی منتظر می‌ماندیم تا بالاخره داروین‌مان ظهور کند. برایِ این که بهتر نشان دهیم که فرگشت تا چه اندازه با اصالتِ جوهر ضدیت دارد، این سناریو را در نظر بگیرید: مطابقِ دیدگاهِ «جمعیت‌اندیشانهٔ» فرگشت، هر حیوانی به حیواناتِ دیگر مرتبط است. مثلاً خرگوش به پلنگ[۷] مرتبط است و این ارتباط

---

[1] antithesis

[2] taboo

[3] psychologist

[4] category

[5] discrete

[6] the Genesis Myth

[7] leopard

از طریقِ میانجی‌هایی میسر شده است که زنجیروار به هم متصل‌اند. هر عضوِ زنجیره آن‌قدر به همسایهٔ خود شباهت دارد که توانایی جفت‌گیری[1] با آن و به وجود آوردنِ فرزندی بارور[2] را دارد. شکستنِ تابویِ اصالتِ جوهر از این بهتر ممکن نیست. و این آزمایشی فکری نیست که فقط محدود به تخیلِ ما باشد. از منظرِ فرگشت، در معنایِ واقعی، زنجیره‌ای از حیواناتِ میانجی هستند که خرگوش را به پلنگ مرتبط می‌کنند. هر یک از حلقه‌هایِ این زنجیره زمانی زنده بوده و نفس می‌کشیده است؛ هر یک از حلقه‌هایِ این زنجیرهٔ بزرگ و پیوسته با همسایگانِ جانبی‌اش به یک گروه تعلق داشته است. در واقع، هر یک از حلقه‌هایِ این زنجیره فرزندِ همسایهٔ یک سمتش و والدِ همسایه‌اش در سمتِ دیگر بوده است. با وجودِ این، کلِ زنجیره پلی پیوسته از خرگوش به پلنگ را تشکیل می‌دهد؛ با این که، همان‌طور که در فصولِ آینده خواهیم دید، هیچ وقت «خَرَنگ»ی[3] وجود نداشته است. پل‌هایِ مشابهی از خرگوش به وُمبات[4]، از پلنگ به شاه‌میگو[5]، یا از هر حیوان یا گیاهی به حیوان یا گیاهی دیگر وجود دارد. شاید خودتان به این نتیجه رسیده باشید که چرا این نتیجهٔ حیرت‌آور ضرورتاً می‌تواند از جهان‌بینیِ فرگشتی منتج شود، اما بگذارید من هم مفصلاً آن را شرح دهم. آزمایشِ فکریِ سنجاقِ سر[6] نامی است که بر این آزمایشِ فکری نهاده‌ام.

یک خرگوشِ ماده را در نظر بگیرید (از قصد، به منظورِ ساده شدنِ کار، خرگوشی ماده را در نظر بگیرید. این امر تغییری در استدلال‌مان به وجود نمی‌آورد). مادرش را کنارش تصور کنید. حال، مادربزرگش را کنارش قرار دهید و همین سیر را به گذشته‌هایِ دورِ دورِ ادامه دهید، تا میلیون‌ها سالِ قبل. نتیجه زنجیره‌ای به ظاهر بی‌انتها از خرگوش‌هایِ ماده خواهد شد که گویی هر

---

[1] mate

[2] fertile

[3] واژه‌ای ساختگی که از ترکیبِ «خرگوش» و «پلنگ» به دست آمده است.

[4] wombat

[5] lobster

[6] hairpin thought experiment

یک از حلقه‌های زنجیره میانِ مادر و دخترش ساندویچ شده باشد. ما در امتدادِ این زنجیره، به سمتِ گذشته، حرکت می‌کنیم و هر یک از آن‌ها را، همچون یک بازرس، تفتیش می‌کنیم. اگر پیوسته از کنارِ خط عبور کنیم، سرانجام متوجه خواهیم شد که خرگوش‌هایِ کهن اندکی با خرگوش‌هایِ رایجِ امروزی تفاوت دارند. اما سرعتِ این تغییر آن قدر کم است که، از نسلی به نسلی دیگر، متوجهِ این تغییر نمی‌شویم. درست همان طور که متوجهِ حرکتِ عقربهٔ ساعت‌شمار نمی‌شویم؛ یا همان طور که رشدِ یک کودک را به چشمِ خود نمی‌بینیم. بعداً متوجه می‌شویم که آن کودک به سنِ نوجوانی رسیده است و بعدها به سنِ بزرگ‌سالی. یکی دیگر از دلایلی که متوجهِ تغییرِ خرگوش‌ها از نسلی به نسلِ دیگر نمی‌شویم این است که، در هر قرن، تغییراتِ درونِ جمعیتی به طورِ معمول گسترده‌تر از گوناگونیِ میانِ مادر و دختر است. پس اگر بکوشیم که حرکتِ «عقربهٔ ساعت‌شمار» را از طریقِ مقایسهٔ مادران و دختران، و یا اصلاً بهتر است بگوییم مادربزرگان و نوادگانِ دخترشان، متوجه شویم این تغییرات آن‌قدر ناچیزند که جست-و-خیزِ دوستان و خویشاوندانِ خرگوشکان در چمن‌زار هر گونه تغییری را به محاق می‌برند.

با وجودِ این، به طورِ پیوسته و نامحسوس، هم‌زمان که به گذشته باز می‌گردیم، سرانجام به اجدادی برخواهیم خورد که شباهتِ کمتر و کمتری به خرگوش دارند و شباهتِ بیشتری به حشره‌خوار[1] دارند (البته اینطور هم نیست که شبیهِ یکی از این دو باشند). به دلایلی که شرح خواهم داد نامِ یکی از این موجودات را «پیچِ سنجاقِ سر» گذاشته‌ام. این حیوان متأخرترین جدِ مشترکِ خرگوش‌ها و پلنگ‌هاست (البته در میانِ ماده‌ها، ولی این موضوع چندان اهمیتی ندارد). دقیق نمی‌دانیم که چه شکلی بوده است، اما از دیدگاهِ فرگشتی نتیجه می‌گیریم که الزاماً وجود داشته است. مثلِ هر حیوانِ دیگری، از همان گونه‌ای بوده است که مادر و خواهرش بوده‌اند. حال به راهِ خود ادامه می‌دهیم، با این تفاوت که پیچِ سنجاقِ سر را رد کرده‌ایم و به زمانِ حال نزدیک می‌شویم. هدف‌مان رسیدن به پلنگ‌ها است. (پلنگ‌ها تنها یکی از نوادگانِ گوناگونِ خرگوش‌ها هستند. مدام

[1] shrew

در مسیرمان به چندراهی‌هایِ مختلفی برخواهیم خورد و هر بار مسیری را انتخاب می‌کنیم که به پلنگ‌ها منتهی می‌شود.) همین‌طور ردِ فرزندانِ مادهٔ این حیوانِ حشره‌خوار را در مسیر می‌گیریم و جلو می‌رویم. به تدریج و به طورِ نامحسوس، حیواناتِ شبیه به حشره‌خوارِ زنجیره تغییر می‌کنند. در این راه به حیواناتی بر می‌خوریم که شاید شباهتِ چندانی به هیچ یک از حیواناتِ امروزی نداشته باشند، اما به یک‌دیگر شبیه‌اند. ممکن است پس از گذر از چند حیوانِ که شباهتِ مبهمی به قاقُم[1] دارند، بدونِ این که به هیچ گونه تغییرِ ناگهانی بربخوریم، به پلنگ برسیم.

در موردِ این آزمایشِ فکری باید چند نکته را گوشزد کنم. نخست اینکه، ما خودمان تصمیم گرفتیم از مسیری برویم که از خرگوش به پلنگ برسیم. اما بر این نکته تأکید می‌کنم که می‌توانستیم از مسیری برویم که از تَشی به دلفین[2]، از والابی[3] به زرافه[4]، یا از انسان به روغن‌ماهیِ کوچک[5] برسیم. نکتهٔ مهم این است که، برایِ دو حیوانِ موردِ نظرِ ما، باید یک مسیرِ سنجاقِ سرگونه وجود داشته باشد که آن‌ها را به هم متصل کند؛ به این دلیلِ ساده که هر گونه با گونه‌ای دیگر جَدی مشترک[6] دارد. برایِ یافتنِ آن، تنها کاری که لازم است انجام دهیم این است که به عقب برگردیم و به گونه‌ای برسیم که جدِ مشترک است و سپس از پیچِ سنجاقِ سر دور بزنیم و به جلو برگردیم تا به دیگر گونه‌ها برسیم.

دوم، توجه داشته باشید که ما داریم منحصراً از یافتنِ زنجیره‌ای از حیوانات سخن می‌گوییم که حیوانی امروزی را به یک حیوانِ امروزیِ دیگر متصل می‌کند. قطعاً این طور نیست که خرگوشی را به پلنگ *فرگشت* دهیم. می‌شود گفت که ما در امتدادِ سنجاقِ سر فرگشتِ معکوس و بعد از

---

[1] stoat

[2] dolphin

[3] wallaby

[4] giraffe

[5] haddock

[6] shared ancestor

آن‌جا، به سمتِ پلنگ، فرگشتِ رو به جلو انجام می‌دهیم. متأسفانه، این نکته بارها نیاز به تأکید دارد: همان گونه که در یکی از فصولِ آینده خواهیم دید، گونه‌هایِ امروزی به دیگر گونه‌هایِ امروزی فرگشت نمی‌یابند، بلکه با هم جدِ مشترک دارند. آن‌ها با هم فامیل هستند. همان گونه که خواهیم دید، این نکته پاسخی است به این خرده‌گیریِ تشویش‌برانگیز: «اگر انسان‌ها از شامپانزه‌ها فرگشت یافته‌اند؛ پس چه طور است که هنوز شامپانزه‌ها وجود دارند؟»

سوم، در مسیرِ رو به جلومان از حیوانی که در پیچِ سنجاقِ سر قرار داشت، از عمد مسیری را در پیش گرفتیم که به پلنگ می‌رسید. این مسیر واقعاً در تاریخِ فرگشت وجود دارد، اما باز به این مهم اشاره می‌کنم: ما خود تصمیم گرفتیم که بی‌شمار راهی را که به سایرِ حیوانات ختم می‌شد نادیده بگیریم. دلیلش آن است که حیوانی که در گردنهٔ سنجاقِ سر وجود دارد فقط جدِ مشترکِ خرگوش‌ها و پلنگ‌ها نیست، بلکه جدِ مشترکِ بسیاری از پستانداران[1] امروزی است.

چهارمین نکته نکته‌ای است که قبلاً بر آن تأکید کرده‌ایم: دو حیوانی که در دو انتهایِ سنجاقِ سر قرار دارند، هر چه قدر هم با هم متفاوت باشند (در اینجا خرگوش و پلنگ)، تفاوتِ میانِ هر حلقه از زنجیره‌ای که آن‌ها را به هم متصل می‌کند بسیارْ بسیار جزئی است. هر حلقه به همان اندازه به حلقه‌هایِ همسایهٔ خود شبیه است که یک دختر به مادر. و، همان گونه که اشاره کرده بودم، به همسایه‌هایِ خود ***شبیه‌تر*** است تا به سایرِ اعضایِ تیپیک[2] آن جمعیت.

می‌بینید که این آزمایشِ فکری چگونه در برجِ عاجِ ایده‌آل‌هایِ یونانیِ افلاطون چهار نعل می‌تازد. و حال می‌گویید که اگر نظرِ مایر در این باره درست است — اینکه پیش‌فرض‌هایِ ذات‌گرایانه در ما انسان‌ها این چنین نهادینه شده است — پس ممکن است این توجیهش هم درست باشد که، از لحاظِ تاریخی، هضمِ فرگشت برایِ ما مشکل بوده باشد.

---

[1] mammal

[2] typical

واژهٔ «ذات‌گرایی» نخستین بار در سالِ ۱۹۴۵ ابداع شد و بنابراین در دسترسِ داروین نبود. اما او با نسخهٔ زیست‌شناختیِ ذات‌گرایی کاملاً آشنا بود که به «جهش‌ناپذیریِ گونه‌ها[1]» موسوم است. عمدهٔ تلاشِ داروین معطوف به این بود که با این تفکر، که زیر این نام سنگر گرفته بود، مبارزه کند. در واقع، در بسیاری از کتاب‌هایِ داروین (این امر دربارهٔ ***خاستگاهِ گونه‌ها*** کمتر صدق می‌کند) فقط زمانی به طورِ کامل می‌فهمید که حرفِ حساب داروین چیست که پیش‌فرض‌هایِ امروزیِ موجود دربارهٔ فرگشت را از ذهن‌تان پاک کنید و همواره به یاد داشته باشید که عمدهٔ مخاطبانش ذات‌گرایانی بوده‌اند که حتی ذره‌ای هم به جهش‌ناپذیریِ گونه‌ها شک نداشتند. یکی از مؤثرترین سلاح‌های داروین، در استدلال علیهِ این جهش‌ناپذیریِ مفروض، شواهدی بود که از اهلی‌سازیِ[2] حیوانات به دست آمده بود و همین موضوعِ اهلی‌سازی است که بقیهٔ این فصل را به خود اختصاص داده است.

## حجاریِ استخرِ ژنی

داروین دربارهٔ پرورشِ[3] حیوانات و گیاهان زیاد می‌دانست. با کبوتربازها و باغبان‌ها اُخت بود و عاشقِ سگ‌ها بود. [i i] فقط فصلِ اولِ ***خاستگاهِ گونه‌ها*** نیست که کلاً دربارهٔ گوناگونیِ حیوانات و گیاهانِ خانگی است، بلکه داروین یک کتابِ کامل را هم به این موضوع اختصاص داده است. کتابِ وی، ***گوناگونیِ حیوانات و گیاهانِ اهلی‌شده***[4]، چند فصل دربارهٔ سگ‌ها و گربه‌ها، اسب‌ها و خرها، خوکان، گوسفندان و بزها، خرگوش‌ها، کبوترها[5] (دو فصل؛ چرا که داروین علاقهٔ خاصی به

---

[1] immutability of species

[2] domestication

[3] breeding

[4] *The Variation of Animals and Plants under Domestication*

[5] pigeon

کبوترها داشت)، مرغ و خروس، چند پرندهٔ دیگر، و گیاهان، از جمله کلم‌هایِ اعجاب‌انگیز داشت. کلم سلاحی گیاهی علیهِ ذات‌گرایی و جهش‌ناپذیریِ گونه‌ها است. کلمِ وحشی[۱]، *براسیکا اولریسیا*[۲]، گیاهِ قابلِ توجهی نیست و به کلمِ اهلی[۳] می‌ماند که هرز روییده باشد. فقط در عرضِ چند قرن، پرورش‌دهندگان، مجهز به تیغه‌هایی ظریف و ضخیم و مجموعه ابزاری از روش‌هایِ پرورشِ انتخابی[۴]، از این گیاهانِ مبهم چنان گیاهانِ متنوعی تراشیده و خراشیده‌اند که هم از یک‌دیگر و هم از جدشان زمین تا آسمان فرق دارند. این مجموعه از کلمِ بروکلی[۵] تا گل کلم[۶]، کلم قمری[۷]، کلم کالی[۸]، کلمِ بروکسل[۹]، کلم پیچ[۱۰]، کلمِ رومی[۱۱]، و البته انواعِ سبزیجاتی را در بر می‌گیرد که به طورِ رایج هنوز به آن‌ها کلم می‌گوییم.

یکی دیگر از مثال‌هایِ آشنا درآوردنِ حدودِ دویست نژادِ سگ (*کانیس فامیلیاریس*[۱۲]) از گرگ (*کانیس لوپوس*[۱۳]) است. باشگاهِ کِنِل انگلستان[۱۴] این نژادها را از هم متمایز شناخته است.

---

[1] wild cabbage

[2] *Brassica oleracea*

[3] domestic cabbage

[4] selective breeding

[5] broccoli

[6] cauliflower

[7] kohlrabi

[8] kale

[9] Brussels sprouts

[10] spring greens

[11] romanescu

[12] *Canis familiaris*

[13] *Canis lupus*

[14] the UK Kennel Club

همچنین، بیشترِ این نژادها، به سببِ قوانینِ آپارتایدگونهٔ پرورشِ نژادِ خالص[1]، از لحاظِ ژنتیکی، در انزوا نگه داشته شده‌اند.

در ضمن، چنین به نظر می‌آید که جدِ وحشیِ همهٔ سگ‌هایِ خانگی گرگ و فقط گرگ بوده است، با این که ممکن است اهلی‌سازیِ آن، به طورِ مستقل، در جاهایِ مختلفِ جهان انجام شده باشد. فرگشت‌گرایان از ابتدا بر این باور نبوده‌اند. داروین و بسیاری از هم‌عصرانش گمان می‌بردند که چندین گونه از خانوادهٔ سگ‌سانانِ وحشی[2]، از جمله گرگ‌ها و شغال[3]، از نیاکانِ سگ‌هایِ خانگیِ ما بوده‌اند. کُنراد لورِنتس[4]، رفتارشناسِ جانورانِ اهلِ اتریش و برندهٔ جایزهٔ نوبل، نیز همین عقیده را داشت. کتابِ او، *آشناییِ انسان و سگ*[5]، که در سالِ **۱۹۴۹** منتشر شد، این ایده را پیش می‌برد که نژادهایِ مختلفِ سگ‌هایِ اهلی به دو دستهٔ عمده تقسیم بندی می‌شوند: دسته‌ای که از نسلِ شغال هستند (عمدهٔ سگ‌ها) و دسته‌ای که از نسلِ گرگ هستند (سگ‌هایِ موردِ علاقهٔ خودِ لورِنتس، از جمله نژادِ چوچو[6]). به نظر می‌رسد که لورِنتس هیچ مدرکی برایِ ایجادِ این دو دستگی نداشت به جز تفاوت‌هایی که به نظرش در رفتار و شخصیتِ نژادهایِ مختلف مشاهده کرده بود. این معمّا پاسخی قطعی نداشت تا این که شواهدِ حاصل از ژنتیکِ مولکولی[7] پاسخی برایِ آن پیدا کرد. حال دیگر شکی در آن نیست. سگ‌هایِ خانگی اصلاً از نسلِ شغال نیستند. نژادهایِ سگ، بدونِ

---

[1] pedigree

[2] wild canid

[3] jackal

[4] Konrad Lorenz

[5] *Man Meets Dog*

[6] Chows

[7] molecular genetics

استثناء، نه از نسلِ شغال‌اند، نه از نسلِ کایوت‌ها[1]، و نه از نسلِ روباه[2]؛ بلکه همگی گرگ‌هایِ اصلاح شده هستند.

مهم‌ترین چیزی که با مطرح کردنِ بحثِ اهلی‌سازی می‌خواهم به آن اشاره کنم قدرت و سرعتِ شگرفِ اهلی‌سازی در تغییرِ شکل و رفتارِ حیواناتِ وحشی است. پرورش‌دهندگان همچون مدل‌سازانی هستند که خمیرمایهٔ کارشان به هر شکلی در می‌آید. یا همچون مجسمه‌سازانی هستند که تیشه در دست، مطابقِ میل‌شان، سگ‌ها، اسب‌ها، گاوها، یا کلم‌های مختلف را می‌تراشند. به زودی به این تمثیل رجوع می‌کنم. ربطِ این موضوع به فرگشتِ طبیعی این است که با وجودِ این که انسان عاملِ انتخاب‌گر است و نه طبیعت، فرآیندی که رخ می‌دهد دقیقاً یکسان است. به این دلیل است که داروین در آغازِ *خاستگاهِ گونه‌ها* این همه به مبحثِ اهلی‌سازی پرداخته است. فرگشت از طریقِ انتخابِ مصنوعی[3] را همه درک می‌کنند. انتخابِ طبیعی هم فرقی با آن ندارد، فقط یکی از جزئیاتِ آن فرق می‌کند.

دقیق‌تر بخواهیم بگوییم، پرورش‌دهنده بدن یا شکلِ سگ و کلم را دستکاری نمی‌کند، بلکه این استخرِ ژنیِ[4] نژاد[5] یا گونه است که به دستِ وی تغییر می‌کند. ایدهٔ استخرِ ژنی محورِ دانش و نظریه‌ای است که به آن «نوداروینیسمِ تلفیقی» می‌گویند. خودِ داروین هیچ اطلاعی از آن نداشت. در میانِ اندیشمندانِ هم‌عصرِ او نه از این ایده خبری بود و نه از ژن[6]. البته داروین می‌دانست که ویژگی‌هایی خاص از نسلی به نسلِ دیگر به ارث می‌رسد؛ می‌دانست که هر فرزند به والدین و خواهر و برادرهایِ خود شباهت دارد؛ و می‌دانست که ویژگی‌هایِ خاصی از سگ‌ها و کبوترها نعل به نعل

---

[1] coyote

[2] fox

[3] artificial selection

[4] gene pool

[5] breed

[6] gene

به نسلِ بعد منتقل می‌شوند. وراثت[1] یکی از ستون‌هایِ نظریهٔ انتخابِ طبیعی‌اش بود. اما استخرِ ژنی چیزِ دیگری است. مفهومِ استخرِ ژنی تنها با دانستن و اندیشیدن به قانونِ جورشدنِ مستقلِ اجزایِ وراثتِ ممکن بود. داروین هیچ اطلاعی از قوانینِ مِندِل[2] نداشت. گِرِگور مِندِل، راهبِ اتریشی و پدرِ علمِ ژنتیک، هم‌عصرِ داروین بود، اما یافته‌هایِ خود را در مجله‌ای آلمانی منتشر کرده بود که روحِ داروین هم از آن خبر نداشت.

ژنِ مِندِلی چیزی در حدِ همه-یا-هیچ است. وقتی که نطفهٔ کسی منعقد می‌شود، این‌گونه نیست که ماده‌ای را از پدرش دریافت کند که با ماده‌ای که از مادرش دریافت کرده است ترکیب شود. یعنی مثلِ مخلوط کردنِ رنگِ آبی و قرمز و تولیدِ رنگِ بنفش نیست. اگر واقعاً وراثت این‌گونه بود (چنان که مردم در زمانِ داروین می‌پنداشتند) همهٔ ما میانگینی از ویژگی‌هایِ پدر و مادرمان بودیم. اگر چنین بود، تمامِ گوناگونی‌هایِ یک جمعیت از بین می‌رفت (اگر با همهٔ توان‌تان هم رنگِ بنفش را با رنگِ بنفش به هم بزنید، محال است بتوانید رنگ‌هایِ قرمز و آبیِ اولیه را به دست بیاورید). البته بر کسی پوشیده نیست که، در یک جمعیت، گرایشِ ذاتی برایِ کاهشِ تنوع وجود ندارد. مِندِل ثابت کرد که دلیلش آن است که ترکیبِ ژن‌هایِ پدر و مادر در فرزند مانندِ ترکیبِ رنگ‌هایِ مختلف با هم نیست (البته مِندِل از واژهٔ «ژن» استفاده نکرده بود؛ چرا که این واژه نخستین بار در سالِ ۱۹۰۹ ابداع شد)، بلکه این فرآیند بیشتر به بُر زدنِ کارت‌ها در یک دست ورق شباهت دارد. امروزه می‌دانیم که ژن‌ها رشته‌هایی از کدهایِ دی.اِن.ای هستند که مانندِ برگ‌هایِ ورق از هم جدا نیستند، اما این موضوع به درستیِ این اصل خدشه‌ای وارد نمی‌کند. ژن‌ها با هم ترکیب نمی‌شوند، بلکه بُر می‌خورند. می‌شود گفت که بد بُر خورده‌اند؛ یعنی بعضی از کارت‌ها، در چندین نسل، کنارِ هم بُر خورده‌اند و بعدها به صورتِ اتفاقی بین‌شان فاصله افتاده است.

---

[1] heredity

[2] Gregor Mendel

هر یک از تخمک‌های[1] شما (یا اگر مرد هستید، هر یک از اسپرم‌های[2] شما) یا نسخهٔ پدریِ شما را از یک ژنِ خاص دارد یا نسخهٔ مادریِ شما را از آن ژن و نه ترکیبی از آن دو. و آن ژن از یک و تنها یکی از پدربزرگ و مادربزرگِ شما؛ و از یک و تنها یکی از هشت جدِ پدری یا مادریِ شما به شما رسیده است.[iii]

وقتی که با دانشِ کنونی به گذشته نگاه می‌کنیم، فکر می‌کنیم که چنین چیزی همیشه بدیهی به نظر می‌رسیده است. وقتی که فردِ مذکر و مؤنثی با هم تولیدِ مثل می‌کنند، انتظار دارید که حاصل‌شان یک پسر یا دختر باشد، نه یک هرمافرودیت.[iv] وقتی که با دانشِ کنونی به گذشته نگاه می‌کنیم، ممکن است چنین بپنداریم که هر کسی می‌توانسته است پیشِ خود به این قاعدهٔ همه-یا-هیچِ در وراثتِ هر ویژگی پی ببرد. حیرت‌انگیز است که داروین خودش داشت تقریباً به چنین نتیجه‌ای می‌رسید، اما در یک قدمیِ درکِ ارتباطِ میانِ یافته‌هایِ مختلف از پیشرفت باز ماند. در سالِ ۱۸۶۶، در نامه‌ای به آلفرد والاس چنین می‌نویسد:

والاسِ عزیزم،

> نمی‌دانم که وقتی از عدمِ ترکیبِ تفاوت‌ها سخن می‌گویم منظورم را متوجه می‌شوی یا نه. این قضیه ربطی به باروری ندارد. بگذار مثالی برایت بزنم تا موضوع روشن شود. من گلِ میمونِ[3] بنفش و صورتی را با هم پیوند زدم، که می‌دانی از نظر رنگ خیلی با هم فرق دارند. حتی از یک غلاف[4] از هر دو رنگ گل‌هایی به‌طورِ کامل و بی‌نقص به وجود آمد اما هیچ کدام ترکیبی از دو رنگ نبود. از این رو، به نظرم، این طور اتفاقی باید، در ابتدا، برایِ پروانه‌هایِ تو هم رخ دهد. . . گرچه چنین مواردی از نظرِ ظاهر

---

[1] egg

[2] sprem

[3] sweet pea

[4] pod

شگفت‌آورند، لیکن واقعاً نمی‌دانم که آیا به همین دلیل است یا نه که در دنیا هر جنسِ ماده‌ای فرزندانِ نر و مادهٔ متمایز تولید می‌کند.

داروین، *تا به این حد*، به کشفِ قانونِ عدمِ ترکیب[1] مندلِ نزدیک شده بود (عدمِ ترکیبِ چیزی که امروزه آن را «ژن» می‌خوانیم).[v]* این قضیه شبیهِ مدعایِ برخی توجیه‌گرانِ آزرده‌خاطری است که می‌گویند دانشمندانِ دیگری در دورهٔ ملکه ویکتوریا[2]، همچون پاتریک مَتیو[3] و ادوارد بلایث[4]، پیش از داروین، انتخابِ طبیعی را کشف کرده بودند. همان گونه که داروین هم خود اذعان کرده است، این حرف مایه‌هایی از واقعیت دارد. اما به گمانم شواهد نشان می‌دهند که این دانشمندان به ***اهمیتِ*** این موضوع واقف نبودند. آن‌ها، بر خلافِ داروین و والاس، انتخابِ طبیعی را پدیده‌ای ***عمومی*** و دارایِ اهمیتی جهان‌شمول نمی‌دیدند. به قدرتِ انتخابِ طبیعی، در مقامِ نیرویِ پیش‌رانِ فرگشتِ همهٔ موجوداتِ زنده در جهتِ تغییرِ مثبت، واقف نبودند. به طریقِ مشابه، این نامه به والاس نشان می‌دهد که داروین تا یک قدمیِ درکِ ماهیتِ غیرِ ترکیبیِ وراثت پیش رفته بود. اما عمومیتِ آن را در نیافته بود و، مهم‌تر این که، متوجه نشد که این نکته کلیدِ معمّاست، این معمّا که چرا گوناگونیْ خود-به-خود از یک جمعیت رخت بر نمی‌بندد. معمّا بی‌پاسخ ماند تا این که سرانجام، دانشمندانِ قرنِ بیستم، با تکیه بر کشفِ مندل، که از دورانِ خود جلوتر بود، موفق به پرده‌برداری از آن شدند.[vi]

پس حال مفهومِ استخرِ ژنی دارد به تدریج معنا پیدا می‌کند. جمعیتی که از طریقِ جنسی[5] تولیدِ مثل[6] می‌کند، مثلاً تمامِ موش‌هایِ جزیرهٔ اَسنشن[7]، که در یکی از مناطقِ دورافتادهٔ اقیانوسِ

---

[1] non-blending

[2] Victorian

[3] Patrick Matthew

[4] Edward Blyth

[5] sexual

[6] reproduction

[7] Ascension Island

اطلسِ جنوبی[1]، مدام ژن‌هایِ موجود در جزیره را بُر می‌زنند. در هیچ یک از نسل‌ها، هیچ تمایلِ درونی به داشتنِ گوناگونیِ کمتر نسبت به نسلِ قبل وجود ندارد. هیچ تمایلی هم برایِ حرکت به سمتِ خاکستریِ کسلِ کننده یا حدی متوسط وجود ندارد. ژن‌ها ثابت باقی می‌مانند و، با گذشتِ نسل‌هایِ متمادی، هنگامِ انتقال از موشی به موشی دیگر، بُر می‌خورند، اما با یک‌دیگر *ترکیب* نمی‌شوند و هیچ گاه هم‌دیگر را نمی‌آلایند. در هر زمان، کلِ ژن‌ها در بدنِ تک تکِ موش‌ها وجود دارد یا، از طریقِ اسپرم، از بدنِ موشی به بدنِ موشی دیگر انتقال می‌یابند. اما اگر نگاهی جامع به تمامیِ نسل‌ها داشته باشیم، خواهیم دید که تمامِ ژن‌هایِ موش‌هایِ درونِ جزیره طوری با هم بُر خورده‌اند که گویی کارت‌هایی از دسته ورقی یکسان، یا یک استخرِ ژنی، بوده‌اند که به خوبی بُر خورده‌اند.

به گمانم، استخرِ ژنیِ موش‌های جزیرهٔ کوچک و دورافتاده‌ای همچون جزیرهٔ اَسنشن استخری مستقل است که تقریباً خوب بُر خورده است. به این معنا که احتمالاً اجدادِ متأخرِ موش‌ها در کلِ جزیره پراکنده بوده‌اند اما فقط در جزیره و نه جایی دیگر. البته از سواری گرفتن قاچاقیِ موش‌ها از کشتی‌ها و رفتن‌شان به جاهایِ دیگر چشم می‌پوشیم. اما استخرِ ژنیِ موش‌هایی که در سرزمینی وسیع، همچون اوراسیا[2]، زندگی می‌کنند به مراتب پیچیده‌تر است. موشی که در مادرید زندگی می‌کند بیشترِ ژن‌هایِ خود را از اجدادی به ارث می‌برد که در سمتِ غربیِ اوراسیا می‌زیسته‌اند، تا مناطقی چون مغولستان[3] یا سیبری[4]. نه به دلیلِ موانعِ خاصی که بر سرِ راهِ شارشِ ژن[5] وجود دارد (با این که این موانع نیز بی‌تأثیر نیستند)، بلکه صرفاً به سببِ فاصله‌ای که بینِ این موش‌ها وجود دارد. زمان می‌برد تا بُر زدنِ جنسیْ ژنی را در یک سمتِ قاره در سمتی دیگر بازتولید کند. حتی اگر مانعی

---

[1] the South Atlantic

[2] Eurasia

[3] Mongolia

[4] Siberia

[5] gene flow

فیزیکی، همچون دریا یا رشته‌کوه وجود نداشته باشد، شارشِ ژن در چنین سرزمینِ وسیعی به قدری کند خواهد بود که بگوییم استخرِ ژنی «غلیظ» است. عمدهٔ ژن‌هایِ موشی که در وِلادی‌وُستوک[1] زندگی می‌کند به اجدادی بر می‌گردد که در شرق می‌زیسته‌اند. استخرِ ژنیِ اوراسیا هم مانندِ استخرِ ژنیِ جزیرهٔ اَسنِشِن بُر می‌خورد، اما نه به همگنیِ جزیرهٔ اَسنِشِن. دلیلش هم فاصلهٔ مکانیِ بینِ نسل‌هاست. افزون بر این، موانعی چون رشته‌کوه‌ها، رودهایِ بزرگ، یا صحراها موانعِ بیشتری را در راهِ بُر خوردنِ همگنِ[2] ژن‌ها می‌تراشند. از این رو، این موانعْ ساختارِ استخرِ ژنی را تعیین می‌کنند و به آن شکل می‌دهند. این پیچیدگی‌ها چیزی از ارزشِ ایدهٔ استخرِ ژنی نمی‌کاهد. استخرِ ژنیِ خوب-بُر-خورده یک مفهوم‌سازیِ انتزاعیِ[3] مفید است، همچون برداشتِ انتزاعی‌ای که یک ریاضی‌دان از یک خطِ صافِ بی‌نقص در ذهنِ خود می‌سازد. استخرهایِ ژنیِ واقعی، حتی استخرهایِ ژنیِ موجود در جزیرهٔ کوچکی همچون جزیرهٔ اَسنِشِن، با مفهومِ انتزاعیِ استخرِ ژنی فاصله دارند و فقط مقداری بُر خورده‌اند. هر چه جزیره کوچک‌تر و یک‌دست‌تر باشد، استخرِ ژنیِ آن به ایده‌آلِ انتزاعی که از یک استخرِ ژنیِ خوب-بُر-خورده داریم نزدیک‌تر خواهد بود.

صرفاً برایِ بستنِ مبحثِ استخرِ ژنی این را بگوییم که هر حیوان در یک جمعیت ***نمونه‌ای***[4] از استخرِ ژنیِ نسلِ خود (یا نسلِ والدینِ خود) است. هیچ تمایلِ درونی در استخرهایِ ژنی برایِ افزایش یا کاهشِ فراوانیِ یک ژنِ خاص وجود ندارد. اما آن گاه که افزایش یا کاهشی نظام‌مند در فراوانیِ یک ژن در یک استخرِ ژنی وجود داشت، این امر کاملاً و دقیقاً همان چیزی است که به آن فرگشت می‌گوییم. از این رو، سؤالی که مطرح می‌شود این است: ***چرا*** باید افزایش یا کاهشی

---

[1] Vladivostok

[2] homogeneous

[3] abstraction

[4] sample

نظام‌مند در بسامدِ[1] ژن‌ها وجود داشته باشد؟ این جاست که قضیه جالب می‌شود و، به وقتش، به آن خواهیم پرداخت.

اتفاقِ جالبی در استخرِ ژنیِ سگ‌هایِ خانگی رخ می‌دهد. پرورش‌دهندگانِ نژادِ خالصِ پکینز[2] یا دالماسین[3] از هیچ تلاشی دریغ نمی‌کنند تا بتوانند از پیوندِ ژن‌هایِ یک استخرِ ژنی به استخرِ ژنی‌ای دیگر جلوگیری کنند. آن‌ها سابقهٔ نژادیِ این سگ‌ها را در دفتری ثبت می‌کنند و این سابقه تا چند نسلِ قبلِ سگ‌ها را در خود دارد. آن گاه پیوند با نژادی دیگر بدترین اتفاقی است که ممکن است در دفترِ سابقهٔ نژادیِ یک پرورش‌دهندهٔ نژادِ خالص رخ دهد؛ چنان که گویی یک نژادِ سگ در جزیرهٔ اَسنشنی محدود و کوچک اسیر و از سایرِ نژادها دور نگه داشته شده باشد. اما در این جا، مانعِ سرِ راهِ پیوندِ میان‌نژادی[4] آبِ رود و دریا نیست، بلکه قوانینِ بشر است. از لحاظِ جغرافیایی، همهٔ نژادها با هم هم‌پوشانی‌هایی دارند، اما به سببِ نظارتِ سخت‌گیرانه‌ای که صاحبان‌شان رویِ فرصت‌هایِ جفت‌گیریِ آن‌ها دارند، مانندِ این است که سگ‌ها در جزیره‌هایی جدا زندگی می‌کنند. بدونِ شک، هر از گاهی این قوانین شکسته می‌شوند. مانندِ موشی که قاچاقی به جزیرهٔ اَسنشن می‌رود. یک سگِ مادهٔ ویپت[5] گریزپا قلادهٔ خود را می‌گسلد و با یک اسپانیل[6] می‌آمیزد. اما توله‌هایِ[7] دورگهٔ[8] حاصل، هر چه قدر هم، به صورتِ مجزا، دوست‌داشتنی باشند، از جزیرهٔ نژادِ خالصِ ویپت بیرون رانده می‌شوند. خودِ جزیره یک جزیرهٔ ویپتِ خالص باقی می‌ماند. وجودِ بقیهٔ

---

[1] frequency

[2] Pekinese

[3] Dalmation

[4] interbreeding

[5] whippet

[6] spaniel

[7] puppy

[8] mongrel

ویپت‌های خالص تضمین می‌کند که استخرِ ژنیِ جزیرهٔ مَجازیِ ویپت، پالوده و بی‌آلایش باقی بماند. صدها «جزیرهٔ» ساختهٔ دستِ بشر وجود دارند که همان نژادهایِ خالص هستند. هر یک از این نژادهایِ خالص جزیره‌ای مَجازی است؛ به این معنا که این جزیره‌ها مکانی جغرافیایی ندارند. نژادهایِ خالصِ ویپت یا پامرانین[1] ممکن است در هر نقطه‌ای از جهان یافت شوند و ماشین‌ها، کشتی‌ها، و هواپیماها نیز وسیلهٔ حمل‌ونقلِ ژن‌هایِ آن‌ها از مکانی جغرافیایی به یک مکانِ جغرافیاییِ دیگر هستند. جزیرهٔ ژنتیکیِ مَجازیِ استخرِ ژنیِ نژادِ پکینز، از لحاظِ جغرافیایی با جزیرهٔ ژنتیکیِ مَجازیِ استخرِ ژنیِ نژادِ باکسر[2] و نژادِ سَن‌برنارد[3] هم‌پوشانی‌هایی داشته باشد، اما از لحاظِ ژنتیکی مجزّاست (مگر این که سگِ ماده‌ای[4] از دستِ صاحبش در برود).

حال به حرفی باز می‌گردیم که بابِ سخن دربارهٔ استخرِ ژنی را باز کرد. گفتم که اگر پرورش‌دهندگان را همچون مجسمه‌سازانی در نظر بگیریم، چیزی که با تیشه‌هایِ خود می‌تراشند بدنِ سگ نیست، بلکه استخرِ ژنی است. به نظر می‌رسد که رویِ بدنِ سگ کار می‌کنند، چرا که پرورش‌دهنده هدفی را برایِ کارش عنوان می‌کند. مثلاً می‌گوید که هدفش کوتاه کردنِ پوزهٔ[5] نسل‌هایِ بعدیِ سگِ باکسر است. و حاصلِ نهاییِ آن نیز واقعاً پوزه‌ای کوتاه‌تر است؛ چنان که گویی با تیشه به جانِ پوزهٔ نسل‌هایِ قبلی افتاده‌اند. اما، همان گونه که دیدیم، هر سگِ باکسری از هر نسلی نمونه‌ای از استخرِ ژنیِ زمانِ خود است. این استخرِ ژنی است که طیِ سالیانِ متمادی تراشیده و خراشیده شده است. ژن‌هایِ پوزه‌هایِ بلند از استخرِ ژنی جدا شده‌اند و ژن‌هایِ پوزهٔ کوچک جایِ آن‌ها را گرفته است. هر نژادِ سگ، از داکس‌هوند[6] تا دالماسین، از باکسر تا بُرزوی[1]، از پودل[2] تا

---

[1] Pomeranian

[2] boxer

[3] St Bernard

[4] bitch

[5] snout

[6] dachshund

پکینز، از گِریت‌دِین[3] تا چی‌واوا[4] تراشیده، حکاکی، و سرشته شده‌اند. نه که در معنایِ واقعیِ کلمه این کارها را رویِ پوست و گوشت‌شان انجام داده باشند، بلکه این تغییرات در استخرِ ژنیِ آن‌ها داده شده است.

همهٔ این تغییرات از طریقِ حذف کردن میسر نشده‌اند. بسیاری از نژادهایِ رایجِ سگ در اصل ترکیبی (هیبریدی)[5] از نژادهایِ دیگر بوده‌اند که اخیراً می‌زیسته‌اند، مثلاً در قرنِ نوزدهم. هیبریدیزاسیون (دورگه‌سازی)[6]، بدونِ شک، شکستنِ عمدیِ انزوایِ استخرهایِ ژنیِ موجود در جزیره‌هایِ مَجازیِ دیگر است. بعضی از طرح‌هایِ دورگه‌سازی با چنان دقتی برنامه‌ریزی شده‌اند که اگر به توله‌هایِ حاصلِ آن‌ها «دورگه»[7] بگویید، به پرورش‌دهندگان‌شان بر می‌خورد (البته پرزیدنت اوباما با شادمانی این لفظ را برایِ خود به کار برد). لابرادودل[8] ترکیبی بینِ پودل و لابرادور رِتریور[9] است. این نژاد حاصلِ برنامه‌ای دقیق برایِ ترکیبِ ویژگی‌هایِ خوبِ هر دو نژاد بوده است. صاحبانِ لابرادودل، درست مانندِ سگ‌هایِ نژادِ خالص، برایِ آن‌ها انجمن‌هایی را تشکیل داده‌اند. دو مکتبِ فکری در میانِ علاقه‌مندانِ به لابرادودل و دیگر سگ‌هایِ دورگهٔ برنامه‌ریزی شدهٔ مشابه وجود دارد. بعضی‌ها دوست دارند که همچنان با جفت زدنِ پودل و لابرادورْ لابرادودل تولید کنند. و عده‌ای دیگر ترجیح می‌دهند که استخرِ ژنیِ جدیدی را برایِ لابرادودل ایجاد کنند که وقتی دو لابرادودل را با هم جفت می‌زنند، حاصلِ این کار یک نژادِ خالص باشد. در حالِ حاضر، وقتی که ژن‌هایِ نسلِ

---

[1] borzoi

[2] poodle

[3] Great Dane

[4] chihuahua

[5] hybrid

[6] hybridization

[7] mutt

[8] Labradoodle

[9] Labrador retriever

دومِ لابرادودل با هم در می‌آمیزند، گوناگونیِ بیشتری را، نسبت به چیزی که از سگ‌هایِ نژادِ خالص انتظار می‌رود، نشان می‌دهند. بسیاری از نژادهایِ «خالص» این‌گونه شروع شدند: نخست، دوره‌ای پرتنوع را پشتِ سر گذاشتند. سپس، در پیِ چندین نسل از پرورشِ مدقّانه، تنوع‌شان کاهش یافت.

گاهی اوقات، نژادهایِ جدیدِ سگ از طریقِ اتخاذِ یک جهشِ[1] ژنتیکیِ عمده شروع می‌شوند. جهشِ ژنتیکی تغییراتی تصادفی[2] در ژن‌ها است که مادهٔ خامِ فرگشت از طریقِ انتخابِ غیرِتصادفی است. در طبیعت، جهش‌هایِ گسترده به ندرت دوام می‌آورند، اما متخصصانِ ژنتیک، در آزمایشگاه، علاقهٔ خاصی به آن‌ها نشان می‌دهند؛ چرا که مطالعه بر رویِ آن‌ها آسان است. سگ‌هایِ نژادِ پاکوتاه، مثلِ باسِت هوند[3] و داکس‌هوند، این ویژگی را در یک مرحله و از طریقِ یک جهشِ ژنتیکی، به نامِ آکُندروپلازی[4]، به دست آوردند. این نژادها مثال‌هایِ خوبی برایِ جهش‌هایِ وسیع هستند که بقای‌شان در طبیعت نامحتمل می‌بود. جهشی مشابه عاملِ رایج‌ترین نوعِ کوتاه‌قامتی[5] در میانِ انسان‌ها است. در این اختلال، اندازهٔ تنهٔ فرد عادی است، اما دست‌ها و پاهایش کوتاه‌اند. مسیرهایِ ژنتیکیِ دیگری وجود دارند که نژادهایی مینیاتوری را، با حفظِ نسبتِ اجزاءِ نسلِ اولیه، تولید می‌کنند. پرورش‌دهندگانِ سگ می‌توانند با ترکیبِ چند جهشِ عمده، مانندِ آکُندروپلازی و بسیاری از ژن‌هایِ جزئیِ دیگر، تغییراتی را در اندازه و شکلِ حیوانات ایجاد کنند. برایِ دست‌یابی به این تغییرات، نیازی هم به دانشِ ژنتیک ندارند. بدونِ هیچ درکی از ژنتیک و تنها با تعیینِ این که کی با کی بیامیزد می‌توانید حیوانات را، برایِ دست‌یابی به هر ویژگیِ مطلوبی، پرورش دهید. این همان چیزی است که، قرن‌ها پیش از این که کسی از ژنتیک چیزی بداند، پرورش‌دهندگانِ حیوانات و

---

[1] mutation

[2] random

[3] basset hound

[4] achondroplasia

[5] dwarfism

گیاهان، به طورِ کلی، انجام می‌داده‌اند. و این ماجرا نکته‌ای را پیرامونِ انتخابِ طبیعی به ما می‌آموزد؛ چرا که طبیعت، بدونِ شک، از هیچ چیزی درک یا آگاهی ندارد.

رِیموند کوپینگِر[1]، جانورشناسِ[2] آمریکایی، نشان داده است که توله‌هایِ نژادهایِ مختلف بیشتر به هم شباهت دارند تا سگ‌هایِ بزرگ‌سال. توله‌ها نمی‌توانند از هم متفاوت باشند؛ چرا که مهم‌ترین کاری که باید انجام بدهند مکیدن[3] است و مکیدن برایِ همهٔ نژادها به یک اندازه دشوار است. مشخصاً، برایِ این که یک توله بتواند خوب بمکد، نباید پوزهٔ بلندی، همچون بُرزوی یا رِتریور داشته باشد. به این خاطر است که همهٔ توله‌ها به نژادِ پاگ[4] شباهت دارند. می‌توان گفت که یک پاگِ بالغ توله‌ای است که صورتش درست رشد نکرده است. بیشترِ سگ‌ها، پس از این که از شیر گرفته می‌شوند، پوزه‌شان نسبتاً بزرگ می‌شود. نژادهایِ پاگ، بول‌داگ[5]، و پکینز این گونه نیستند. بقیهٔ بدن‌شان رشد می‌کند، اما پوزه‌شان در همان اندازهٔ خردسالی باقی می‌ماند. اصطلاحِ تخصصی که برایِ این پدیده به کار می‌رود ***جوان‌مانی (نئوتنی)***[6] است. در فصلِ ۷، که دربارهٔ فرگشتِ انسان است، دوباره به آن خواهیم پرداخت.

اگر همهٔ اندامِ یک حیوان با سرعتِ یکسانی رشد کنند، به طوری که حیوانِ بالغ شکلِ یکسان اما بزرگ‌شدهٔ زمانِ نوزادی‌اش باشد، گفته می‌شود که رشدِ آن ایزومتریک[7] است. رشدِ ایزومتریک بسیار نادر است. اما در رشدِ آلومتریک[8]، اندام‌های مختلف با سرعتِ متفاوتی رشد

---

[1] Raymond Coppinger

[2] zoologist

[3] suck

[4] pug

[5] bulldog

[6] neoteny

[7] isometric growth

[8] allometric growth

می‌کنند. معمولاً، سرعتِ رشدِ اندام‌هایِ مختلفِ یک حیوان تناسبِ ریاضیِ ساده‌ای با یکدیگر دارند. در دهۀ ۱۹۳۰، دانشمندان، به خصوص سِر جولیان هاکسلی[1]، مطالعاتِ زیادی بر رویِ این پدیده انجام دادند. شکلِ مختلفِ نژادهایِ مختلفِ سگ حاصلِ ژن‌هایی است که نسبت‌هایِ رشدِ آلومتریکِ میانِ اجزایِ مختلف را تغییر می‌دهند. برایِ نمونه، اخمِ چرچیلیِ سگ‌هایِ بول‌داگ حاصلِ تمایلِ ژنتیکیِ آن‌ها به رشدِ کندترِ استخوان‌هایِ بینی است. این پدیده، به صورتِ ناخواسته، رویِ رشدِ استخوان‌هایِ مجاور و، در واقع، رویِ همۀ بافت‌هایِ مجاور تأثیر می‌گذارد. یکی از این پیامدهایِ ناخواسته‌اش این است که سقفِ دهانِ بول‌داگ به شکلِ عجیبی به سمتِ بالا کشیده می‌شود. به این خاطر، دندان‌هایِ بول‌داگ بیرون می‌زند و از دهانش آب می‌آید. سگ‌هایِ بول‌داگ، و همچنین سگ‌هایِ پکینز، مشکلِ تنفسی هم دارند. بول‌داگ‌ها حتی موقعِ تولد هم مشکل دارند؛ چرا که سرشان به طورِ نامتناسبی بزرگ است. بیشترِ بول‌داگ‌هایی که امروزه می‌بینید، چه بسا همه‌شان، از طریقِ سزارین[2] متولد شده‌اند.

شرایط برایِ بُرزوی برعکس است. پوزۀ آن‌ها بسیار بلند است. در واقع، از این لحاظ که پوزه‌شان پیش از تولد شروع به کش آمدن می‌کند غیرِ عادی هستند. این امر می‌تواند باعث شود که بُرزوی‌ها نتوانند به خوبیِ دیگر نژادها بمکند. کوپینگر حدس می‌زند که تمایلِ انسان به پرورشِ برزویِ پوزه بلند به حد نهایتش رسیده است چرا که اگر پوزه‌ها بلندتر از این شوند توله‌ها دیگر نمی‌توانند شیر را مک بزنند و بقای‌شان به خطر می‌افتد.

از اهلی‌سازیِ سگ چه درسی می‌گیریم؟ نخست این که تنوعِ میانِ نژادهایِ مختلفِ سگ، از گِریت دِین تا یورک‌شر تِریر[3]، از تِریرِ اسکاتلندی[4] تا آیِردال[5]، از ریج‌بَک[1] تا داکس‌هوند، و از

---

[1] Sir Julian Huxley

[2] caesarian section

[3] Yorkie

[4] Scottie

[5] Airedale

ویپت تا سنت برنارد، نشان می‌دهد که چقدر ساده، با انتخابِ غیرِ تصادفی («تراشیدن و خراشیدنِ» استخرهایِ ژنی)، می‌توان تغییراتی بزرگ را در آناتومی[۲] و رفتارِ حیوانات ایجاد کرد و این تغییر خیلی سریع هم رخ می‌دهد. تعداد ژن‌هایی که در این پدیده دخیل‌اند به طرزِ عجیبی اندک است. اما این تغییرات چنان گسترده‌اند (تفاوتِ میانِ نژادها بسیار خیره‌کننده است) که انتظار دارید فرگشت‌شان میلیون‌ها سال به طول بیانجامد، نه فقط چند قرن. اگر این چنین تغییراتِ فرگشتی فقط در عرضِ چند قرن یا دهه قابلِ دست‌یابی هستند، تصورش را بکنید که طی ده یا صد میلیون سال چه تغییراتی امکان‌پذیر هستند.

وقتی که به این فرآیند در طیِ قرون نگاه می‌کنیم، بی‌جا نیست که گمان ببریم پرورش‌دهندگانْ بدنِ سگ را همچون گِلِ رس در مشت گرفته، ورز داده، و تقریباً به دلخواه، به آن شکل داده‌اند. البته، همان گونه که قبلاً نیز اشاره کردم، ما، در واقع، استخرِ ژنیِ سگ را ورز می‌دهیم، نه پوست و گوشتِ آن را. و «تراشیدن» استعارهٔ بهتری است تا «ورز دادن». بعضی مجسمه‌سازان مقداری گِل را بر می‌دارند و با ورز دادن به آن شکل می‌دهند. بعضی دیگر هم تکه‌ای سنگ یا چوب را بر می‌دارند و با مغار تکه‌هایی از آن را ***حذف*** می‌کنند و آن را می‌تراشند و بدان شکل می‌دهند. بی گمان، علاقه‌مندانِ به سگ با تراشیدنِ پوست و گوشتش به آن شکل نمی‌دهند. بلکه کاری که می‌کنند شبیه به تراش دادنِ استخرِ ژنی، از طریقِ حذف کردنِ تکه‌هایِ ناخواسته است. ولی این کار از حذفِ صِرف هم پیچیده‌تر است. میکل‌آنژ[۳] تکه‌ای یک‌دست از مرمر[۴] را برداشت و آن قدر آن را تراشید تا تندیسِ داوودی[۵] را که در آن نهفته بود آشکار سازد. هیچ چیزی به آن اضافه نکرد. اما مدام به استخرِ ژنی ژن اضافه می‌شود، مثلاً از طریقِ جهش، و، در عینِ حال،

---

[1] ridgeback

[2] anatomy

[3] Michelangelo

[4] marble

[5] David

مرگِ غیرِ تصادفی هم ژن‌هایی را از آن می‌کاهد. قیاسِ با مجسمه‌ساز در همین جا خاتمه می‌یابد و، همان گونه که در فصلِ ۸ خواهیم دید، دیگر نباید بیش از حد بدان پر و بال داد.

وقتی از استعارهٔ مجسمه‌ساز استفاده می‌کنیم تصورِ افراد بدنساز با عضلاتِ پرپیچ و تاب، و معادلِ غیرِ انسانِ آن‌ها، یعنی گاوِ آبیِ بلژیکی[1]، به ذهن متبادر می‌شود. این کارخانهٔ گوشتِ متحرک را از طریقِ تغییری ژنتیکی به نامِ «دوبرابرسازیِ عضله[2]» پدید آورده‌اند. ماده‌ای به نامِ میوستاتین[3] وجود دارد که رشدِ عضله را محدود می‌کند. اگر ژنِ تولیدکنندهٔ میوستاتین را غیرفعال کنیم، عضلات بیش از حدِ عادی رشد می‌کنند. این اتفاق بسیار عادی است که یک ژنِ خاص به طرقِ مختلفی جهش پیدا کند و نتیجه‌ای به همراه داشته باشد. همچنین، از طرقِ مختلفی می‌توان ژنِ تولیدکنندهٔ میوستاتین را غیرفعال کرد و نتیجهٔ یکسانی گرفت. یک مثالِ دیگر نژادی از خوک است که اگزوتیکِ سیاه[4] نام دارد. افزون بر این، سگ‌هایِ خاصی از یک نژاد هستند که، به دلیلی یکسان، عضلاتِ به مراتب بزرگتری دارند. انسان‌هایِ بدنساز نیز از طریقِ رژیمِ تمرینیِ سنگین و معمولاً با استفاده از استروئیدِ آنابولیک[5] به هیکلی مشابه دست می‌یابند. هر دوِ این‌ها تغییراتی محیطی هستند که تأثیراتِ ژن‌هایِ گاوِ آبیِ بلژیکی و اگزوتیکِ سیاه را تقلید می‌کنند. نتیجهٔ نهایی یکسان است و در این درسی نهفته است. تغییراتِ ژنتیکی و محیطی می‌توانند نتایجِ یکسانی داشته باشند. اگر بخواهید نوعی از بچهٔ انسان تولید کنید که بتواند در مسابقهٔ بدن‌سازی برنده شود و چند قرن برایِ این کار وقت داشته باشید، می‌توانید کار را با ایجادِ تغییراتِ ژنتیکی آغاز کنید. یعنی دقیقاً همان ژن‌هایِ خاصی را مهندسی کنید که باعثِ ایجادِ تغییرات در گاوِ آبیِ بلژیکی و خوک‌هایِ اگزوتیکِ سیاه می‌شوند. در واقع، انسان‌هایی هستند که ژنِ میوستاتین در آن‌ها حذف شده است و به طرزی غیرِ

---

[1] Belgian Blue

[2] double muscling

[3] myostatin

[4] Black Exotic

[5] anabolic steroid

عادی خوش‌هیکل‌اند. اگر کارتان را با فرزندِ انسانی جهش‌یافته شروع کنید و آن را وادار به بلند کردنِ وزنه کنید (یحتمل گاو و خوک را نمی‌توان به چنین کاری ترغیب کرد)، احتمالاً حاصل چیزی عجیب و غریب‌تر از مِسترِ یونیورس[1] از آب در می‌آید.

مخالفت‌هایِ سیاسی‌ای که با بِه‌نژادی[2] انسان می‌شود معمولاً به این ادعایِ بی‌تردید غلط ختم می‌شود که چنین کاری غیرِ ممکن است. ممکن است بشنوید که چنین کاری نه تنها غیرِ اخلاقی بلکه ناممکن نیز هست. متأسفانه، این که بگوییم چیزی اخلاقاً اشتباه است یا از دیدگاهِ سیاسی نامطلوب است به معنایِ ناممکن بودنِ آن نیست. بنده شکی ندارم که اگر ذهن‌تان را معطوف به این کار کنید و از زمان و قدرتِ سیاسیِ کافی برخوردار باشید، می‌توانید نژادی از بدن‌سازها، پرش‌کنندگان، پرتاب‌کنندگانِ دیسک، شکارچیانِ مروارید، کشتی‌گیرانِ سومو[3]، یا دونده‌هایِ سرعت[4] برتر تولید کنید. یا حتی به نظرم می‌شود (هر چند با اطمینانی کمتر؛ چرا که حیواناتی با این ویژگی‌ها وجود نداشته‌اند) نسلی از موسیقی‌دانان، شاعران، ریاضی‌دانان، یا داورانِ کیفیتِ شراب[5] نیز تولید کرد. به این دلیل از قابلیتِ پرورشِ انتخابی برایِ دست‌یابی به مهارت‌هایِ ورزشکاری مطمئنم که ویژگی‌هایِ لازم برایِ آن‌ها بسیار به همان ویژگی‌هایی شباهت دارند که کارآمدی‌شان در پرورشِ اسب‌هایِ مسابقه‌ای[6]، اسب‌هایِ ارابه‌ران[7]، گِرِی هوندها، و سگ‌هایِ سورتمه[8] نشان داده شده است. من چرا این همه از امکانِ استفاده از پرورشِ انتخابی در پرورشِ نسلی با ویژگی‌هایِ ذهنی یا ویژگی‌هایِ خاصِ

---

[1] Mr Universe

[2] eugenics

[3] sumo wrestler

[4] sprinter

[5] wine-taster

[6] racehorse

[7] carthorse

[8] sledge dog

انسانی مطمئنم؟ (البته این به معنایِ تأییدِ مطلوبیتِ اخلاقی و سیاسیِ این کار نیست.) چون پرورشِ انتخابیِ حیوانات در مواردِ بسیار اندکی شکست خورده است، حتی زمانی که دست‌یابی به خصوصیتِ مطلوب بسیار باورنکردنی به نظر می‌آمده این کار با موفقیت همراه بوده است. چه کسی فکرش را می‌کرد که بتوان سگ‌ها را مثلاً برایِ نگهبانی از گله[1]، یافتنِ شکار[2]، یا گاوبازی[3] تربیت کرد؟

می‌خواهید که شیردهیِ گاوها را بالا ببرید؟ چندین برابرِ مقداری که گوساله‌اش نیاز دارد؟ پرورشِ انتخابی می‌تواند آن را به شما ارزانی کند. می‌توان گاو را طوری اصلاحِ نژاد کرد که پستان‌هایی بزرگ و عجیب داشته باشد و مدت‌ها پس از دورهٔ شیرخواریِ رایجِ گوساله‌اش، چندین برابر و نامحدود شیر بدهد. تا به حال کسی به این روش به پرورشِ اسبِ شیرده اقدام نکرده، اما کسی حاضر است با من شرط ببندد که اگر می‌خواستیم چنین کاری بکنیم، نمی‌توانستیم؟ و البته، اگر کسی مایل به امتحانش باشد، این کار را با انسان هم می‌توان کرد. چه بسیار زنانی که باورشان شده است که پستان‌هایی به بزرگیِ طالبی جذاب است و مبالغِ هنگفتی را برایِ کاشتِ سیلیکون[4] به جراحان می‌دهند. نتیجهٔ کار هم، به حسابِ جیبِ من، نامطلوب است. آیا کسی هست که شک داشته باشد، با فرضِ پرورشِ نسل‌هایِ کافی، از طریقِ پرورشِ انتخابی، مطابقِ همان الگویی که گاوهایِ فریزی[5] را پرورش داده‌اند، می‌توان به چنین تغییرِ شکلی دست یافت؟

حدودِ بیست‌وپنج سالِ پیش، برایِ نشان دادنِ قدرتِ انتخابِ مصنوعی، یک شبیه‌سازی رایانه‌ای طراحی کردم. این برنامه بازی‌ای رایانه‌ای بود که فرآیندی معادلِ پرورشِ گل‌هایِ رز یا

---

[1] sheepherding

[2] pointing

[3] bullbaiting

[4] silicone

[5] Friesian cow

سگ و یا گاوهایِ برتر را شبیه‌سازی می‌کرد. آرایه‌ای[1] از نُه شکل (بیومورف‌هایِ رایانه‌ای[2]) به بازیکن نشان داده می‌شود. شکلِ میانیِ این آرایه «والدِ» هشت شکلِ پیرامونش است. همهٔ شکل‌ها را حدودِ دوازده «ژن» تعیین می‌کردند. این ژن‌ها اعدادی بودند که از «والد» به «فرزند» منتقل می‌شدند و احتمالِ رخ دادنِ «جهش»هایی جزئی هم که مانعِ راه شود وجود داشت. جهش را به صورتِ افزایش[3] یا کاهشی[4] جزئی در ارزشِ عددیِ[5] ژنِ والد تعریف کردیم. هر شکل بر اساسِ مجموعه‌ای خاص از اعداد ایجاد شده بود. این اعداد ارزشِ ویژهٔ آن دوازده ژن بودند. بازیکن به نُه شکل نگاه می‌کند و ژنی را نمی‌بیند، اما «بدن»ی را که برایِ اصلاحِ نژاد ترجیح می‌دهد انتخاب می‌کند. هشت بیومورفِ دیگر از صفحه حذف می‌شوند و آنی که انتخاب شده است به مرکزِ صفحه می‌رود. سپس، هشت «فرزندِ» جهش‌یافته از آن به وجود می‌آیند. بازیکن به هر تعداد «نسل»ی که زمان به او اجازه دهد می‌تواند این فرآیند را تکرار کند و شکلِ متوسطِ ارگانیسمِ[6] رویِ صفحه با گذشتِ نسل‌هایِ متمادی به تدریج «فرگشت» می‌یابد. تنها چیزی که از نسلی به نسلِ دیگر منتقل می‌شود ژن‌ها هستند. پس، بازیکن با انتخابِ بیومورفی که با چشم می‌بیند، ناگزیر، ژن‌هایِ آن‌ها را انتخاب می‌کند. وقتی که پرورش‌دهندگانْ سگ یا گلِ رز را برایِ اصلاحِ نژاد انتخاب می‌کنند دقیقاً همین اتفاق می‌افتد.

---

[1] array

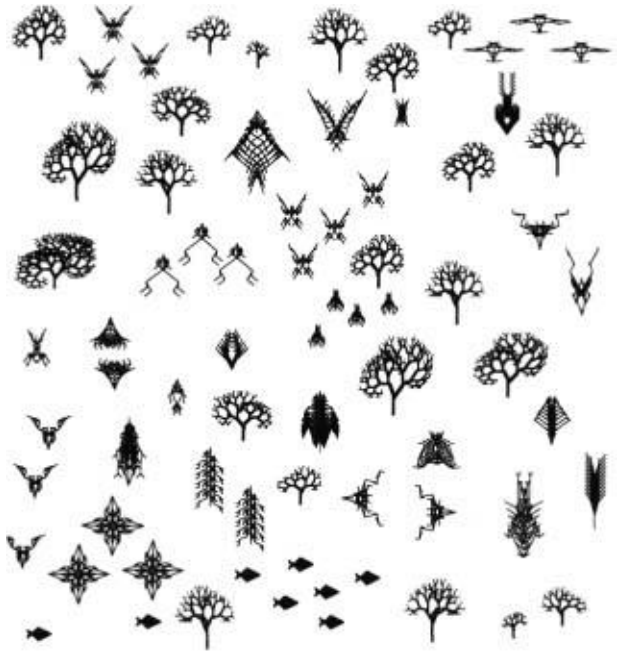
[2] computer biomorph

[3] increment

[4] decrement

[5] numerical value

[6] organism



**شکل ۲ – بیومورف‌هایِ برنامهٔ «ساعت‌سازِ نابینا»**

این از مبحثِ ژنتیک. بازی زمانی جالب می‌شود که امبریولوژی[۱] را مدِ نظر قرار دهیم. امبریولوژیِ یک بیومورفِ رویِ صفحهٔ رایانه فرآیندی است که طیِ آن ژن‌هایِ آن بیومورف (همان مقادیرِ عددی) شکلِ بیومورف را تعیین می‌کنند. امبریولوژی‌هایِ بسیار متنوعی را می‌توان متصور شد و من تعدادِ زیادی از آن‌ها را امتحان کرده‌ام. در نخستین برنامه‌ام، «ساعت‌سازِ نابینا»، از یک امبریولوژیِ درختی[۲] استفاده شده است. از «تنهٔ» اصلی دو «شاخه» منشعب می‌شود. سپس، از هر شاخه دو شاخهٔ منحصر به آن منشعب می‌شود، و این سِیر، به همین شکل، ادامه می‌یابد. تعدادِ شاخه‌ها، زاویه، و طولِ آن‌ها را ژنتیک تعیین می‌کند. این متغیرها را مقدارِ عددیِ ژن‌ها تعیین می‌کند. یک ویژگیِ مهمِ امبریولوژیِ درختی ***تکرارپذیری***[۳] آن است. در این جا به تفصیلِ این ایده نمی‌پردازم،

---

[۱] Embryology یا جنین‌شناسی یا رویان‌شناسی به مطالعهٔ مراحل اولیهٔ رشد یک موجود زنده گفته می‌شود. ویراستار

[2] tree-growing embryology

[3] recursive

اما معنایش این است که هر جهشِ واحد رویِ کلِ درخت تأثیر می‌گذارد، نه فقط رویِ یک بخش از آن.

با این که برنامهٔ ساعت‌سازِ نابینا بر اساسِ یک درختِ منشعب شروع می‌شود، خیلی سریع به سرزمینِ عجایبی از شکل‌هایِ فرگشت‌یافته می‌رسیم که زیبایی‌ای شگفت‌انگیز دارند و برخی، بسته به خواستِ انسانی که بازی را کنترل می‌کند، به موجوداتی تبدیل می‌شوند که برای‌مان آشنا هستند، موجوداتی چون حشرات، عنکبوت، و ستارهٔ دریایی[1]. شکل ۲، در سمتِ چپ، «پارکِ وحش»ی از موجوداتی نشان داده شده است که فقط یکی از بازیکنان (خودِ من) آن را در کوچه-پس-کوچه‌هایِ این سرزمینِ عجایبِ رایانه‌ای پیدا کرده است. در نسخهٔ بعدیِ بازی، امبریولوژیِ آن را گسترش دادم تا امکانِ کنترلِ رنگ و شکلِ «انشعابات»ِ درخت مهیا شود.

یکی از نسخه‌هایِ پیشرفته‌ترِ برنامه را، که «آرتروموروفْس[2]» نام داشت، به همراهِ تِد کِلر[3]، طراحی کردم. او بعداً برایِ شرکتِ رایانه‌ایِ اَپِل[4] شروع به کار کرد. این نسخه از بازی چند نوع امبریولوژیِ جالب را در بر داشت که مخصوصاً برایِ پرورشِ «حشرات»، «عنکبوت‌ها»، «لب‌پایان[5]»، و دیگر موجوداتی طراحی شده بود که به بندپایان[6] شباهت داشتند. در ***صعود به قلهٔ نامحتمل***[7]، به تفصیل به شرحِ آرتروموروف‌ها، و همچنین بیوموروف‌ها، «کانکوموروف‌ها[8]» (نرم‌تنانِ رایانه‌ای) و دیگر برنامه‌هایِ از این دست پرداخته‌ام.

---

[1] starfish

[2] Arthromorph

[3] Ted Kaehler

[4] Apple

[5] centipedes

[6] arthropods

[7] Climbing Mount Improbable

[8] conchomorph

اتفاقاً منطقِ ریاضیِ امبریولوژیِ صدف‌ها به‌خوبی فهم شده است. از این رو، با انتخابِ مصنوعی در برنامهٔ «کانکومورف» من می‌توان شکل‌هایی بسیار شبیه به موجوداتِ واقعی تولید کرد (رجوع شود به شکل ۳). در بخشِ پایانی، دوباره به مبحثِ این برنامه‌ها باز می‌گردم تا نکتهٔ کاملاً متفاوتی را شرح دهم. هدفم از معرفیِ آن‌ها در این جا صرفاً نشان دادنِ قدرتِ انتخابِ مصنوعی بود، حتی در برنامه‌ای رایانه که به شدت ساده‌سازی شده است. در دنیایِ واقعیِ کشاورزان، باغبانان، کبوتربازان[1] یا پرورش‌دهندگانِ سگ، انتخابِ مصنوعی دستاوردهایِ فراتری می‌تواند داشته باشد. بیومورف‌ها، آرترومورف‌ها، و کانکومورف‌ها فقط منطقِ بنیادیِ آن را نشان می‌دهند، تقریباً همان گونه که انتخابِ مصنوعی قرار است نشان‌دهندهٔ منطقِ بنیادیِ انتخابِ طبیعی را نشان دهد (در فصلِ بعد).

**شکل ۳ – کانکومورف‌ها: صدف‌هایِ تولیدشده با رایانه که انتخابِ مصنوعی به آن‌ها شکل داده است**

داروین تجربهٔ دست‌اولی از انتخابِ مصنوعی داشت و در فصلِ ۱ ***خاستگاهِ گونه‌ها*** مهم‌ترین جایگاه را بدان داد. هدفش این بود که خوانندگانش را آمادهٔ پذیرشِ کشفِ عظیمِ خود

[1] pigeon fancier

کند: قدرتِ انتخابِ طبیعی. اگر اصلاحِ نژاد به دستِ انسان قادر است که، فقط طیِ چند قرن یا هزاره، گرگ را به پکینز و کلمِ وحشی را به گل کلم تبدیل کند، چرا بقایِ غیرِ تصادفیِ حیوانات و گیاهانِ وحشی نتواند، طیِ میلیون‌ها سال، به چنین نتایجی دست یابد؟ پاسخ به این پرسش را در قسمتِ نتیجه‌گیریِ فصلِ بعدیِ این کتاب داده‌ام، اما راهبردم این است که نخست به آماده‌سازیِ خوانندگان بپردازم تا گذار به درکِ انتخابِ طبیعی را آسان کنم.

---

[i] این حرفِ خودِ مایر نیست، اما منظورش را بیان می‌کند.

[ii] مگر می‌شود کسی عاشقِ سگ‌ها نباشد؟ آخر آن‌ها چنین رفقایِ باحالی هستند.

[iii] این مطلب در موردِ مدلِ ژنتیکی‌ای که مِندِل ارائه داد و همهٔ زیست‌شناسان، تا زمانِ ایدهٔ انقلابیِ واتسون-کریک در دههٔ ۱۹۵۰، دنبال کردندکاملاً صدق می‌کند. با توجه به چیزهایی که امروزه دربارهٔ ژن‌ها می‌دانیم و آن‌ها را رشته‌هایی بلند از دی.اِن.اِی می‌شناسیم، این مطلب ***تا اندازه‌ای***، ولی نه به طورِ کامل، صدق می‌کند. اما، در این بحث، می‌توانیم آن را درست تلقی کنیم.

[iv] در مزرعه‌ای که کودکی‌ام را در آن سپری کردم گاوی چموش و عصبانی‌مزاج داشتیم به نامِ آروشا (Arusha). آروشا هم «شخصیتِ مرموزی» داشت و هم اسبابِ زحمت بود. یک روز، آقایِ ایوانز (Ivans)، گله‌دارمان، با دل‌آزردگی گفت: «به نظرِ من، آروشا تخم و ترکهٔ یک گاوِ وحشی و گاوِ <اهلی> باشد.»

[v] شایعه‌ای ماندگار، اما غلط، وجود دارد که داروین نسخه‌ای از ژورنالی آلمانی را که مِندِل نتایجش را در آن منتشر کرده بود در اختیار داشته است. اما پس از مرگِ داروین مشخص شده بود که آن صفحات دست‌نخورده باقی مانده بودند. احتمالاً منبعِ این شایعه این است که داروین کتابی به

نامِ *Die Pflanzen-mischlinge*، نوشتهٔ دابلیو. او. فوکه (W.O. Focke)، در اختیار داشته است. فوکه، در صفحه‌ای از کتابش، اشاره‌ای مختصر به مِندِل کرده بود و داروین در واقع اصلاً آن صفحه را باز نکرده بوده است.[v] اما فوکه تأکیدِ خاصی رویِ کارِ مِندِل نداشت و در کتابش خبری از درکِ اهمیتِ فوق‌العادهٔ نظریهٔ مِندِل نیست. پس، حتی اگر داروین آن صفحه را هم خوانده بود، ممکن بود باز چیزی دستگیرش نشود. افزون بر این، داروین آلمانی‌اش هم خوب نبود. اگر واقعاً مقالهٔ مِندِل را خوانده بود، تاریخِ زیست‌شناسی به گونهٔ دیگری رقم می‌خورد. حتی می‌توان بحث کرد که خودِ مِندِل هم از اهمیتِ یافته‌هایش خبر نداشت. اگر می‌دانست، احتمالاً نامه‌ای به داروین می‌نگاشت. مِندِل در صومعه‌ای در بِرنو <در جمهوریِ چک> تحصیل می‌کرد که من از کتابخانهٔ آن‌جا بازدید کرده‌ام. در آن‌جا، نسخهٔ آلمانیِ ***خاستگاهِ گونه‌ها***ی مِندِل را در دست گرفته‌ام. حاشیه‌نویسیِ مِندِل بر کتاب نشان می‌دهد که آن را خوانده بوده است.

یادداشتِ ویراستار: شاید برای خوانندگان این پرسش پیش بیاید که داوکینز از کجا می‌داند که داروین این صفحات را نخوانده است. باید گفت که تا اواسطِ قرنِ نوزدهم، کتاب‌ها به شیوهٔ امروزی با عطف و شیرازه و جلدی که ما می‌شناسیم چاپ و تولید نمی‌شدند. عطف و شیرازهٔ کتاب‌ها عبارت بود از یک تکه کاغذ که خریدارِ کتاب می‌بایست آن را پاره کند یا بردارد تا بتواند کتاب را بخواند. خریدار می‌توانست در صورتِ تمایل کتاب را به صحافی بدهد تا برایش جلد کند.

[vi] در سالِ ۱۹۰۸، جی. ایچ. هاردی (G. H. Hardy)، ریاضی‌دانِ عجیب اما دوست‌داشتنی و عاشقِ کریکت (cricket) و، به طورِ مستقل، ویلهلم واینبِرگ (Wilhelm Weinberg)، دکترِ آلمانی، شالودهٔ این کشف را بنا نهادند و این نظریه، در آثارِ متخصصِ ژنتیک و آمار، رونالد فیشر (Ronald Fisher)، و، باز هم به طورِ مستقل، در پژوهش‌هایِ عمدتاً مستقلِ بنیان‌گزارانِ مشترکِ ژنتیکِ جمعیت (population genetics)، جِی. بی. اِس. هالدِین (J. B. S. Haldane) و سوآل رایت (Sewal Wright)، به اوجِ خود رسید.

# فصلِ ۳: راهِ پرعیش‌وعشرتِ منتهی به کلان‌فرگشت

فصلِ ۲ نشان داد که انسان چگونه، با چشمِ خود و با استفاده از پرورشِ انتخابی، طیِ چند نسل پوست و گوشتِ سگ را چنان تراش و خراش داد که از آن سگ‌هایی با شکل‌ها، اندازه‌ها، و الگوهایِ رفتاریِ عجیب و بسیار متنوع به وجود آمدند. اما ما انسانیم و از پیش سنجیده و با برنامه‌ریزی انتخاب می‌کنیم. آیا، همچون انسان‌هایی که اصلاحِ نژاد می‌کنند، حیواناتی نیز هستند که این کار را انجام بدهند، حال خواسته یا ناخواسته، اما با نتایجی یکسان؟ آری، و فرایندِ آماده‌سازیِ ذهنِ مخاطب بر دوشِ آن‌ها قرار دارد. هدفِ این فصل این است که مخاطب را به خود جلب کند و او را از منطقهٔ آشنایِ پرورشِ سگ و انتخابِ مصنوعی به کشفِ بزرگِ داروین، انتخابِ طبیعی، برساند. در این مسیرِ پر زرق و برق مراحلی میانجی هم وجود دارند. اولین مرحلهٔ میانجی در این مسیرِ اغواگر (آیا اگر آن را «مسیری پرعیش‌وعشرت» نامگذاری کنیم پیاز داغش را زیاد کرده‌ایم؟) ما را به دنیایِ پر از عسلِ گل‌ها می‌رساند.

رُزهایِ وحشی[1] گل‌هایِ کوچک و دلپذیر و نازی هستند، اما فقط تا اندازه‌ای. نه دیگر به آن حد که در نامه به اهل و عیال از آن دادِ سخن بدهید و در وصفش از عباراتی چون «آرامش»، «بانویِ زیباروی»، یا «اُفلیا[2]» استفاده کنید. رُزِ وحشی بویِ مطبوعی دارد، عطری خاصِ خودش، اما نه در حدی که، مثلِ گونه‌هایِ «روزِ یادبود[3]»، «الیزابت هارکنس[4]»، یا «رُزِ دورگه[5]» آدم برایش غش کند. چشمِ انسان و بینیِ وی دست به دستِ هم دادند تا رویِ رُزِ وحشی کار کنند: آن‌ها را بزرگ کنند،

[1] wild rose

[2] Ophelia

[3] Memorial Day

[4] Elizabeth Harkness

[5] Fragrant Cloud

تغییرِ شکل دهند، تعدادِ گل‌برگ‌هایش[1] را دوبرابر کنند، رنگ‌شان را تغییر دهند، شکوفه‌هایشان[2] را بپالایند، عطرِ طبیعیِ آن را تا حدِ کیفور شدن بهبود ببخشند، و، سرانجام، آن‌ها را واردِ طرح‌هایِ دورگه‌سازی کنند تا جایی که امروز، پس از دهه‌ها پرورشِ انتخابیِ ماهرانه، صدها گونهٔ رُزِ ارزشمند وجود دارد که نامِ هر کدام‌شان به فرد یا مراسمی خاص اشاره دارند. چه کسی است که بدش بیاید نامش را بر گونه‌ای از گلِ رُز بگذارند؟

## حشرات نخستین اهلی‌سازان بودند

گل‌هایِ رُز داستانی مشابه به داستانِ سگ‌ها را روایت می‌کنند، اما با یک تفاوت که به استراتژیِ آماده‌کنندهٔ ما مربوط می‌شود. گلِ گیاهِ رُز، حتی پیش از این که چشم و بینیِ انسان شروع به خراش و تراشِ ژنتیکی‌اش بکند، وجودِ خود را مدیونِ میلیون‌ها سال حجاری‌ای مشابه توسطِ چشم و بینیِ حشرات است (البته به‌جای بینی بهتر است که بگوییم «شاخک[3]»، چرا که حشرات با شاخک‌شان می‌بویند). و همین قضیه در موردِ تمامِ گل‌هایی که آذین‌بخشِ باغچه‌هامان هستند صدق می‌کند.

گلِ آفتاب‌گردان[4]، *هلیانتوس آنوس*[5]، گیاهی بومیِ آمریکایِ شمالی است که نوعِ وحشیِ آن به گلِ ستاره‌ای (اَستر)[6] یا گُلِ مروارید[7] شباهت دارد. گل‌هایِ آفتاب‌گردانِ پرورشی تا حدی اصلاحِ نژاد شده‌اند که گل‌هاشان به قاعدهٔ یک بشقابِ غذاخوری است.[i] گل‌هایِ آفتاب‌گردانِ

---

[1] petal

[2] bloom

[3] antenna

[4] sunflower

[5] *Helianthus annuus*

[6] aster

[7] daisy

«ماموت»[1]، که نخست در روسیه پرورش یافتند، ۳۶۵ تا ۵۱۸ سانتی‌متر ارتفاع‌شان است و قطرِ گل‌شان نزدیک به ۳۰ سانتی‌متر است، که ده برابرِ گلِ آفتاب‌گردانِ وحشی است. همچنین، گلِ آفتاب‌گردانِ ماموت به طورِ عادی فقط یک گُل دارد، در حالی که نوعِ وحشیِ آن چندین گلِ به‌مراتب کوچک‌تر دارد. این را هم بگویم که روس‌ها این گلِ آمریکایی را به دلایلِ مذهبی پرورش دادند. کلیسایِ اُرتُدُکس مصرفِ روغن را، طیِ چلهٔ روزه[2] و جشنِ ظهور[3]، ممنوع کرده بود. برایِ رفاهِ مردم و به دلیلی که درکش از فهمِ منِ بی‌خبر از ژرفنایِ تعالیمِ دینی خارج است، روغنِ دانهٔ آفتاب‌گردان از این قاعده مستثنا شده بود.[i i] این مثالی از تأثیرِ فشارِ اقتصادی در پیشبردِ پرورشِ انتخابیِ گلِ آفتاب‌گردان در دوره‌هایِ اخیر است. اما، سالیانِ متمادی پیش از عصرِ نوین، بومیانِ قارهٔ آمریکا این گیاهانِ مغذی و زیبا را برایِ مصارفِ غذایی، رنگرزی، و زینتی پرورش داده بودند. نتیجهٔ کارِ آن‌ها چیزی شده بود میانِ گلِ آفتاب‌گردانِ وحشی و گل‌هایِ آفتاب‌گردانِ عجیب و غریبی که پرورش‌دهندگانِ امروزی پرورش می‌دهند. اما باز هم تأکید می‌کنم که، پیش از آن‌ها، گلِ آفتاب‌گردان، همچون تمامِ گل‌هایی که رنگِ روشنی دارند، وجودِ خود را مدیونِ پرورشِ انتخابیِ به دستِ حشرات است.

این قضیه در موردِ بیشترِ گل‌هایی که می‌شناسیم صدق می‌کند، احتمالاً هر گلی که رنگی به جز رنگِ سبز دارد و بویش فراتر از بویِ رایجِ گیاهان است. همهٔ کار را هم حشرات انجام نداده‌اند. در موردِ بعضی گل‌ها، گرده‌افشان‌هایی[4] که پرورشِ انتخابیِ اولیه را انجام دادند مرغِ مگس[5]، خفاش[6]، و حتی قورباغه[1] بودند، اما اصلِ ماجرا یکسان است. گل‌هایِ باغچه را ما بهبود بخشیده‌ایم،

---

[1] mammoth

[2] Lent

[3] Advent

[4] pollinator

[5] hummingbird

[6] bat

اما گل‌هایِ وحشی، که نقطهٔ آغازِ کارمان بودند، تنها به این دلیل توجه‌مان را به خود جلب کردند که، در وهلهٔ نخست، حشرات و دیگر عواملِ انتخاب‌گر پیش از ما واردِ صحنه شده بودند. نسل‌هایِ بسیار کهنِ حشرات، مرغانِ مگس، یا دیگر گرده‌افشان‌هایِ طبیعی چندین نسل از گل‌هایِ آن دوره را، برایِ پرورش، انتخاب کرده بودند. این مثالِ بسیار خوبی از پرورشِ انتخابی است، با این تفاوتِ جزئی که پرورش‌دهندگانْ حشرات و مرغانِ مگس هستند، نه انسان‌ها. دستِ کم، از دیدِ من تفاوت جزئی است. شاید شما نظرِ دیگری داشته باشید، که اگر این چنین باشد، باید ذهن‌تان را بیشتر آماده کنم.

چه چیز باعث می‌شود فکر کنیم که تفاوت عمده بوده است؟ نخست این که انسان‌ها *آگاهانه*، برایِ مثال، تیره‌ترین گلِ رزِ بنفشی را که می‌توانند برایِ پرورش انتخاب می‌کنند و از این طریق حسی زیبایی‌شناختی را ارضاء می‌کنند یا شاید فکر می‌کنند که دیگران حاضرند پولِ بیشتری را برایِ آن بپردازند. حشرات این کار را به دلیلِ حسِ زیبایی‌شناختیِ خود انجام نمی‌دهند، بلکه به دلیلِ... خوب، در این جا باید کمی دست نگه داریم و به طورِ جامع به گل‌ها و رابطه‌شان با گرده‌افشان‌ها بیاندیشیم. پیش‌زمینهٔ ماجرا این است. به دلایلی که اکنون به آن نمی‌پردازم، ماهیتِ تولیدِ مثلِ جنسی این است که شما نباید خودتان را بارور کنید. آخر اگر چنین بود دیگر توجیهی نداشت که زحمتِ تولیدِ مثلِ جنسی را به خود بدهیم. گرده‌هایِ[۲] گیاهان باید به نحوی از گیاهی به گیاهی دیگر منتقل شوند. گیاهانِ هرمافرودیت[۳]، که قسمتِ نر و ماده‌شان داخلِ یک گلِ واحد قرار دارد، معمولاً خود را به هر آب و آتشی می‌زنند تا نگذارند نیمهٔ نر نیمهٔ ماده را بارور کند. داروین

---

[1] frog

[2] pollen

[3] hermaphroditic

خود این موضوع را در گلِ پامچال[1] مطالعه کرده بود و دیده بود که چه هوشمندانه این کار را می‌کنند.

اگر باروریِ میان‌گیاهی را فرض بگیریم، آن گاه این سؤال پیش می‌آید که گل‌ها چگونه برایِ انتقالِ گرده از پسِ عبور از مانعِ فیزیکیِ بینِ خود و گیاهی دیگر از گونهٔ خود بر می‌آیند؟ روشی که بدیهی به نظر می‌رسد باد است و بسیاری از گیاهان هم از آن استفاده می‌کنند. گرده پودری بسیار نرم و ریز و سبک است. اگر در روزی که نسیمِ ملایمی می‌وزد، مقداری کافی از گرده را به باد بسپارید، این احتمال وجود دارد که یک یا دو دانه گرده رویِ گلِ مناسب در محلِ مناسب بنشیند. اما گرده‌افشانی با باد مقرون به‌صرفه نیست. باید مقداری بسیار فراتر از حدِ نیاز گرده تولید شود. کسانی که آلرژیِ بهاری[2] دارند این را خوب می‌دانند. عمدهٔ گرده‌ها از جایی که نباید سر در می‌آورند و تمامِ انرژی و موادِ گرانی که صرف شده بودند به بادِ فنا می‌روند. روشی با مدیریتِ بهتر برایِ به هدف زدنِ گرده‌ها وجود دارد.

چرا گیاهان مثلِ حیوانات عمل نمی‌کنند؟ چرا راه نمی‌افتند تا گیاهی از گونهٔ خود پیدا کنند تا با آن درآمیزند؟ این معمّا از آن چیزی که ممکن است فکرش را بکنید پیچیده‌تر است. این که بگوییم گیاهان راه نمی‌روند دچارِ مغالطهٔ دور[3] شده‌ایم، اما با عرضِ شرمندگی باید فعلاً به این گزاره قانع باشیم. [iii] حقیقت این است که گیاهان نمی‌توانند حرکت کنند. اما حیوانات راه می‌روند. تازه پرواز هم می‌کنند و سیستمِ عصبی‌ای[4] دارند که قادر به هدایتِ آن‌ها به سمتِ اهدافِ خاصی است که شکل و رنگِ دلخواه‌شان را دارد. اگر راهی برای ترغیبِ حیوانات پیدا می‌شد که خودشان را در گرده بمالند و به سمتِ گیاهی دیگر از گونهٔ درست راه بروند یا، ترجیحاً، پرواز کنند . . .

---

[1] primrose

[2] hay fever

[3] circular fallacy

[4] nervous system

خوب، از کسی پوشیده نیست: دقیقاً همین اتفاق رخ می‌دهد. چگونگیِ آن در بعضی موارد پیچیده و البته در همهٔ موارد جذاب و شگفت‌انگیز است. بسیاری از گل‌ها با غذا دادن به حیوانات، معمولاً با شهدِ[1] خود، به آن‌ها رشوه می‌دهند. شاید «رشوه» زیادی سوگیرانه باشد. خوب، «پرداختِ بهایِ خدمات» چطور است؟ مادامی که انسان‌گونه به قضیه نگاه نکنیم و آن‌ها را منفی تعبیر نکنیم، من با هیچ کدام‌شان مشکلی ندارم. شهدْ شربتی شیرین است و گیاهان آن را منحصراً برایِ پرداخت و سوخت‌رسانی به زنبورهایِ عسل، پروانه‌ها، مرغانِ مگس، خفاش‌ها، و سایرِ وسائطِ نقلیهٔ کرایه‌ای می‌سازند. ساختِ آن برایِ گیاه هزینه‌بر است و بخشی از انرژیِ خورشیدیِ محصور در برگ‌ها، که صفحهٔ خورشیدیِ گیاه هستند، صرفِ آن می‌شود. از دیدِ زنبورانِ عسل و مرغانِ مگس، شهدِ گلْ سوختِ پرانرژیِ هواپیما است. گیاه می‌توانست انرژیِ موجود در قندِ شهد را به چیزِ دیگری در گیاه اختصاص دهد. مثلاً می‌توانست آن را صرفِ ریشه دوانیدن کند. با آن ذخایرِ زیرزمینی تولید کند که به آن‌ها تَجه[2]، پیاز[3]، و کورْم[4] می‌گوییم. یا حتی مقادیرِ زیادی گرده تولید کند تا باد آن‌ها را بپراکند. چنین بر می‌آید که برایِ بسیاری از گونه‌هایِ گیاهی، سودِ حاصل از هزینه کردن رویِ بالِ حشرات و پرندگان و تأمینِ سوختِ عضلاتِ پروازی‌شان با قند معاملهٔ سودمندی است. اما این سود خیلی هم دهن‌پرکن نیست؛ چرا که بعضی از گیاهان همچنان از گرده‌افشانی با باد استفاده می‌کنند. شاید به این دلیل که وضعِ اقتصادی‌شان طوری است که چنین معامله‌ای برای‌شان به صرفه‌تر است. گیاهان اقتصادِ انرژی دارند و، مانندِ هر اقتصادی، تحتِ شرایطِ مختلف، گزینه‌هایِ متفاوتی می‌توانند مقرون به صرفه باشند. در ضمن، این درسْ درسِ بزرگی است که از فرگشت می‌گیریم. گونه‌هایِ متفاوتْ کارها را به طرقِ متفاوتی انجام می‌دهند و ما معمولاً به منطقِ پشتِ این تفاوت‌ها پی نمی‌بریم، مگر زمانی که کلِ اقتصادِ گونه را مد نظر قرار دهیم.

---

[1] nectar

[2] tuber

[3] bulb

[4] corm

اگر گرده‌افشانی با باد را در یک سرِ پیوستارِ باروریِ میان‌گیاهی در نظر بگیریم (چطور است آن را سمتِ «ولخرج» بخوانیم؟)، آن گاه سمتِ دیگر، یعنی سمتِ «گلولهٔ جادوییِ» آن، چه گیاهانی خواهند بود؟ حشراتِ بسیار اندکی هستند که می‌توان روی‌شان حساب کرد که همچون گلوله‌ای جادویی گرده را، مستقیم از گلی که برداشته‌اند به گلِ دیگری از همان گونه، برسانند. بعضی از آن‌ها رویِ هر گلِ پیری می‌نشینند یا ممکن است رویِ هر گلی که همان رنگ را دارد بنشینند. این دیگر به شانس بر می‌گردد که گلِ دیگر متعلق به گونهٔ گلی باشد که هزینه را با شهد پرداخت کرده است. با این وجود، چند مثالِ جالب از گل‌هایی که در سمتِ گلولهٔ جادوییِ پیوستار قرار دارند وجود دارد. در بالایِ این لیست، گل‌هایِ تیرهٔ ارکیده (ثعلبیان) [1] قرار دارد و جایِ شگفتی نیست که داروین یک کتابِ کامل را به آن‌ها اختصاص داده است.

داروین و همچنین والاس، که همزمان انتخابِ طبیعی را کشف کرد، به ارکیدهٔ خاصی در ماداگاسکار[2]، *آنگراکوم سسکوپیدال*[3]، اشاره می‌کنند (تصویرِ رنگی ۴) و هر دو نفر پیش‌بینیِ یکسان و خارق‌العاده‌ای می‌کنند. این پیش‌بینی بعداً به اثبات می‌رسد. این گلِ ارکیده نکتاریز[4] لوله‌ای شکل دارد که، مطابقِ خط‌کشِ داروین، تا بیش از ۱۱ اینچ پایین می‌روند (که چیزی معادلِ ۳۰ سانتی‌متر است). یکی از گونه‌هایِ مرتبط، *آنگراکوم لوگیکالکار*[5]، نوش‌جای‌هایی (مهمیزهایی)[6] حاویِ شهد دارد که حتی از آن هم بلندترند و به ۴۰ سانتی‌متر هم می‌رسند (بیش از ۱۵ اینچ). داروین، تنها بر اساسِ وجودِ *آنگراکوم سسکوپیدال* در ماداگاسکار، در کتابش دربارهٔ ارکیده‌ها در سالِ ۱۸۶۲،

---

[1] orchid

[2] Madagascar

[3] *Angraecum sesquipedale*

[4] nectary

[5] *Angraecum longicalcar*

[6] spur

پیش‌بینی می‌کند که باید «شاپرک‌هایی[1] وجود داشته باشند که خرطوم‌شان[2] بینِ ۲۵ تا ۲۸ سانتی‌متر باشد». پنج سال بعد، والاس از چند گونه شاپرک سخن به میان می‌آورد که خرطوم‌هایش تقریباً به اندازه‌ای بلند بوده‌اند که با پیش‌بینیِ داروین جور در بیایند (مشخص نیست که والاس کتابِ داروین را خوانده بوده است یا نه).

> من خرطومِ گونه‌ای را، به نامِ *ماکروسیلا کلوئنتیوس*[3]، متعلق به آمریکایِ جنوبی در موزهٔ بریتانیا، به دقت اندازه گرفتم و طولِ آن ۲۳/۴۹ سانتی‌متر بود! طولِ خرطومِ یکی از گونه‌هایِ مناطقِ گرمسیریِ آفریقا[4] (*ماکروسیلا مورگانی*[5]) ۱۹ سانتی‌متر بود. گونه‌ای شاپرک، که خرطومش ۵ تا ۷ سانتی‌متر بزرگ‌تر باشد، می‌تواند شهدِ *آنگراکوم سسکوپِداله*‌ای را که نوش‌جایِ آن از ۲۵ تا ۳۵ سانتی‌متر طول داشته باشد بمکد. با اطمینان می‌توان وجودِ چنین شاپرکی را در ماداگاسکار پیش‌بینی کرد. طبیعت‌شناسانی که در آن جزیره مطالعه می‌کنند باید، با همان اطمینانی که اخترشناسان در هنگامِ جست‌وجو به دنبالِ سیارهٔ نپتون داشتند، به دنبالِ چنین گونه‌ای بگردند و به همان میزان هم موفق خواهند بود!

در سالِ ۱۹۰۳، پس از مرگِ داروین اما در زمانِ حیاتِ طولانیِ والاس، شاپرکی ناشناخته کشف شد و مشخص شد که مطابقِ پیش‌بینیِ داروین–والاس است. بر این زیرگونه[6]، به حق، نامِ *پِرائدیکتا*[7] نهاده

---

[1] moth

[2] proboscis

[3] *Macrosila morganii*

[4] tropical Africa

[5] *Macrosila Morganii*

[6] sub-species

[7] واژهٔ praedicta در لاتین به معنایِ «پیش‌بینی» است و به افتخارِ داروین و والاس که وجودِ این بید را، بی‌آنکه آن را ببینند، پیش‌بینی کرده بودند بر رویِ این گونه نهاده‌اند. ویراستار

شد. اما حتی *زانتوپان مورگانی پرائدیکتا*[1]، «شاپرکِ شاهینیِ داروین[2]» هم توانایی گرده‌افشانیِ *آنگراکوم لوگیکالکار* را ندارد. ولی وجودِ این گل باعث می‌شود کشفِ شاپرک‌هایی دارایِ پوزه‌هایی درازتر را پیش‌بینی کنیم و می‌توانیم، به قولِ والاس، به همان اندازه که دربارهٔ درستیِ پیش‌بینیِ کشفِ سیارهٔ نپتون مطمئن بودیم، به درستیِ پیش‌بینی‌مان اطمینان داشته باشیم. در ضمن، این مثالِ کوچکْ دروغین بودنِ این مدعا را که فرگشت، به دلیلِ سر و کار داشتن با گذشته، توانایی پیش‌بینی[3] ندارد، هویدا می‌کند. پیش‌بینیِ داروین–والاس پیش‌بینیِ کاملاً معتبری بود، با این که، بی‌شک، زیرگونهٔ *پرائدیکتا* پیش از بیانِ این پیش‌بینی وجود داشته است. آن‌ها پیش‌بینی کردند که در آینده یک نفر شاپرکی را کشف می‌کند که دهانش آن قدر بزرگ است که به شهدِ موجود در *آنگراکوم سسکوپِداله* برسد.

توانایی تشخیصِ رنگِ حشرات بالاست، اما فقط رنگ‌هایِ طیفِ فرابنفش را می‌بینند و قادر به دیدنِ طیفِ سرخ نیستند. آن‌ها مانندِ ما رنگ‌هایِ زرد، سبز، آبی، و بنفش را می‌بینند، با این تفاوت که بخشِ گسترده‌ای از طیفِ فرابنفش[4] را هم می‌بینند. اما رنگِ سرخ را، که آخرِ یک سمتِ طیفِ بینایی ما قرار دارد، نمی‌بینند. اگر گلِ سرخی در باغچه‌تان دارید، می‌توان حدس زد (البته نه با یقینِ کامل) که گرده‌افشانیِ آن در طبیعت کارِ حشرات نبوده، بلکه کارِ پرندگان بوده است. پرندگان تا آخرِ طیفِ سرخ را می‌بینند. اگر آن گلِ سرخ در برِّ جدید[5] می‌روید، احتمالاً مرغانِ مگس و اگر در برِّ قدیم[6] می‌روید، شهدخواران[7] آن را گرده‌افشانی کرده‌اند. ممکن است گیاهانی که به نظرِ ما ساده

---

[1] *Xanthopan morgani praedicta*

[2] Darwin's hawk moth

[3] prediction

[4] ultraviolet

[5] New World

[6] Old World

[7] sunbird

می‌آیند، محضِ جلبِ توجهِ حشرات، با نقاط و رگه‌هایِ زیبایی آذین شده باشند. از آن‌جا که ما طیفِ فرابنفش را نمی‌بینیم، قادر به دیدنِ این تزئینات نیستیم. بسیاری از گل‌ها، با علامت‌گذاری‌هایی بر رویِ «باند»، زنبورانِ عسل را هنگامِ فرود راهنمایی می‌کنند. این علامت‌ها به رنگ‌هایی از طیفِ فرابنفش هستند و چشمِ انسان قادر به دیدنِ آن‌ها نیست.

گلِ مغربی[1]، *اوئنترا*[2]، به چشمِ ما زرد است. اما اگر از آن‌ها با فیلترِ فرابنفش عکس بگیریم، الگویی را خواهیم دید که به زنبورانِ عسل خدمت می‌کند ولی از دیدِ ما نامرئی است (تصویرِ رنگی ۵). در عکس، این الگوها به رنگِ سرخ ظاهر می‌شوند، اما این رنگ کاذب است. رنگی است که در فرآیندِ عکس‌برداری انتخاب شده است و به این معنا نیست که زنبورانِ عسل هم آن را سرخ می‌بینند. هیچ کس نمی‌داند که زنبورِ عسل رنگِ فرابنفش (یا زرد و یا هر رنگِ دیگری) را چگونه می‌بینند. حتی من هم نمی‌دانم که شما رنگِ قرمز را چگونه می‌بینید (یک قضیهٔ فلسفیِ قدیمی و ملال‌آور).

مرغزاری پرگل حکمِ میدانِ تایمز[3] یا پیکدلی سرکس[4] طبیعت را دارد. همچون تابلویِ نئونی است که به کندی، هفته به هفته و با روییدنِ گل‌هایِ مطابقِ فصل، رنگ عوض می‌کند. این رویش‌ها را نشانه‌هایی، همچون تغییرِ طولِ روز، به دقت هدایت می‌کنند تا رویشِ گل‌ها با دیگر گل‌هایی که از همان گونه‌اند هماهنگ باشد. شکل، رنگ، و آرایشِ این هنرنماییِ گل‌ها در میانهٔ بومِ سبزِ مرغزار را انتخاباتِ گذشتهٔ چشمِ حیواناتی چون زنبورِ عسل، پروانه، و مگسِ گلزار[5] تعیین کرده‌اند. برایِ بیشه‌زارهایِ بَرِّ جدید، مرغانِ مگس و، برایِ بیشه‌زارهایِ آفریقا، شهدخواران را هم به این فهرست اضافه کنید.

---

[1] evening primrose

[2] *Oenothera*

[3] Time Square

[4] Picadilly Circus

[5] hoverfly

در ضمن، مرغانِ مگس و شهدخواران آن‌چنان خویشاوندِ نزدیکی نیستند. ظاهر و رفتارِ آن‌ها به هم شبیه است چون که نحوهٔ زندگی‌شان مشترک است و عمدتاً حولِ محورِ گل‌ها و شهدِ گل‌ها می‌چرخد (با این که، به جز شهدِ گل‌ها، از حشرات هم تغذیه می‌کنند). آن‌ها نوک‌هایِ بلندی دارند که برایِ واکاویِ نکتاریزها مناسب است و زبانِ بلندتری هم که دارند به طولِ آن می‌افزاید. شهدخواران در درجا بال زدن به خوبیِ مرغانِ مگس نیستند. مرغانِ مگس حتی می‌توانند، مانندِ هلی‌کوپتر به عقب هم پرواز کنند. شاپرکِ شاهینیِ مگس‌مرغی[1]، با این که در قلمرویِ حیوانات از جایگاهِ برتری برخوردار است، همگرایی‌هایی با دو موردِ قبل دارد. این شاپرک نیز در درجا پرواز کردن خبره است و زبانِ فوق‌العاده درازی دارد (این سه معتادِ شهد را می‌توانید در تصویرِ رنگی ۵ ببینید).

پس از این که درکِ درستی از انتخابِ طبیعی ارائه دادیم، در صفحاتِ آینده دوباره به فرگشتِ همگرا[2] خواهیم پرداخت. در این‌جا، در این فصل، گل‌ها ما را اغوا می‌کنند، ما را مجذوبِ خود می‌کنند و، گام‌به‌گام، مسیر را برایِ درکِ فرگشت هموار می‌کنند. چشمانِ مرغانِ مگس، چشمانِ شاپرکِ شاهینی، چشمانِ پروانه، چشمانِ مگسِ گلزار، چشمانِ زنبورِ عسل کاملاً به گل‌هایِ وحشی خیره شده، نسل به نسل، آن‌ها را شکل داده، تغییرِ رنگ داده، حجیم کرده، و به آن‌ها طرح و خال داده است. می‌توان گفت درست به همان روشی که بعدها چشمِ انسان به گل‌هایِ باغچه تنوع بخشید؛ و به سگ‌ها، گاوها، کلم‌ها، و ذرت‌ها.

برایِ گل، گرده‌افشانی با حشره، نسبت به گرده‌افشانیِ اسراف‌کارانه و نادقیق با باد، پیشرفتی بزرگ در اقتصاد است. حتی اگر یک زنبورِ عسل به صورتِ تصادفی به گل‌هایِ مختلف سر بزند، و بی‌بند-و-بارانه با آلاله[3] ، گلِ گندم[1]، شقایق[2]، و مامیران[3] هم‌آغوش شود، یک دانه گرده‌ای که به

---

[1] hummingbird hawk moth

[2] convergent evolution

[3] buttercup

شکمِ پرزدارش نشسته است شانسِ بیشتری برایِ برخورد با هدفِ درست (گلِ دیگریِ از گونه‌ای یکسان) دارد تا زمانی که باد آن را پراکنده باشد. کمی بهتر از آن زنبورِ عسلی است که به رنگی خاص، مثلاً آبی، علاقهٔ بیشتری دارد. یا زنبوری که به رنگِ بخصوصی علاقه ندارد لیکن تمایل به ایجادِ عاداتِ رنگی دارد، به گونه‌ای که هر بار یک رنگ را انتخاب می‌کند. از این بهتر حشره‌ای است که فقط به گل‌هایِ یک گونه سر می‌زند. و گل‌هایی هستند، مثلِ ارکیدهٔ ماداگاسکار که الهام‌بخشِ پیش‌بینیِ داروین–والاس بودند، گل‌هایی که شهدشان تنها برایِ حشراتی در دسترس است که به طورِ تخصصی رویِ آن گیاه کار می‌کنند و آن گل در انحصارِ مطلقِ آن‌هاست. آن شاپرک‌هایِ ماداگاسکار گلولهٔ جادوییِ از نوعِ اعلایش هستند.

از دیدِ شاپرک‌ها، گل‌هایی که تولیدِ شهدشان ردخور ندارد مانندِ گاوهایِ شیریِ پربار و مطیع هستند. از دیدِ گل‌ها، شاپرک‌هایی که بی‌برو–برگرد گرده‌شان را به دیگر گل‌هایِ هم‌گونهٔ خود منتقل می‌کنند مانندِ سرویسِ فِدرال اکسپرس[۴] گران‌قیمت یا کبوترهایِ جَلد[۵] هستند. می‌توان گفت که هر کدام از دو طرفِ ماجرا یکدیگر را اهلی کرده و به صورتِ انتخابی پرورش داده‌اند تا کارشان را بهتر از گذشته انجام دهند. می‌توان گفت انسان‌هایی هم که گل‌هایِ رُزِ ارزشمند را پرورش می‌دهند همان کاری را با گل‌ها کرده‌اند که حشرات کرده‌اند، حال با پیازداغِ بیشتر. حشرات گل‌ها را به گونه‌ای پرورش داده‌اند که بَرّاق باشند و به چشم بیایند. باغبانان آن‌ها را از آن‌چه که بودند هم بَرّاق‌تر و چشمگیرتر کردند. حشراتْ عطری خوش به گل‌هایِ رُز دادند. ما هم واردِ عرصه شدیم و آن‌ها را بیش از پیش خوشبو کردیم. این که عطری که زنبورانِ عسل و پروانه‌ها دوست دارند به مشامِ ما هم خوش می‌آید رخدادی اتفاقی و نیکوست. گل‌هایی چون تریلیومِ قرمز (بنیامینِ

---

[1] cornflower

[2] poppy

[3] celandine

[4] Federal Express

[5] homing pigeon

بوگندو[1])، *تریلیوم ارکتوم*[2] ، یا گلِ جسد[3]، *آمورفوفالوس تیتانوم*[4]، که از مگسِ گوشت[5] یا سوسک‌هایِ مردارخوار[6] برایِ گرده‌افشانی استفاده می‌کنند، معمولاً حال‌مان را به هم می‌زنند؛ چرا که بویِ گوشتِ فاسد را تقلید می‌کنند. به نظرم، چنین گل‌هایی برای بهبودِ بویِ خود از انسان‌هایِ اهلی‌ساز بهره نگرفته‌اند.

البته رابطهٔ میانِ حشرات و گیاهان رابطه‌ای دوطرفه است و نباید از در نظر گرفتنِ هر دو سویِ رابطه غافل بمانیم. حشرات شاید گل‌ها را به نحوی «اصلاحِ نژاد» کنند که زیباتر شوند، اما به این خاطر نیست که عاشقِ جمال هستند.[iv] بلکه به این خاطر است که گل‌ها از این که حشرات آن‌ها را جذاب دریابند سود می‌برند. حشرات، با انتخابِ زیباترین گل برایِ ملاقات، ناخواسته، گل‌ها را به منظورِ زیباتر کردن‌شان «اصلاحِ نژاد» می‌کنند. در عینِ حال، گل‌ها هم حشرات را برایِ گرده‌افشانی اصلاحِ نژاد می‌کنند. در این‌جا هم به صورتِ ضمنی اشاره کردم که حشرات گل‌ها را برایِ رسیدن به شهدِ بیشتر اصلاحِ نژاد می‌کنند، همان‌طور که دام‌داران گاوهایِ فریسی را اصلاحِ نژاد کرده‌اند که پستان‌هایِ بزرگی دارند. اما این به نفعِ گل است که شهدش را جیره‌بندی کند. اگر حشره‌ای را سیر کنند، دیگر آن حشره برایِ ادامهٔ راه و سر زدن به گیاهِ دوم انگیزه‌ای نخواهد داشت. این اتفاقِ نامیمونی برایِ گلِ اول است؛ چرا که اساساً به سببِ بازدیدِ دوم، یا بازدیدِ گرده‌افشانی، است که این همه خود را به آب و آتش زده است. از دیدِ گل، باید تعادلِ ظریفی میانِ ارائهٔ شهدِ بیش-از-حد (عدمِ دیدار حشره با گلِ دوم) و شهدِ کمتر-از-حدِ-نصاب (عدمِ انگیزهٔ حشره برایِ دیدار از گلِ اول) رعایت شود.

---

[1] stinking Benjamin

[2] *Trillium erectum*

[3] corpse flower

[4] *Amorphophallus titanum*

[5] flesh fly

[6] carrion beetle

حشرات گل‌ها را برایِ شهدشان دوشیده‌اند و آن‌ها را برایِ بهره‌برداریِ بیشتر پرورش داده‌اند (و احتمالاً، همان گونه که الآن اشاره کردیم، با مقاومتی از جانبِ گل‌ها روبرو شده‌اند). آیا زنبورداران (یا باغبانانی که منافعِ زنبورداران را مدِ نظر دارند)، مانندِ کشاورزانی که گاوهایِ فریسی و جِرسی را اصلاحِ نژاد کرده‌اند، گل‌ها را به گونه‌ای اصلاحِ نژاد کرده‌اند که شهدِ بیشتریِ تولید کنند؟ کنجکاوم که پاسخِ این معمّا را بیابم. ولی شکی نیست که شباهتِ بسیار زیادی بینِ باغبانان، به عنوانِ پرورش‌دهندگانِ گل‌هایِ معطر و زیبا، و زنبورانِ عسل، پروانه‌ها، مرغانِ مگس، و شهدخوارانی، که همان کار را انجام می‌دهند، وجود دارد.

## تو انتخابِ طبیعیِ من هستی

آیا نمونه‌هایِ دیگری از پرورشِ انتخابی با چشم‌هایِ غیرِ انسانی وجود دارد؟ البته! مثلاً پَرهایِ ساده و مُستترِ قرقاول[1] ماده را در نظر بگیرید و آن را مقایسه کنید با پرهایِ باشکوه و جلالِ نرهایِ همین گونه. تقریباً شکی نیست که اگر فقط قضیهٔ بقایِ فردیِ قرقاولِ نرِ طلایی‌رنگ در میان بود، «ترجیح» می‌داد که شبیهِ ماده‌ها باشد یا صرفاً بلوغ‌یافتهٔ چیزی باشد که در دورانِ طفولیت بوده است. جوجه قرقاول و قرقاولِ ماده پرهایِ مستتری دارند و اگر فقط پایِ بقایِ فرد در میان بود، نرها هم همین شکلی می‌بودند. این قضیه در موردِ دیگر گونه‌هایِ قرقاول، همچون قرقاولِ لِیدی آمهرست[2] و قرقاول‌هایِ مرسوم که رویِ گردن‌شان حلقه دارند، صدق می‌کند. قرقاول‌هایِ نرِ هر گونه، به شکلی متفاوت، پر زرق و برق هستند و، به طرزِ خطرناکی، درندگان را مجذوبِ خود می‌کنند. اما قرقاول‌هایِ ماده رنگِ ساده‌ای دارند و تقریباً نوعِ مادهٔ همهٔ گونه‌ها به هم شبیه‌اند. قضیه چیست؟

---

[1] hen pheasant

[2] Lady Amherst's pheasant

اگر به زبانِ داروین بخواهیم بگوییم، پاسخ این است: «انتخابِ جنسی[1]». اما پاسخِ دیگری هم برایِ آن وجود دارد و با تعبیرِ «راهِ پر عیش‌وعشرت» بیشتر هم‌خوانی دارد: «پرورشِ انتخابیِ نرها توسطِ ماده‌ها». رنگ‌هایِ روشن واقعاً می‌تواند درندگان را به خود جذب کند، اما برایِ مادگان نیز جذاب است. نسل اندر نسل، قرقاول‌هایِ ماده انتخاب کرده‌اند که با نرهایی جفت‌گیری کنند که جذاب و پر زرق و برق بوده‌اند و قرقاول‌هایِ قهوه‌ای و کسل‌کننده را پس زده‌اند. اگر پرورشِ انتخابیِ ماده‌ها در کار نبود، نرها به همان شکلِ کسل‌کننده باقی می‌ماندند. این قضیه دربارهٔ پرورشِ انتخابیِ طاووس‌هایِ نر[2] توسطِ طاووس‌هایِ ماده[3] نیز صدق می‌کند و، همچنین دربارهٔ مرغ‌هایِ بهشت[4] و بسیاری دیگر از پرندگان، پستان‌داران، ماهی‌ها، دوزیستان[5]، خزندگان[6]، و حشراتی که ماده‌هایشان جفتِ خود را از میانِ نرهایی انتخاب می‌کنند که در رقابتِ با هم هستند. (معمولاً ماده‌ها هستند که انتخاب می‌کنند و در این‌جا لازم نیست که به شرحِ علتِ آن بپردازیم.) مثلِ گل‌هایِ باغچه، انسان‌هایِ اصلاح‌نژادکننده نیز دست به کار شدند و نتیجهٔ پرورشِ انتخابیِ قرقاول‌هایِ مادهٔ نسل‌هایِ پیشین را بهبود بخشیدند و انواعِ زیبا و فریبایی از قرقاول‌هایِ طلایی را به وجود آوردند. البته به جایِ این که به تدریج، طیِ نسل‌ها اصلاحِ نژاد، به پرنده شکل و فرمی جدید بدهند، در هر نسل یک یا دو جهشِ عمده را انتخاب کردند. انسان‌ها نیز گونه‌هایِ خارق‌العاده‌ای از کبوتر و مرغ را به

---

[1] sexual selection

[2] peacock

[3] peahen

[4] bird of paradise

[5] amphibian

[6] reptile

صورتِ انتخابی پرورش داده‌اند که نیاکانِ اصلی‌شان پرندهٔ مشرقی[1] و مرغِ جنگلیِ سرخ[2]، *گالوس گالوس*[3]، بوده‌اند. (در موردِ کبوترها، داروین شخصاً تجربه داشت.)

**شکل ٤ – انواعِ مختلفِ مرغ: سه تصویر از کتابِ داروین، گوناگونیِ حیوانات و گیاهانِ اهلی‌شده**

این فصل عمدتاً به انتخاب با چشم پرداخت، اما دیگر حواس نیز می‌توانند چنین کنند. پرنده‌بازانْ قناری[4] را برایِ آواز و، همچنین، ظاهرِ زیبا اصلاحِ نژاد کرده‌اند. قناریِ وحشیِ فِنچی[5] قهوه‌ای مایل به زرد است که خیلی آدم رغبت نمی‌کند به آن نگاه کند. انسان‌هایِ اصلاحِ‌نژادکننده پالتِ رنگی را، که گوناگونیِ ژنتیکیِ تصادفی در اختیارشان قرار داده بود، گرفتند و رنگی چنان

---

[1] Far Eastern bird

[2] red jungle fowl

[3] *Gallus gallus*

[4] canary

[5] finch

خاص آفریدند که به اسمِ آن حیوان نامیده شد: زردِ قناری. در ضمن، نامِ این پرنده از جزایرِ قناری گرفته شده است[v]، و برعکسِ آن صادق نیست. اما جزایرِ گالاپاگوس[1] نامِ خود را از معادلِ اسپانیاییِ «لاک‌پشت» گرفته است. اما قناری‌ها به آوازشان شهره‌اند و این را هم انسان‌هایِ اصلاح‌نژادکننده بهبود بخشیده‌اند. انسان‌ها پرندگانِ نغمه‌سرایِ گوناگونی را به وجود آورده‌اند. مثلاً رولر[2] به گونه‌ای اصلاحِ نژاد شده است که با نوکِ بسته آواز بخواند. یا واترزلاگر[3] که صدایش همچون قُل‌قُلِ آب است. و تیمبرادو[4] که نوت‌هایِ زنگ‌گونه و برخاسته-از-فلز را تقلید می‌کند، به همراهِ صدایِ کاستانت‌مانندی[5] که به خاستگاهِ اسپانیایی‌اش می‌آید. پرنده‌هایی که اصلاحِ نژاد شده‌اند آوازهایِ طولانی‌تر، بلندتر، و پرتکرارتری نسبت به نیاکانِ وحشی‌شان دارند. اما همهٔ این آوازهایِ تحسین‌برانگیز از همان نُت‌هایی تشکیل شده‌اند که قناریِ وحشی قادر به تولیدِ آن است. درست همان گونه که عادات و شیرین‌کاری‌هایِ نژادهایِ مختلفِ سگ از همان مجموعه‌رفتارهایی تشکیل شده است که در گرگ‌ها نیز مشاهده می‌شود.[vi]

باز هم می‌گویم: «انسان‌هایِ اصلاح‌نژادکننده فقط همان پرورشِ انتخابی را توسعه داده‌اند که حاصلِ تلاشِ پرندگانِ ماده بوده است. طیِ نسل‌هایِ متمادی، قناری‌هایِ مادهٔ وحشی، سهواً، با انتخابِ نرهایِ خوش‌الحان، نرها را بر پایهٔ مهارتِ نغمه‌خوانی‌شان اصلاحِ نژاد کرده‌اند. دست بر قضا، در موردِ قناری‌ها اندکی دانشِ بیشتری داریم. قناری‌ها (و کبوترانِ گردن‌حلقه‌ای[6]) سوژه‌هایِ رایجی برایِ آزمایش بر رویِ هورمون‌ها[7] و رفتارهایِ تولیدِ مثلی[1] بوده‌اند. کشف شده است که، در

---

[1] Galapagos Islands

[2] roller

[3] Waterslager

[4] Timbrado

[5] کاستانت (castanet) یا قاشقک سازی کوبه‌ای است. مترجم

[6] Barbary dove

[7] hormone

هر دو گونه، صدایِ نر (حتی وقتی که از رویِ نوار پخش می‌شود) باعثِ بزرگ شدنِ تخم‌دان‌هایِ[۲] ماده و ترشحِ هورمون‌هایی می‌شود که شرایطِ تولیدِ مثل را برایِ ماده فراهم می‌کند و آن‌ها را برایِ جفت‌گیری آماده می‌سازد. ممکن است کسی بگوید که قناریِ نر، با آواز خواندن برایِ ماده، مخِ او را می‌زند. چنان که گویی به آن‌ها هورمون تزریق می‌کنند. یا شاید بتوان گفت که ماده‌ها به صورتِ انتخابی نرها را طوری اصلاحِ نژاد می‌کنند که نغمه‌خوان‌هایِ بهتر و بهتری شوند. این دو دیدگاه همچون دو رویِ یک سکه‌اند. در ضمن، مانندِ دیگر گونه‌هایِ پرنده، پایِ قضیهٔ پیچیده‌ای در میان است: آوازِ نر از طرفی برایِ ماده جذاب است و از طرفی هم برایِ نرهایِ رقیب بازدارنده. اما به این موضوع نمی‌پردازم.

حال، برایِ پیش‌بردنِ استدلال، به شکل ۵ و شکل ٦ که در صفحهٔ مقابل قرار دارد نگاه کنید. اولی ماسکِ کابوکی[۳] ژاپنی است که رویِ چوب تراشیده شده است و به یک جنگ‌جویِ سامورایی[۴] شباهت دارد. عکسِ دوم خرچنگی[۵] از گونهٔ *هایکیا جاپونیکا*[۶] است که در آب‌هایِ ژاپن یافت می‌شود. نامِ عمومیِ آن *هایکیا*[۷] است. این نام از نامِ طایفه‌ای ژاپنی، به نامِ هایکه[۸]، گرفته شده است که در دریا و در جنگِ دانو–اورا[۹] (۱۱۸۵) از یکی از طوایفِ رقیب، به نامِ گنجی[۱۰]، شکست خوردند. اسطوره‌ای است که می‌گوید روحِ جنگ‌جویانِ غرق‌شدهٔ هایکه اکنون در اعماقِ دریا، در

---

[1] reproductive behaviour

[2] ovary

[3] kabuki mask

[4] samurai

[5] crab

[6] *Heikea japonica*

[7] *Heikea*

[8] Heike

[9] Danno-Ura

[10] Genji

بدنِ خرچنگ‌هایِ *هایکیا جاپونیکا*، حلول کرده است. الگویی رویِ کمرِ این خرچنگ نقش بسته که همچون چهرهٔ درهم‌گرفتهٔ یک سامورایی است. این نقش این اسطوره را تقویت می‌کند. جانورشناسِ مشهور، سِر جولیان هاکسلی، چنان تحتِ تأثیرِ این شباهت قرار گرفته بود که در جایی نوشته بود: «شباهتِ *دوریپه*[1] به صورتِ یک جنگ‌جویِ ژاپنیِ خشمگین آن‌قدر خاص و باجزئیات است که نمی‌تواند اتفاقی باشد. . . عاملِ پیدایشِ این خرچنگ‌ها این است که آن‌هایی که شباهتِ بیشتری به صورتِ جنگ‌جویان داشته‌اند کمتر خورده می‌شده‌اند». (در سالِ ۱۹۵۲ که هاکسلی این سطور را می‌نوشته، نامِ این خرچنگ *دوریپه* بوده است. در سالِ ۱۹۹۰، نامِ این خرچنگ به نامِ اصلی‌اش، *هایکیا*، تغییر می‌یابد. در آن زمان، یک نفر کشف می‌کند که خیلی وقت‌ها پیش، در سالِ ۱۸۲۴ نامِ این خرچنگ هایکیا بوده است. در جانورشناسی، قواعدِ تقدم و تأخر چنین سخت‌گیرانه‌اند.)

**شکل ۵ – ماسکِ کابوکیِ جنگ‌جویِ سامورایی**

[1] *Dorippe*

**شکل ٦ - خرچنگِ هایکیا جاپونیکا**

این دیدگاه که نسل‌هایِ متمادی از ماهی‌گیرانِ خرافاتی خرچنگ‌هایی را که به صورتِ انسان شباهت داشته‌اند به دریا بر می‌گردانده‌اند، در سالِ ۱۹۸۰، جانِ تازه‌ای گرفت. این زمانی بود که کارل سِیگِن این موضوع را در کتابِ فوق‌العاده‌اش، *کیهان*، مطرح کرده بود. او می‌نویسد:

> فرض کنید که به صورتِ اتفاقی، در میانِ نیاکانِ کهنِ این خرچنگ، خرچنگ‌هایی پدید آمده بودند که اندک شباهتی به چهرهٔ انسان داشته‌اند. شاید حتی پیش از نبردِ دانو-اورا هم ماهی‌گیران در خوردنِ چنین خرچنگی تردید می‌کرده‌اند و، با بازگرداندنِ آن‌ها به دریا، فرآیندی فرگشتی را به جریان انداخته‌اند. . . با گذشتِ نسل‌هایِ پی-در-پی از خرچنگ‌ها و ماهی‌گیران، خرچنگ‌هایی که بیشترین شباهت را به صورتِ انسان داشته‌اند شانسِ بیشتری برایِ بقا داشته‌اند. این کار آن قدر دوام یافته است که سرانجام نه تنها صورتِ انسان، نه تنها صورتی ژاپنی، بلکه صورتِ سامورایی‌ای خشمگین و اخم‌کرده بر آن نقش بسته است.

این دیدگاهِ خوبی است. آن قدر خوب که به سادگی نمی‌شود از آن گذشت و مدام هم در کتاب‌هایِ مرجع تکرار شده است. حتی به وب‌سایتی برخوردم که در آن می‌توانستید رأی دهید که آیا فکر می‌کنید این نظریه واقعیت دارد (۳۱ درصد از ۱،۳۳۱ رأی دهنده)، آیا عکس‌هایِ این خرچنگ جعلی‌اند (۱۵ درصد)، آیا هنرمندانِ ژاپنی آن نقوش را بر رویِ آن‌ها ایجاد می‌کنند (۶ درصد)، یا این شباهت اتفاقی تصادفی بیش نیست (۳۸ درصد)، یا حتی این گزینه وجود داشت که آیا این خرچنگ‌ها بازتاب‌دهندهٔ صورتِ سامورایی‌هایِ غرق‌شده‌اند. بی شک، حقایقِ علمی را

نمی‌توان با همه‌پرسی کشف کرد، ولی از آن‌جا که بدونِ شرکت در رأی‌گیری نمی‌توانستم نتایج را ببینم، رأی دادم. با عرضِ معذرت باید بگویم که پاسخِ بی‌مزه را انتخاب کردم. به نظرم، با در نظر گرفتنِ همهٔ جوانب، این شباهت احتمالاً اتفاقی و فقط یک تصادف است. نه به این خاطر که، همان گونه که یکی از شک‌گرایانِ معتبر اشاره کرده است، شیارها و برآمدگی‌هایِ پشتِ این خرچنگ متضمنِ وصل شدنِ پاره‌ای از عضلات هستند. حتی اگر نظریهٔ هاکسلی–سیگِن را در نظر بگیریم، ماهی‌گیرِ خرافاتی باید ابتدا متوجهِ شباهاتی، هر چند جزئی، می‌شد و الگویی متقارن از وصل شدنِ عضلاتِ جدید دقیقاً همان چیزی است که می‌توانسته است این شباهتِ اولیه را به وجود آورد. دیدگاهِ شک‌گرایانهٔ دیگری است که می‌گوید این خرچنگ‌ها، به هر حال، کوچک‌تر از آن هستند که کسی بخواهد آن‌ها را بخورد. من هم نظرم به این دیدگاه نزدیک‌تر است. بنا به گفتهٔ مطرح‌کنندهٔ این دیدگاه، تمامِ خرچنگ‌هایی که در این اندازه بوده‌اند به دریا برگردانده می‌شده‌اند؛ حال چه پشت‌شان به صورتِ انسان شباهت داشته است و چه نداشته است. البته باید بگویم که این دیدگاهِ شک‌گرایانه، که حرفِ بیشتری برایِ گفتن دارد، بعداً عمدهٔ ارزشش را برایِ من از دست داد. یک بار برایِ شام در توکیو به یک رستوران دعوت شدم و میزبان، برایِ همه، خرچنگ سفارش داد. این خرچنگ‌ها بزرگ‌تر از*ها*یکیا بودند و در لایه‌ای سخت و ضخیم محفوظ بودند. با این حال، این موضوع مانعِ آن نمی‌شد که میزبانِ سوپرمن‌گونهٔ ما، خرچنگ‌ها را، درسته و یکی یکی، همچون سیبی، به دندان بکشد و چنان صدایِ خِرچ خِرچی از آن‌ها شنیده می‌شد که شنونده هر آینه انتظارِ لثه‌های خونین و مالین را می‌کشید. خرچنگی به کوچکی*ها*یکیا برایِ چنین فردِ صاحب‌سبکی عددی به حساب نمی‌آید. بدونِ این که خم به ابرو بیاورد، آن را درسته قورت می‌داد.

دلیلِ اصلی‌ام برایِ شک به دیدگاهِ هاکسلی–سیگِن این است که ثابت شده ذهنِ انسان مشتاق است که در الگوهایِ تصادفی صورتِ افرادِ مختلف را ببیند. ما این موضوع را هم بر اساسِ شواهدِ علمی می‌دانیم و هم بر اساسِ شایعاتِ متعددی مبنی بر دیده شدنِ صورتِ عیسی، مریمِ باکره،

یا مادر ترزا[1] بر رویِ تکه‌هایِ نانِ برشته، پیتزا، یا نم‌کشیدگیِ رویِ دیوار. اگر یک الگو از تصادفی‌بودن فاصله بگیرد و به سمتِ تقارن برود، این اشتیاقِ ذهن بیشتر هم می‌شود. به هر حال، همهٔ خرچنگ‌ها (به جز خرچنگِ گوشه‌گیر[2]) متقارن هستند. من، با تردید، گمان می‌برم که شباهتِ *هایکیا* به جنگ‌جویِ سامورایی اتفاقی تصادفی بیش نیست، با این که تمایل دارم چنین بیاندیشم که انتخابِ طبیعی در بهبودِ نقشِ پشت‌شان دخیل بوده است.

بگذریم. مثال‌هایِ بی‌شمارِ دیگری وجود دارند که انسان در آن‌ها دخیل نیست و حیواناتِ «ماهی‌گیر» خوراکِ بالقوهٔ خود را، به قولِ معروف، «به دریا باز می‌گردانند» (یا اصلاً آن‌ها را نمی‌بینند). دلیلش هم این است که طعمهٔ بالقوه به چیزی خوفناک شباهت دارد و این شباهت هم قطعاً اتفاقی نیست. اگر پرنده‌ای بودید که در جنگل کرمِ پیله‌ساز[3] شکار می‌کرد و ماری سرِ راه‌تان سبز می‌شد چه کار می‌کردید؟ حدسِ من این است که با ترس عقب‌نشینی می‌کردید و راه‌تان را حسابی کج می‌کردید. اما گونه‌ای کرمِ پیله‌ساز وجود دارد که قسمتِ خَلفی‌اش با مار مو نمی‌زند. اگر از آن دسته افرادی هستید که از مار می‌ترسند (خودِ من، با شرمندگی، اعلام می‌کنم که جزءِ این دسته‌ام)، واقعاً زَهره ترک خواهید شد. من فکر کنم حتی وقتی هم که خاطرجمع باشم که این موجود کرمِ پیله‌سازِ بی‌خطری بیش نیست، باز هم با تردید آن را در دست بگیرم. (این موجودِ خارق‌العاده در تصویرِ رنگی ۷ نشان داده شده است.) همین مشکل را با دست زدن به مگس‌هایِ گلزاری[4] که ظاهرِ زنبورِ بی‌عسل[5] یا باعسل[6] را تقلید می‌کنند نیز دارم؛ در حالی که می‌بینم فقط یک جفت بال دارند و مگس‌هایی بی‌نیش هستند. این‌ها تنها نمونه‌ای از پرشمار حیواناتی هستند که به دلیلِ شباهت‌شان به

---

[1] Mother Teresa

[2] hermit crab

[3] caterpillar

[4] hoverfly

[5] wasp

[6] bee

چیزی دیگر (چیزی غیرِ قابلِ خوردن همچون سنگ‌ریزه، شاخهٔ درخت، یا جلبکِ دریایی یا چیزی بی‌نهایت خطرناک، همچون چشمانِ بُراقِ یک درنده) در امان هستند.

پس آیا چشمِ پرندگانْ حشرات را به گونه‌ای اصلاحِ نژاد کرده‌اند که به چیزهایی ناخوشایند و سمّی شبیه شوند؟ از یک منظر پاسخ قطعاً مثبت خواهد بود. به هر حال، تفاوتِ این فرآیند و اصلاحِ نژادِ طاووس‌هایِ نر توسطِ طاووس‌هایِ ماده به منظورِ زیبایی بیشتر یا فرآیندِ اصلاحِ نژادِ سگ‌ها و گل‌هایِ رُز توسطِ انسان چیست؟ در واقع، طاووس‌هایِ ماده، *به صورتی مثبت*، چیزی جذاب را، با نزدیک شدن به آن، اصلاحِ نژاد می‌کنند. اما پرندگانی که کرمِ پیله‌ساز شکار می‌کنند، *به صورتی منفی* ، چیزی بیزارکننده را، با دوری از آن، اصلاحِ نژاد می‌کنند. اکنون مثالِ دیگری از «اصلاحِ نژاد» مثبت می‌آوریم که انتخاب‌کننده در آن از انتخابش سود که نمی‌برد هیچ، ضرر هم می‌کند.

قلابچه ماهی‌هایِ[1] عمقِ دریا صبورانه، در کفِ دریا، به انتظارِ طعمه کمین می‌کنند.[vii] همچون بسیاری دیگر از ماهی‌هایِ عمقِ دریا، قلابچه ماهی‌ها، مطابقِ معیارهایِ ما، بسیار کریه‌المنظر هستند. شاید مطابقِ معیارهایِ ماهیان نیز چنین باشند، اما شاید مسئلهٔ مهمی نباشد؛ چرا که آن اعماق آن قدر تاریک است که اصولاً نمی‌توان چیزی را دید. مانندِ دیگر ساکنانِ عمقِ دریا، قلابچه ماهیِ ماده معمولاً برایِ خودش نور تولید می‌کند یا، بهتر است بگوییم، مادگی‌هایش[2] باکتری‌هایی دارند که برایش نور تولید می‌کنند. این «زیست‌تابی[3]» آن قدرها روشنایی‌بخش نیست که جزئیاتی را بازتاب دهد، اما آن قدر روشن هست که ماهیِ دیگری را به سمتِ خود جلب کند. ستونِ فقرات[4]، که در بدنِ یک ماهیِ معمولی صرفاً یکی از خارهایِ بالهٔ ماهی[5] است، بلند و سخت می‌شود و به یک

---

[1] angler fish

[2] receptacle

[3] bioluminescence

[4] spine

[5] fin

چوبِ ماهی‌گیری تبدیل می‌شود. در برخی گونه‌ها، این «میله» آن قدر بلند و منعطف است که بهتر است آن‌ها را یک «رشته» بنامیم تا «چوب». و در یک سمتِ این چوب یا نخِ ماهی‌گیری چه چیزِ دیگری وجود دارد؟ یک طعمه یا گول‌زنک. این طعمه‌ها از گونه‌ای به گونهٔ دیگر متفاوت‌اند، اما همیشه به خوراکی‌هایِ کوچک شباهت دارند، مثلِ کرم، ماهی‌ای کوچک، یا چیزی که نمی‌توان دقیقاً وصفش کرد اما شبیه به خوراکی‌ای جنبده و وسوسه‌کننده است. معمولاً این طعمه درخشان است؛ تابلویِ نئونِ طبیعی‌ای دیگر که، در این مورد، این نوشته را نمایش می‌دهد: «بیا من را بخور». ماهی‌هایِ کوچک واقعاً وسوسه می‌شوند. به طعمه نزدیک می‌شوند. و این آخرین کاری است که در زندگی‌شان انجام می‌دهند؛ چرا که، در آن لحظه، قلابچه ماهی دهانِ گشادش را می‌گشاید و قربانی، با جریانِ آب، واردِ دهانش می‌شود.

حال، آیا باید بگوییم که ماهیِ قربانیِ کوچک در جهتِ طعمه‌هایی جذاب‌تر «اصلاحِ نژاد» می‌کنند؛ درست همان گونه که طاووس‌هایِ ماده نرها را و باغبان گل‌هایِ رُز را در جهتِ زیباتر شدن اصلاحِ نژاد می‌کنند؟ سخت است که بگوییم نه. در موردِ گل‌هایِ رُز، باغبانْ جذاب‌ترین گل‌ها را، عمداً، برایِ پرورشِ انتخابی بر می‌گزیند. همین قضیه تا حدِ زیادی در موردِ طاووس‌هایِ نری که توسطِ طاووس‌هایِ ماده انتخاب می‌شوند صدق می‌کند. ممکن است طاووس‌هایِ ماده ندانند که دارند انتخاب می‌کنند، اما پرورش‌دهندگانِ گل‌هایِ رُز می‌دانند. اما در این شرایطِ خاص، این تمایز خیلی مهم به نظر نمی‌رسد. تمایزی که قانع‌کننده‌تر می‌نماید تمایزِ میانِ قلابچه ماهی و دو مثالِ دیگر است. ماهی‌هایِ قربانی در واقع «جذاب»ترین قلابچه ماهی را برایِ اصلاحِ نژاد انتخاب می‌کند. آن‌ها این کار را از راهِ غیرمستقیمِ انتخابِ آن‌ها برایِ بقا از طریقِ غذا دادن به آن‌ها انجام می‌دهند! احتمالِ مرگِ ناشی از گرسنگی در قلابچه ماهی‌هایی که تطمیع‌کننده‌های‌شان جذاب نیست بیشتر است و، از این رو، احتمالِ زاد-و-ولدشان نیز کمتر خواهد بود. و ماهی‌هایِ کوچکِ قربانی واقعاً عملِ «انتخاب» را انجام می‌دهند، اما به قیمتِ جانِ خود! هدفِ اصلیِ ما پرداختن به انتخابِ طبیعیِ واقعی است و اکنون داریم به پایانِ بحثِ فریبندگیِ پیش‌رونده، که موضوعِ این فصل بود، نزدیک می‌شویم.

حال این پیش‌روی را به روشنی شرح می‌دهیم.

۱. انسان‌ها به عمد گل‌های رُز، آفتاب‌گردان، و غیره را به منظورِ پرورشِ انتخابی انتخاب می‌کنند و، بدین طریق، ژن‌هایِ مولّدِ ژن‌هایِ جذاب را حفظ می‌کنند. به این عمل انتخابِ مصنوعی گفته می‌شود و انسان‌ها، مدت‌ها پیش از داروین، از آن آگاهی داشته‌اند. همه هم می‌دانند که این فرآیند آن قدر قدرتمند است که می‌تواند گرگ را به چی‌واوا تبدیل کند و چوبِ ذرت را از چند اینچ به چند فوت تغییرِ اندازه دهد.

۲. طاووس‌هایِ ماده (ما نمی‌دانیم این کارشان آگاهانه و عمدی است یا نه، اما بیایید فرض را بر ناآگاهانه و غیرعمدی بودنش بگذاریم) طاووس‌هایِ نرِ جذاب را برایِ جفت‌گیری انتخاب می‌کنند و، در این مورد نیز، این گونه ژن‌هایِ جذاب را حفظ می‌کنند. به این فرآیند انتخابِ جنسی می‌گویند و داروین آن را کشف کرد یا، دستِ کم، آن را به روشنی تشخیص داد و نامی بر آن نهاد.

۳. ماهی‌هایِ کوچکی که طعمه می‌شوند (یقیناً این کارشان عمدی نیست) قلابچه ماهی‌هایِ جذاب را برایِ بقا انتخاب می‌کنند؛ بدین صورت که بدنِ خود را خوراکِ جذاب‌ترین‌ها می‌کنند و، بدین طریق، ناخواسته آن‌ها را برایِ اصلاحِ نژاد و انتقالِ ژن‌هایشان انتخاب می‌کنند و، در نتیجه، باعثِ حفظِ ژن‌هایِ تولیدکنندهٔ ویژگی‌هایِ جذاب می‌شوند. به این فرآیند (بله، عاقبت به آن رسیدیم) انتخابِ طبیعی می‌گویند که بزرگ‌ترین کشفِ داروین بود.

داروین، با نبوغِ خاصِ خود، دریافت که طبیعت می‌تواند نقشِ عاملِ انتخاب‌گر را ایفا کند. همه با انتخابِ مصنوعی آشنا بودند [viii] یا، دستِ کم، هر کسی که اندک تجربه‌ای در دامداری، زراعت، نمایشگاه‌هایِ سگ، یا کبوترخانه داشته از آن آگاه بوده است. اما این داروین بود که برایِ اولین بار کشف کرد که نیاز به ***عاملی***[1] انتخاب‌گر وجود ندارد. بقا (یا عدمِ بقا) می‌تواند به صورتِ خود-به-

[1] agent

خودی این انتخاب را انجام دهد. داروین دریافت که بقا مهم است؛ چون فقط بازماندگان می‌توانند تولیدِ مثل کرده ژن‌هایی را منتقل کنند که بقای‌شان را ممکن کرده است (البته داروین از واژهٔ ژن استفاده نکرد).

من قلابچه ماهی را به عنوانِ مثال آوردم؛ چرا که آن هم نمونه‌ای بود از عاملی که با چشمانِ خود آنچه را که بقا می‌یابد انتخاب می‌کند. اما در بحثِ خود به نقطه‌ای رسیده‌ایم (به همان جایی که داروین رسیده بود) که دیگر نیازی نیست از عاملی انتخاب‌کننده سخن بگوییم. حال از بحثِ قلابچه ماهی بگذریم و به ماهی‌هایی چون ماهیِ تُن[1] یا تارپون[2] بپردازیم. این‌ها ماهی‌هایی هستند که فعالانه طعمهٔ خود را دنبال می‌کنند. هر چه قدر هم معانیِ واژگان را بسط دهیم و راه را بر قوهٔ تخیلِ خود باز بگذاریم، باز نمی‌توانیم بگوییم که طعمه، با خورده شدنِ خود، «انتخاب می‌کند» که چه تارپونی بقا بیابد. ولی می‌توانیم بگوییم که تارپون‌هایی که تجهیزاتِ بیشتری برایِ گرفتنِ طعمه دارند (حال به هر دلیلی، مثلاً اندامِ شناگریِ سریع، چشم‌هایِ تیز، یا مانندِ آن) بقا می‌یابند و، از این رو، همین‌ها هستند که تولیدِ مثل می‌کنند و ژن‌هایی را که باعثِ موفقیتِ آن‌ها می‌شوند به نسل‌هایِ آینده انتقال می‌دهند. آن‌ها به صِرفِ زنده ماندن «انتخاب» می‌شوند، اما تارپونی که، ***حال به هر دلیلی***، آمادگیِ کمتری داشته است، بقا نمی‌یابد. پس می‌توانیم مرحلهٔ چهارمی را به فهرستِ خود بیافزاییم.

۴. بدونِ هیچ گونه عاملِ انتخاب‌کننده‌ای، آن‌هایی که به موجبِ شانسِ برخورداری از تجهیزاتِ لازم برایِ بقا «انتخاب شده‌اند» بیشترین شانسِ تولیدِ مثل را دارند و، از این رو، می‌توانند ژن‌هایِ لازم برایِ برخورداری از تجهیزاتِ لازم را به نسل‌هایِ بعد انتقال دهند. در نتیجه، هر استخرِ ژنی از هر گونه‌ای به این سمت متمایل می‌شود که آکنده از ژن‌هایی شود که آن‌ها را در بقا و تولیدِ مثل برتری می‌بخشد.

---

[1] tuna

[2] tarpon

بنگرید که انتخابِ طبیعی چه قدر جامع است و همه چیز را در بر می‌گیرد. مثال‌هایی را که در گام‌هایِ ۱، ۲، و ۳ آورده‌ام و بسیاری از مثال‌هایِ دیگری را که ذکر کرده‌ام می‌توان، به عنوانِ نمونه‌هایِ خاصی از پدیده‌ای جامع‌تر، زیرمجموعهٔ انتخابِ طبیعی تلقی کرد. داروین حالتِ جامع‌ترِ پدیده‌ای را کشف کرد که مردم از پیش با نوعِ محدودِ آن آشنا بودند. تا آن زمان، مردم فقط از حالتِ خاصِ آن، یعنی انتخابِ مصنوعی، اطلاع داشتند. حالتِ جامعِ آن بقایِ غیرِ تصادفیِ تجهیزاتی وراثتی است که به صورتِ تصادفی متنوع‌اند. مهم نیست که بقایِ غیرِ تصادفی چگونه رخ می‌دهد. این بقا می‌تواند در پیِ انتخابی عمدی و مشخصاً از رویِ قصد باشد، مانندِ انتخاب توسطِ یک عامل (مثلاً زمانی که انسان‌ها گِرِی هوندهایِ نژادِ خالص را برایِ اصلاحِ نژاد انتخاب می‌کنند). می‌تواند در پیِ انتخابِ غیرِ عمدِ یک عامل بدونِ هدفی مشخص باشد (مثلاً انتخابِ طاووس‌هایِ نر توسطِ طاووس‌هایِ ماده برایِ جفت‌گیری). می‌تواند در پیِ انتخابِ غیرِ عمدِ انتخاب‌کننده‌ای باشد که اگر از نتیجهٔ انتخابش آگاه بود (ما، پس از واقعه از آن آگاهی داریم، اما چنین درکی برایِ خودِ انتخاب‌کننده ممکن نیست) چنین انتخابی نمی‌کرد (مثلِ ماهی‌ای که انتخاب می‌کند به دامِ فریبایِ قلابچه ماهی بیافتد). یا می‌تواند چیزی باشد که برایِ ما اصلاً انتخاب به حساب نمی‌آید، مثلِ بقایِ ماهیِ تارپون به لطفِ، مثلاً، مزیتی زیست‌مکانیکی که در عمقِ عضلاتش نهان است و، هنگامِ دنبال کردنِ صید، شتابِ بیشتری به او می‌دهد. داروین، در یکی از بندهایِ موردِ علاقه‌ام در کتابش، *خاستگاهِ گونه‌ها*، به شیوایی این نکته را بیان می‌کند:

> شاید بتوان گفت که انتخابِ طبیعی، هر روز و هر ساعت، هر گوناگونی را، هر چند جزئی، در کلِ جهان، موردِ بررسی قرار می‌دهد و بدها را رد می‌کند و هر چه را که خوب است نگه می‌دارد و به‌شان می‌افزاید. بی‌صدا و بدونِ جلبِ توجه، هر جا و هر زمان که فرصتی دست دهد، هر موجودِ زنده‌ای را، نسبت به شرایطِ ارگانیک و غیرِ ارگانیکِ پیرامونش، بهبود می‌بخشد. ما هیچ گاه متوجهِ این تغییراتِ آرام نمی‌شویم، مگر زمانی که دوره‌ها بگذرد. و آن گاه چنان دیدگاهِ ما نسبت به دوره‌هایِ گذشتهٔ

زمین‌شناختی ناقص است که تنها چیزی که متوجهش می‌شویم این است که گونه‌های حیاتِ کنونی از چیزی که در گذشته بوده‌اند متفاوت‌اند.

مطابقِ عادتِ همیشگی‌ام، این بند را از چاپِ ***اول*** شاهکارِ داروین نقلِ قول کرده‌ام. در چاپ‌های بعدی، واژهٔ قابلِ تأملی اضافه شده است: «شاید ***به بیانی استعاری*** بتوان گفت که انتخابِ طبیعی هر روز و هر ساعت در جریان است. . ..» (تأکید از من است). شاید به نظرِ شما عبارتِ «شاید بتوان گفت...» به اندازهٔ کافی محتاطانه است. اما، در سالِ ۱۸۶۶، داروین نامه‌ای از والاس، کاشفِ همزمانِ انتخابِ طبیعی، دریافت کرد که اشاره می‌کرد، برایِ جلوگیری از کژفهمی، متأسفانه باز هم اقداماتِ بیشتری لازم است.

> داروینِ عزیزم، — بارها و بارها دیده‌ام که بعضی افرادِ باهوش درکی درست یا حتی هیچ درکی از تأثیراتِ خودکنش‌گر[1] و ضروریِ انتخابِ طبیعی ندارند و این مرا به فکر وا می‌دارد.<تکرارِ این ماجرا> به حدی بوده است که نتیجه گرفته‌ام باید اصلاحاتی در خودِ اصطلاح و شیوهٔ اثباتِ شما — با این که از دیدِ بسیاری از ما روشن و شیواست — انجام شود تا عمومِ طبیعت‌شناسان[2] را به خود جلب کند.

والاس، در ادامه، از نویسنده‌ای فرانسوی، به نامِ ژانه[3] نقلِ قول می‌کند که از قرارِ معلوم، برعکسِ والاس و داروین، شدیداً آدمِ قر-و-قاطی‌ای بوده است:

> این طور که من می‌فهمم، از دیدِ او نقطه ضعفِ شما این است که متوجهِ این نکته نیستید که «فکر و جهت در عملِ انتخابِ طبیعی ضروری‌اند». مخالفانِ عمدهٔ شما هزاران بار همین ایراد را گرفته‌اند و خودم هم بارها همین حرف را در گفت-و-

---

[1] self-acting

[2] naturalist

[3] Janet

گوهایم شنیده‌ام. اکنون، به نظرم، این کژفهمی کاملاً ناشی از اصطلاحی که ساخته‌اید، یعنی «انتخابِ طبیعی»، است و این که مدام آثارِ آن را با انتخاب توسطِ انسانِ مقایسه می‌کنید و، همچنین، این که به طبیعت جان‌بخشی می‌کنید و عباراتی چون «انتخاب می‌کند» و «ترجیح می‌دهد» و غیره را برایِ آن به کار می‌برید. برایِ تعدادی انگشت‌شمار، این قضیه همچون روز روشن است و به زیبایی منظور را می‌رساند، اما، این گونه که بر می‌آید، برایِ خیلی‌ها مانعی محسوب می‌شود. از این رو، قصدم این است که پیشنهاد کنم، در صورتِ امکان، در کارِ ارزشمندتان و همچنین در چاپ‌های آیندهٔ ***خاستگاه*** از این عواملِ گیج‌کننده پرهیز کنید. همچنین، به نظرم انجامِ این کار سخت نیست و با اتخاذِ اصطلاحِ ابداعیِ اسپنسر[1] . . . یعنی «بقایِ اصلح[2]» به خوبی قابلِ انجام است. این اصطلاحْ بیانِ سادهٔ این حقیقت است؛ «انتخابِ طبیعی» بیانِ استعاریِ آن است. . .

حرفِ والاس منطقی است. متأسفانه، اصطلاحِ انتخابیِ اسپنسر، «بقایِ اصلح»، نیز مشکلاتِ منحصر به خود را به همراه دارد که والاس قادر به پیش‌بینیِ آن‌ها نبود و، در این‌جا، به آن نمی‌پردازم. علی‌رغمِ هشدارِ والاس، ترجیح می‌دهم همان راهبردِ داروین را در پیش گیرم و انتخابِ طبیعی را از طریقِ <مقایسه با> اهلی‌سازی و انتخابِ مصنوعی معرفی کنم. مایلم چنین بیاندیشم که اگر مسیو ژانه زنده بود، این بار، منظورمان را می‌گرفت. اما دلیلِ دیگری هم برایِ پیروی از راهبردِ داروین دارم که دلیلِ مهمی هم هست. مهم‌ترین آزمونِ یک فرضیهٔ علمی آزمایش[3] است. «آزمایش» مشخصاً به این معناست که منتظر نمی‌نشینید که طبیعت کاری را انجام دهد و منفعلانه آن را مشاهده کنید و سعی کنید ببینید با چه چیزهایی همبستگی دارد. بلکه آستین‌های‌تان را بالا می‌زنید و ***دست‌به‌کار***

---

[1] Spencer

[2] Survival of the Fittest

[3] experiment

می‌شوید. در اجزاء ***دست می‌برید***. چیزی را به صورتِ نظام‌مند ***تغییر*** می‌دهید و نتیجه را با حالتِ کنترل یا شاهد[1] فاقدِ آن تغییر مقایسه می‌کنید یا کلاً آن را با چیزِ دیگری مقایسه می‌کنید.

مداخلهٔ تجربی اهمیتِ والایی دارد؛ چرا که بدونِ آن هیچ‌گاه نمی‌توانید مطمئن شوید که همبستگیِ[2] مشاهده‌شده اهمیتِ علّی[3] دارد یا نه. این موضوع را می‌توان با «مغالطهٔ ساعت‌هایِ کلیسا[4]» نشان داد. دو ساعتِ موجود در برجِ دو کلیسایِ نزدیک به هم، با زنگِ خود، ساعت را نشان می‌دهند، اما ساعتِ کلیسایِ قدیس الف کمی زودتر از ساعتِ کلیسایِ قدیس ب زنگ می‌زند. اگر یک مریخی متوجهِ این اختلافِ زمان شود، ممکن است استنباط کند که زنگِ کلیسایِ قدیس الف ***عاملِ*** به صدا در آمدنِ زنگِ کلیسایِ قدیس ب است. درست است که عقلِ ما بیش از این چیزها قد می‌دهد، اما یگانه آزمونِ واقعیِ یک فرضیه این است که، طیِ یک آزمایش، زنگِ کلیسایِ قدیس الف را، در فاصله‌زمان‌هایی ***تصادفی***، به صدا در آوریم، نه یک بار در ساعت. پیش‌بینیِ مریخیِ بازدیدکننده این خواهد بود که زنگِ کلیسایِ قدیس ب، باز هم، بلافاصله بعد از زنگِ کلیسایِ قدیس الف به صدا در می‌آید (که بی‌شک این پیش‌بینی، در این آزمون، رد می‌شود). فقط و فقط ایجادِ تغییرات در قالبِ آزمایش است که می‌تواند نشان دهد یک همبستگیِ مشاهده‌شده به‌راستی نشان‌دهندهٔ رابطه‌ای علت-و-معلولی[5] است یا نه.

اگر فرضیهٔ شما این است که بقایِ غیرِ تصادفیِ یک تغییرِ ژنتیکیِ تصادفی پیامدهایِ فرگشتیِ قابلِ توجهی را به همراه دارد، آزمونِ ***تجربیِ*** این فرضیه یک مداخلهٔ انسانیِ عمدی خواهد بود. باید واردِ میدان شوید و عوامل را ***دست‌کاری*** کنید تا ببینید کدام‌شان بقا می‌یابند و کدامشان نه. باید

---

[1] control

[2] correlation

[3] causal

[4] church clocks fallacy

[5] causation

واردِ میدان شوید و، به عنوانِ یک انسانِ انتخاب‌کننده، ***انتخاب*** *کنید* تا ببینید کدام یک از اعضایِ جمعیت فرصتِ جفت‌گیری پیدا می‌کند. و این فرضیه، در واقع، *همان* انتخابِ مصنوعی است. انتخابِ مصنوعی صرفاً ***قیاسی***[1] با انتخابِ طبیعی نیست. انتخابِ مصنوعی آزمونی *در قالبِ* ***آزمایشِ تجربی*** (در مقابلِ آزمونی مشاهده‌ای) برایِ این فرضیه است که انتخاب موجبِ ایجادِ تغییراتِ فرگشتی می‌شود.

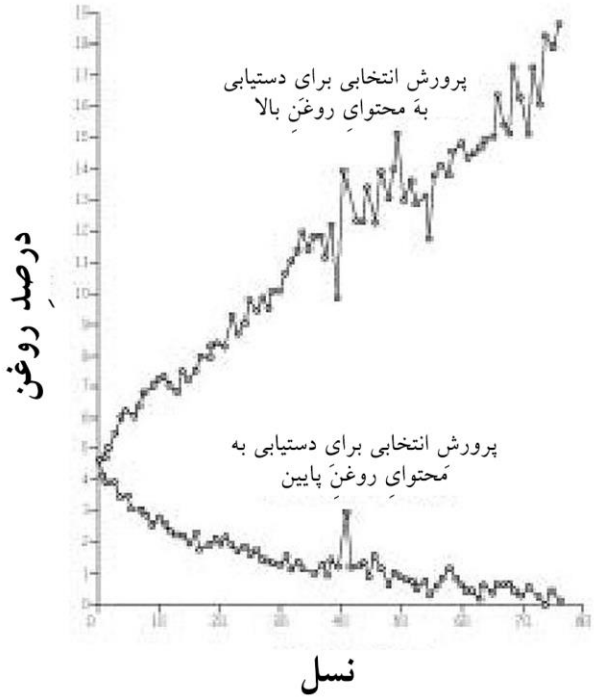
بیشترِ مثال‌هایی که از انتخابِ مصنوعی برشمردیم (مثلاً تولیدِ نژادهایِ مختلفِ سگ) فقط زمانی به چشم‌مان آمدند که از سرگذشتِ فرگشتِ آن‌ها اطلاع پیدا کردیم و آزمون‌هایی عمدی، تحتِ شرایطِ کنترل‌شده، و به منظورِ انجامِ پیش‌بینی نبودند. اما آزمایش‌هایی درخور نیز انجام شده‌اند و نتایجِ حاصل از آن‌ها نیز با چیزی که از نتایجِ غیرِ آزمایشگاهی‌ای که از سگ‌ها، کلم‌ها، و گل‌هایِ آفتاب‌گردان حاصل شده‌اند تطابق دارد. در این‌جا نمونه‌ای از این آزمایش‌ها می‌آوریم که مثالِ خیلی خوبی هم هست. چرا که برزشناسان[2] ایستگاهِ آزمایشِ ایلینوی[3] این آزمایش را تقریباً خیلی وقت پیش، در سالِ ۱۸۹۶، آغاز کردند (نسلِ ۱ در شکل ۱). نمودارِ بالا مقدار روغنِ موجود در دانه‌هایِ ذرتِ حاصل از دو نوع انتخابِ مصنوعیِ مختلف را نشان می‌دهد. یکی از این ذرت‌ها برایِ تولیدِ روغنِ زیاد و دیگری برایِ تولیدِ روغنِ کم اصلاحِ نژاد شده‌اند. این آزمایشْ آزمایشی درست است؛ چرا که در آن، نتایجِ دو دست‌کاری یا مداخلهٔ عمدی را با هم مقایسه می‌کنیم. تفاوتْ به وضوح چشمگیر و همچنین فزاینده است. به نظر محتمل می‌آید که هم روندِ افزایشی و هم روندِ کاهشی به حدی ثابت برسند. خطِ مربوط به ذرتِ کم‌چرب به نقطه‌ای ثابت می‌رسد؛ چرا که مقدارِ آن از صفر نمی‌تواند کمتر شود. نسلِ ذرتِ پرچرب هم، تقریباً به همان دلایلِ ساده، نمی‌تواند از حدی مشخص فراتر رود.

---

[1] analogy

[2] agronomist

[3] Illinois Experimental Station

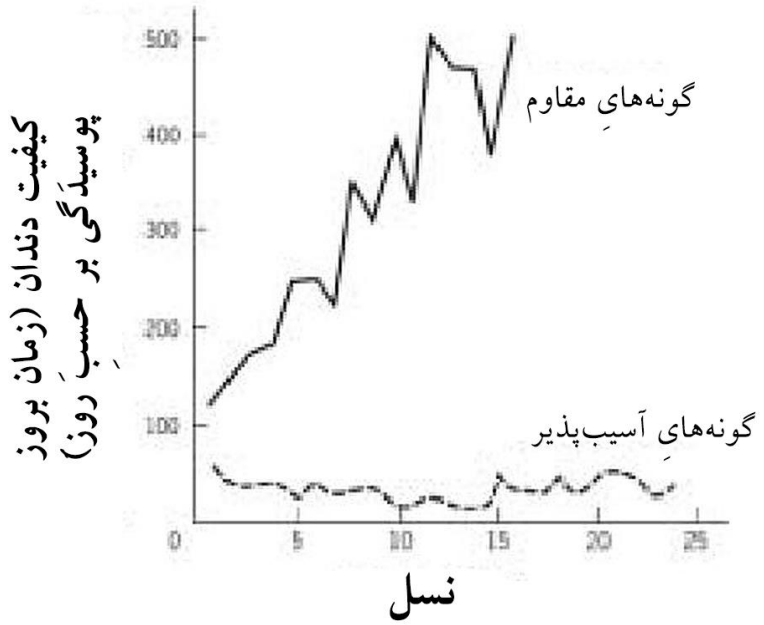



**شکل ۷ – دو نسلِ ذرت که برای تولیدِ روغنِ زیاد و کم پرورش داده شده‌اند**

در این‌جا یک مثالِ آزمایشگاهیِ دیگر از قدرتِ انتخابِ مصنوعی می‌آوریم که نکتهٔ آموزندهٔ جدیدی دارد. نمودارِ نشان داده شده در شکل ۸ حدودِ هفده نسلِ موش را نشان می‌دهد که برایِ مقاومت نسبت به پوسیدگیِ دندان[1] انتخابِ مصنوعی شده‌اند. مقیاسی[2] که در این نمودار آمده مدت زمانی است (بر حسبِ روز) که موش‌ها بدونِ پوسیدگیِ دندان سپری می‌کنند. در آغازِ آزمایش، مدتِ معمولِ فارغ از پوسیدگی حدودِ ۱۰۰ روز بود. تنها پس از حدودِ ده نسل انتخابِ نظام‌مندِ ضدّ پوسیدگی، دورهٔ بدونِ پوسیدگی حدودِ چهار برابر، یا حتی بیشتر، افزایش یافت. در این‌جا نیز، نسلِ دیگری برایِ فرگشت در جهتِ مخالف انتخاب شده بود. در این آزمایش، پرورشِ انتخابیِ نظام‌مند با هدفِ افزایشِ احتمالِ پوسیدگیِ دندان انجام شد.

[1] tooth decay

[2] scale




**شکل ۸ - دو نسلِ موش که برایِ مقاومتِ بالا و پایین در برابرِ پوسیدگیِ دندان پرورشِ انتخابی شده‌اند**

این مثال به ما کمک می‌کند که انتخابِ طبیعی را بهتر متوجه شویم. در واقع، این بحث دربارهٔ دندانِ موش نخستین مثال از سه مورد مثالِ مشابه است. این مثال‌ها همچون سفرهایی علمی هستند که اکنون به ابزارهای لازم برای مبادرتِ به آن‌ها مجهز هستیم، سفرهایی که ما را در فهمِ بهترِ انتخابِ طبیعی، به معنای واقعی کلمه، یاری می‌کنند. دو مثالِ دیگر نیز با موجوداتی سر-و-کار دارد که در راهِ «پرعیش‌وعشرتِ» خود، در بحثِ اهلی‌سازی، با آن‌ها برخورد کرده‌ایم، یعنی سگ و گل.

## دندانِ موش

وقتی که با انتخابِ مصنوعی به این آسانی می‌شود دندانِ موش را بهبود بخشید، چرا اصلاً انتخابِ طبیعی در این زمینه این همه ضعیف عمل کرده است؟ شکی نیست که پوسیدگیِ دندان مزیتی به همراه ندارد. وقتی که انتخابِ مصنوعی قادر به کاهشِ آن است، چرا انتخابِ طبیعی، از خیلی وقت‌ها پیش، چنین کاری نکرده است؟ دو پاسخ به این پرسش دارم، که هر دو آموزنده‌اند.

پاسخِ نخست این است که جمعیتِ اصلی‌ای که انسان‌هایِ انتخاب‌کننده از آن همچون موادِ خام استفاده کردند نه شاملِ موش‌هایِ وحشی، بلکه متشکل از موش‌هایِ سفیدِ اهلی‌شده و پرورش‌یافته در آزمایشگاه بود. می‌توان گفت که موش‌هایِ آزمایشگاهی[1]، همچون انسانِ امروزی، لایِ پرِ قو نگه داشته شده‌اند و از تیغِ تیزِ انتخابِ طبیعی در امان‌اند. تمایلِ ژنتیکی به پوسیدگیِ دندان، در حیاتِ وحش، می‌تواند احتمالِ موفقیت در زاد و ولد را کاهش دهد، اما شاید برایِ موش‌هایِ آزمایشگاهی که زندگیِ ساده‌ای دارند و انسان‌ها، بدونِ در نظر گرفتنِ بقا، برای‌شان تصمیم می‌گیرند که کی با کی جفت‌گیری می‌کند، چندان تفاوتی ایجاد نکند.

این نخستین پاسخِ ممکن به این سؤال بود. پاسخِ دوم پاسخِ جالب‌تری است؛ چرا که درسی مهم دربارهٔ انتخابِ طبیعی و، همچنین، انتخابِ مصنوعی به ما می‌دهد؛ درسی دربارهٔ بده–و–بستان و ما. پیش از این، وقتی که بحثِ راهبردهایِ گرده‌افشانیِ گیاهان مطرح بود، به آن اشارهٔ مختصری کردیم. هیچ چیزی مفت و مجانی به دست نمی‌آید؛ هر چیزی قیمتی دارد. شاید به نظر بدیهی برسد که، به هر قیمتی، باید از پوسیدگیِ دندان حذر کرد و من هم شکی ندارم که این مسئله عمرِ موش‌هایِ آزمایشگاهی را به طرزِ قابلِ توجهی کاهش می‌دهد. اما لحظه‌ای به این موضوع نیز بیاندیشید که برایِ افزایشِ مقاومتِ یک حیوان در برابرِ پوسیدگی چه اتفاقی باید بیافتد. دربارهٔ جزئیات مطمئن نیستم، اما اطمینان دارم که چنین چیزی پرهزینه است و این کلِ چیزی است که باید فرض بگیرم. بیایید فرض کنیم که این مقاومت در پیِ ضخیم شدنِ دیوارهٔ بیرونیِ دندان است و این کار مستلزمِ مصرفِ کلسیم[2] بیشتر است. گیر آوردنِ کلسیمِ بیشتر غیرِ ممکن نیست اما بالاخره باید از جایی به دست بیاید و این کار هزینه‌ای در بر دارد. کلسیم (یا هر عاملِ محدودکنندهٔ احتمالیِ دیگر) همین جوری در هوا نریخته است، بلکه باید از طریقِ غذا به بدن برسد. و، به جز دندان، برایِ چیزهایِ دیگری هم مفید است. بدن چیزی دارد که می‌توانیم آن را اقتصادِ کلسیمی بنامیم. کلسیم برایِ

[1] white rat

[2] calcium

استخوان لازم است؛ برایِ شیر هم لازم است. (من فرض را بر آن گذاشته‌ام که عامل کلسیم است. حتی اگر پایِ کلسیم هم در میان نباشد، باید منبعی محدودکننده و هزینه‌بر وجود داشته باشد. باز در آن صورت هم همین استدلال درست است، مهم نیست عاملِ محدودکننده چیست. برایِ سادگیِ این بحث، بحث را با کلسیم ادامه می‌دهم.) یک موشِ آزمایشگاهی که دندان‌هایی نیرومند دارد، به فرضِ یکسان بودنِ بقیهٔ شرایط، ***به احتمالِ زیادتر***، بیش از موشی که دندان‌هایش خراب است عمر می‌کند. اما بقیهٔ شرایط یکسان نخواهند ماند؛ چرا که کلسیمِ لازم برایِ تقویتِ دندان باید از جایِ دیگری، مثلاً استخوان، گرفته شود. موشِ دیگری که ژن‌هایش او را مستعدِ گرفتنِ کلسیم از استخوانش نکرده‌اند، ممکن است، به همین دلیل و علی‌رغمِ دندان‌هایِ نامناسبش، بیشتر عمر کند. یا ممکن است موشِ رقیب، به دلیلِ تولیدِ شیرِ سرشار از کلسیم، برایِ بزرگ کردنِ بچه‌هایش شایسته‌تر باشد. به قولِ رابرت هاین‌لاین[1]، که اقتصاددانان عاشقِ نقلِ قول کردن از او هستند، «چیزی به اسمِ ناهارِ رایگان وجود ندارد». مثالی که از موش‌ها آوردم فرضی بود، اما بنا به اصولِ اقتصادی، موشی که دندان‌هایش ***بیش از حد*** کامل باشد باید وجود داشته باشد. کمال در زمینه‌ای باید به قیمتِ نقص در زمینه‌ای دیگر خریداری شود.

این درس دربارهٔ همهٔ موجوداتِ زنده صدق می‌کند. می‌توانیم انتظار داشته باشیم که بدن‌هایِ آنان برایِ بقا به خوبی مجهز باشد، اما این حرف بدین معنا نیست که باید در هر زمینه‌ای و بُعدی بی‌عیب–و–نقص باشند. اگر پاهایِ شاخ‌دراز اندکی بلندتر بود، ممکن بود بتواند سریع‌تر بدود و در فرار از پلنگ شانسِ بیشتری داشته باشد. اما یک شاخ‌درازِ رقیب که پاهایِ بلندتری دارد، با وجودِ این که ممکن است در فرار از دستِ درندگان موفق‌تر باشد، اما پاهایِ بلندش به قیمتِ نقصان در زمینه‌ای دیگر از اقتصادِ بدنش تمام خواهد شد. موادی که برایِ درست کردنِ استخوان و عضلهٔ بیشتر در پاهایِ بلندتر لازم هستند باید از جایِ دیگری تأمین شود. از این رو، احتمالش بیشتر است که شاخ‌درازِ دارایِ پاهایِ بلندتر به دلایلی به جز شکار شدن بمیرد. یا حتی ممکن است احتمالِ شکار

[1] Robert Heinlein

شدنش بالاتر هم باشد؛ چرا که پاهایِ بلندش، با وجودِ این که، در صورتِ سالم بودن، او را قادر به سریع‌تر دویدن می‌کنند، احتمالِ شکستن‌شان هم بالاتر است، که در این صورت اصلاً نمی‌تواند بدود. بدن به مثابهٔ پارچهٔ چهل‌تکه‌ای از سازش‌هاست. در فصلی که مربوط به نبردِ تسلیحاتی است به این موضوع باز خواهم پرداخت.

اتفاقی که در اهلی‌سازی رخ می‌دهد این است که این حیوانات، به طورِ مصنوعی، از خطراتی که عمرِ حیواناتِ وحشی را کم می‌کند محافظت می‌شوند. یک گاوِ شیرده شاید بتواند مقادیرِ عظیمی شیر تولید کند، اما پستان‌هایِ پاندول‌مانندِ بزرگش قویاً مانعِ فرارِ او از دستِ شیر می‌شوند. اسب‌هایِ تُروبِرد[1] در دویدن و پریدن یکه‌تازاند، اما، پاهای‌شان طیِ مسابقات، مستعدِ آسیب‌اند، مخصوصاً هنگامِ پریدن. این مثال نشان می‌دهد که انتخابِ مصنوعیْ آن‌ها را به وضعیتی کشانده است که برایِ انتخابِ طبیعی قابلِ تحمل نمی‌بود. افزون بر این، اسب‌هایِ تُروبِرد تنها با رژیمِ غنی‌ای رشد و نمو پیدا می‌کنند که انسان‌ها برایش تأمین می‌کنند. در حالی که، برایِ مثال، اسبچه‌هایِ بومیِ انگلیسی[2]، فقط با چریدن، سالم و سرِ حال رشد می‌کنند، اسب‌هایِ مسابقه‌ای بدونِ رژیمی غنی‌تر، که شاملِ غلات[3] و سایرِ مکمل‌هاست (که در طبیعت هم یافت نمی‌شوند)، قوّت نمی‌گیرند. در فصلی که دربارهٔ نبردِ تسلیحاتی است باز به این گونه موارد خواهم پرداخت.

## باز هم سگ‌ها

حال که سرانجام به مبحثِ انتخابِ طبیعی رسیدیم، می‌توانیم به مثالِ سگ‌ها باز گردیم و درس‌هایِ مهمِ دیگری از آن بیاموزیم. گفته بودم که سگ‌ها گرگ‌هایِ اهلی‌شده‌اند، اما، به کمکِ نظریه‌ای جالب، که باز هم رِیموند کوپینگر آن را به روشن‌ترین شکل بیان کرده است، باید آن را تلطیف کنم. ایدهٔ محوری این است که فرگشتِ سگ فقط در پیِ انتخابِ مصنوعی نبود. دستِ کم گرگ‌ها

---

[1] thoroughbred

[2] Britain's native pony

[3] grains

هم، با تطبیق دادنِ خود با زندگیِ انسان، نقشِ برابری در این مسئله داشتند. عمدهٔ اهلی‌سازیِ سگ ***خوداهلی‌سازی***[1]، نه به واسطهٔ انتخابِ مصنوعی، بلکه به واسطهٔ انتخابِ طبیعی، بوده است. مدت‌ها پیش از این که دست‌مان به تیشهٔ انتخابِ مصنوعی برسد، انتخابِ طبیعی، از پیش، گرگ‌ها را، بدونِ هیچ مداخلهٔ انسانی، به «سگ‌هایِ روستاییِ» خوداهلی‌شده بدل کرده بود. انسان‌ها تازه بعدها واردِ صحنه شدند و این سگ‌هایِ روستایی را، جداگانه و به طورِ گسترده، به نژادهایِ رنگارنگی تبدیل کردند که امروزه آذین‌بخشِ (اگر «آذین‌بخش» واژهٔ مناسبی باشد) مسابقاتِ کرافتس[2] و دیگر مسابقاتِ زیبایی (البته اگر «زیبایی» واژهٔ مناسبی باشد) و دیگر دستاوردها <در اصلاحِ نژادِ> سگان است.

کوپینگر اشاره می‌کند که وقتی حیواناتِ اهلی‌شده رها می‌شوند و نسل‌ها در طبیعتِ وحشی می‌گذرانند، معمولاً به چیزی همچون نیاکانِ وحشیِ خود شباهت می‌یابند. پس ما انتظار داریم که سگ‌هایِ وحشی تقریباً گرگ‌گونه شوند. اما چنین اتفاقی نمی‌افتد. بلکه چنین بر می‌آید که سگ‌هایی که در طبیعت رها می‌شوند به «سگ‌هایِ روستایی» یا سگ‌هایِ ولگردی[3] تبدیل می‌شوند که حولِ محلِ اسکانِ انسان‌ها در جهانِ سوم پرسه می‌زنند. این قضیه باورِ کوپینگر را قوت می‌بخشد که سگ‌هایی که بالاخره انسان‌هایِ اصلاحِ‌نژادکننده روی‌شان شروع به کار کردند دیگر گرگ نبودند. پیش از این، خود را به سگ تبدیل کرده بودند، سگ‌هایِ روستایی و سگ‌هایِ ولگرد (شاید هم سگ‌هایِ دینگو[4]).

سگ‌هایِ واقعی شکارچیانِ گروهی[5] هستند. سگ‌هایِ روستایی لاشخورهایی[1] هستند که معمولاً اطرافِ توده‌هایِ آشغال پیدای‌شان می‌شود. سگ‌ها هم لاشخوری می‌کنند، اما از لحاظِ خُلق

---

[1] self-domestication

[2] Crufts

[3] pye-dog

[4] dingo

[5] pack hunter

و خو برایِ خوردنِ پسماندهٔ غذاهایِ انسان مناسب نیستند؛ چرا که «فاصلهٔ گریز[2]» بالایی دارند. اگر حیوانی را مشغولِ غذا خوردن دیدید، می‌توانید فاصلهٔ گریزش را بسنجید. می‌توانید به آن نزدیک شوید و ببینید تا چه فاصله‌ای می‌گذارد به آن نزدیک شوید و پا به فرار نمی‌گذارد. برایِ هر گونه‌ای در هر شرایطی که فرض کنیم، «فاصلهٔ گریز»ی بهینه وجود دارد: فاصله‌ای که نه بیش از حد کوتاه و، در نتیجه، خطرناک و بی‌پروا باشد و نه آن‌چنان زیاد که حیوان مدام در حالِ فرار و بیش از حد ریسک‌گریز باشد. حیواناتی که وقتی خطری آن‌ها را تهدید می‌کند دیر پا به فرار می‌گذارند احتمالِ کشته شدن‌شان، هنگامِ بروزِ آن خطر، بیشتر است. چیزی که به اندازهٔ موردِ قبل بدیهی نیست این است که چیزی به عنوانِ فرارِ بیش از حد زود نیز وجود دارد. موجوداتی که زیادی ترسو هستند و سریع می‌گریزند هیچ‌گاه یک وعدهٔ شکم‌پرکن نصیب‌شان نمی‌شود؛ چرا که تا کوچک‌ترین اثری از خطر در افق پدیدار می‌شود پا به فرار می‌گذارند. برای ما انسان‌ها خیلی آسان است که متوجه نشویم ریسک‌گریزیِ بیش از حد چه خطراتی دارد. وقتی که می‌بینیم گوره‌خرها و شاخ‌درازان، در حالی که شیرها بر آن‌ها اشرافِ کامل دارند، با آرامش به چرا ادامه می‌دهند و تنها محتاطانه نیم‌نگاهی به آن‌ها دارند، تعجب می‌کنیم. علتِ تعجبِ ما این است که ریسک‌گریزیِ خودمان (یا ریسک‌گریزیِ راهنمایِ حیات‌وحش‌مان) ما را داخلِ لَندرُور میخکوب می‌کند، حتی وقتی که می‌دانیم در چند کیلومتریِ ما شیری وجود ندارد. دلیلش آن است که چیزی برایِ غلبه بر ترس‌مان در چنته نداریم. وعدهٔ غذایِ کامل‌مان را هم در اقامت‌گاهِ امنِ خود خواهیم خورد. اگر نیاکانِ وحشیِ ما بودند، هم‌دلیِ بیشتری با گوره‌خرهایِ ریسک‌پذیر می‌داشتند. آن‌ها هم، مانندِ گوره‌خرها، مجبور بودند بینِ خطرِ خورده شدن و هیچ نخوردن تعادل برقرار کنند. شکی نیست! احتمالِ حملهٔ شیر وجود دارد، اما بسته به تعدادِ اعضایِ گروه‌تان، این احتمال وجود داشت که شیر، به جایِ شما، یکی دیگر از اعضاء را بخورد. و، به هر حال، اگر هیچ وقت دل نمی‌کردید سرِ چشمه یا جایی که غذا یافت می‌شود

---

[1] scavenger

[2] flight distance

بروید، از گرسنگی یا تشنگی می‌مردید. این همان بده-و-بستان‌های اقتصادی است که تا کنون دو بار به آن اشاره کرده‌ایم.[ix]

نتیجهٔ این بحثِ جانبی این است که گرگِ وحشی، مانندِ هر حیوانِ دیگری، فاصلهٔ گریزی بهینه و متوازن (و به صورتِ بالقوه منعطف) بینِ بیش از حد جسورانه و بیش از حد گریزپا دارد. انتخابِ طبیعی می‌تواند در فاصلهٔ گریز تغییر ایجاد کند و به تناسبِ تغییراتی که به مرورِ زمان، طیِ فرگشت، رخ می‌دهند آن را رویِ پیوستار کم و زیاد کند. اگر منبعِ غذایِ سرشار و جدیدی، در قالبِ زباله‌هایِ روستایی، واردِ دنیایِ گرگ‌ها شود، انتخابِ طبیعی نقطهٔ بهینه را به قسمتِ کوتاه‌ترِ پیوستار مایل می‌کند؛ یعنی در جهتِ تردید در فرار هنگامِ نوشِ جان کردن از این منبعِ غنی.

تصورِ گرگ‌هایِ وحشی که در حاشیهٔ روستا از پس‌مانده‌هایِ غذایی تغذیه می‌کنند برایِ ما ساده است. بیشترِ آن‌ها، که می‌ترسند کسی به سمتِ آن‌ها سنگ یا نیزه پرتاب کند، فاصلهٔ گریزِ بلندی دارند. به محضِ این که انسانی واردِ آن محدوده شود، به سمتِ آغوشِ امنِ بیشه‌زار، پا به فرار می‌گذارند. اما، به خاطرِ شانسِ ژنتیکی، چنین پیش می‌آید که عده‌ای از گرگ‌ها فاصلهٔ گریزِ کمتری نسبت به میانگین دارند. آمادگیِ آن‌ها برایِ ذره‌ای ریسک کردن (می‌توانیم بگوییم که آن‌ها شجاع‌اند، اما بی‌پروا نیستند) باعث می‌شود که بتوانند، نسبت به رقبایِ ریسک‌گریزشان، غذایِ بیشتری را به دست آورند. با گذشتِ نسل‌ها، انتخابِ طبیعی به نفعِ فاصلهٔ گریزِ کمتر و کمتری عمل می‌کند، تا آستانه‌ای که واقعاً انسان‌هایِ سنگ‌پرتاب‌کننده گرگ‌ها را در معرضِ خطر قرار دهند. دلیلِ تغییرِ فاصلهٔ گریز منابعِ غذایی هستند که به تازگی برایِ گرگ‌ها مهیا شده‌اند.

از دیدِ کوپینگر، نخستین گام در اهلی‌سازیِ سگ همین کوتاه‌شدنِ فرگشتیِ فاصلهٔ گریز یا چیزی از این نوع بوده است، و عاملِ آن هم انتخابِ طبیعی بوده است، نه انتخابِ مصنوعی. کاهشِ فاصلهٔ گریز مقیاسی رفتاری است که می‌توان آن را افزایشِ رام‌بودن[1] تلقی کرد. در این مرحله از

[1] tameness

فرآیند، انسان‌ها، از قصد، رام‌ترین‌ها را برایِ اصلاحِ نژاد انتخاب نمی‌کرده‌اند. در این مرحلهٔ اولیه، دشمنی یگانه رابطهٔ میانِ انسان و این سگ‌هایِ نخستین بود. اگر گرگ‌ها اهلی شده‌اند این کار خوداهلی‌سازی بوده است، نه اهلی‌سازیِ عمدی به دستِ انسان. اهلی‌سازیِ عمدی بعداً واردِ کار شد.

با بررسیِ آزمایشی در عصرِ حاضر بر رویِ رام‌سازیِ روباه‌هایِ نقره‌ایِ روسی[1]، برایِ استفاده در تجارتِ پوست، می‌توانیم شکل‌گیریِ رام‌بودن، یا هر ویژگیِ دیگری را، (چه به صورتِ طبیعی و چه مصنوعی) بهتر درک کنیم. این آزمایش از دو جهت جالب است. نخست، به خاطرِ نکته‌ای که به ما می‌آموزد و بسیار فراتر از چیزی است که داروین می‌دانست: درسی دربارهٔ فرآیندِ اهلی‌سازی، دربارهٔ «پیامدهایِ جانبیِ» انتخابِ طبیعی. دوم، به دلیلِ نشان دادنِ شباهتی که بینِ انتخابِ طبیعی و مصنوعی وجود دارد و داروین به خوبی از آن آگاه بود.

روباهِ نقره‌ای تنها یکی از تنوع‌هایِ رنگیِ روباهِ سرخِ معمول، *وولپس ووولپس*[2]، است که اهمیتِ آن به رنگِ خَزش است. دیمیتری بیلایف[3]، متخصصِ ژنتیکِ روسی، در دههٔ ۱۹۵۰، برایِ ادارهٔ یک مزرعهٔ تولیدِ خَز استخدام شد. او بعدها اخراج شد؛ چرا که ژنتیکِ علمیِ او با ایدئولوژیِ ضدِ علمیِ لیسیینکو[4] در تضاد بود. لیسیینکو زیست‌شناسِ شارلاتانی بود که توانسته بود دمِ استالین را ببیند و، از این طریق، کلِ علمِ ژنتیک و کشاورزیِ شوروی را، به مدتِ حدودِ بیست سال، قبضه کرد و آن را، تا حدِ زیادی، به نابودی کشاند. عشقِ بیلایف به روباه و ژنتیکِ واقعی و عاری-از-لیسیینکو به قوتِ خود باقی ماند و بعدها توانست، به عنوانِ مدیرِ مؤسسهٔ ژنتیکِ سیبری[5]، دوباره به مطالعه در این زمینه‌ها بپردازد.

---

[1] Russian silver fox

[2] *Vulpes vulpes*

[3] Dimitri Belayev

[4] Lysenko

[5] Institute of Genetics in Siberia

کار با روباه‌های وحشی دشوار است و بیلایف، از عمد، عزم آن کرد که آن‌ها را برای رام‌بودن اصلاح نژاد کند. روش او، مانند هر پرورش‌دهندهٔ حیوان یا گیاه دیگری در زمان خودش، این بود که از تنوع طبیعی موجود بهره جوید (در آن زمان مهندسی ژنتیک وجود نداشت) و نر و ماده‌هایی را برای جفت زدن انتخاب کند که به آرمانی که در ذهن داشت بیشترین قرابت را داشته باشند. به منظور انتخاب برای رام‌بودن، بیلایف می‌توانست نرها و ماده‌هایی را جفت بزند که بیش از همه به دلش می‌نشست یا با بامزه‌ترین حالت چهره به او می‌نگریستند. شاید چنین کاری می‌توانست تأثیر مطلوب را داشته باشد و نسل‌های آیندهٔ رام‌تری را تحویل دهد. اما او از روش نظام‌مندتری استفاده کرد که ارتباط نزدیکی به «فاصلهٔ گریز»ی دارد که، به تازگی، در مبحث گرگ‌های وحشی به آن اشاره کردیم. اما او این روش را روی توله‌های روباه پیاده کرد. بیلایف و همکارانش و کسانی که بعد از وی آمدند (چرا که این برنامهٔ آزمایشی پس از مرگ او نیز ادامه یافت) توله‌ها را تحت آزمایش‌هایی استاندارد قرار دادند. آزمایش‌گر با دست به توله غذا می‌داد و، در همان حین، سعی می‌کرد که او را ناز کند. توله‌ها به سه دستهٔ مختلف تقسیم شدند. دستهٔ ۳ توله‌هایی بودند که از فرد فرار می‌کردند یا او را گاز می‌گرفتند. دستهٔ ۲ توله‌هایی بودند که می‌گذاشتند آزمایش‌گر به آن‌ها دست بزند، اما واکنش مثبتی هم به وی نشان نمی‌دادند. دستهٔ ۱ توله‌هایی بودند که از همه رام‌تر بودند. آن‌ها به آزمایش‌کنندگان نزدیک می‌شدند، برای‌شان دم تکان می‌دادند، و صدا در می‌آوردند. وقتی که توله‌ها بزرگ می‌شدند، آزمایش‌کنندگان به طور نظام‌مند تنها از این دسته، که از همه رام‌تر بودند، برای جفت زدن انتخاب می‌کردند.

تنها پس از شش نسل از چنین پرورش انتخابی برای رام‌بودن، روباه‌ها چنان تغییر کرده بودند که آزمایش‌گران به این نتیجه رسیده بودند که باید دسته‌ای جدید برای‌شان تعریف کرد: دستهٔ «طبقهٔ برتر اهلی‌شده»، دسته‌ای که «مشتاق به تماس با انسان است، با زوزه کردن توجه انسان را جلب می‌کند، و، مانند سگ‌ها، آزمایش‌گران را بو می‌کشد و می‌لیسد. در آغاز آزمایش، هیچ یک از روباه‌ها در دستهٔ طبقهٔ برتر قرار نمی‌گرفت. پس از ده نسل پرورش انتخابی برای رام‌بودن، ۱۸ درصد

روباه‌ها جزءِ «طبقهٔ برتر» بودند. پس از بیست نسل، این نسبت به ۳۵ درصد رسید. سرانجام، پس از سی تا سی‌وپنج نسل، ۷۰ تا ۸۰ درصدِ جمعیتِ آزمایش را «طبقهٔ برتر» تشکیل می‌داد.

شاید اگر این نتایج با چنین گستردگی و سرعتِ خارق‌العاده‌ای رخ نمی‌دادند چندان غافلگیرکننده نمی‌بودند. سی‌وپنج نسل، در مقیاسِ زمانیِ زمین‌شناسی[1]، اصلاً چیزی به حساب نمی‌آید. اما نتیجهٔ جالب‌تر پیامدهایِ جانبیِ پیش‌بینی‌نشدهٔ پرورشِ انتخابی برایِ رام‌بودن بود. این نتایج واقعاً جالبِ‌توجه و غیرِ قابلِ پیش‌بینی بودند. اگر داروینِ عاشقِ سگ از آن‌ها باخبر می‌شد حسابی حظ می‌کرد. روباه‌هایِ اهلی نه تنها از لحاظِ رفتاری، بلکه از لحاظِ ظاهری هم به سگ شباهت پیدا کرده بودند. خزهایِ روباه‌گونهٔ خود را از دست دادند و دورگهٔ سیاه و سفید شدند، مثلِ سگِ گلهٔ ولزی[2]. گوش‌هایِ منعطفِ سگ‌گون جایِ گوش‌هایِ سیخِ روباه‌گونِ آن‌ها را گرفته بود. آخرِ دم‌هایشان سر بالا شده بود و دیگر به دمِ پرپشتِ روباه شباهتی نداشتند. روباه‌هایِ ماده، به جایِ این که، مانندِ دیگر روباه‌ها، هر یک سال راغب به جفت‌گیری شوند، مانندِ سگ‌ها، هر شش ماه میل‌شان بالا می‌زد. بنا به گفتهٔ بیلایِف، حتی صدای‌شان هم مثلِ سگ شده بود.

[1] geological timescale

[2] Welsh collie

**شکل ۹ - بیلایِف و روباه‌هایش، مادامی که رام و سگ‌مانند می‌شدند**

این ویژگی‌هایِ سگ‌مانند البته پیامدهایِ جانبی بودند. بیلایِف و گروهش از عمد برایِ دست‌یابی به آن‌ها پرورشِ انتخابی نکردند؛ هدف‌شان دست‌یابی به رام‌بودن بود. به نظر می‌رسد که آن ویژگی‌هایِ سگ‌مانند دنبالهٔ «پالتویِ» فرگشتیِ ژن‌هایِ رام‌بودن را گرفته و دنبالِ آن‌ها آمده است. این موضوع برایِ متخصصانِ ژنتیک غریب نیست. آن‌ها پدیده‌ای همه‌گیر، به نامِ «پلیوتروپی[1]» یا «چندنمودی»، را به رسمیت می‌شناسند. چندنمودی یعنی این که ژن‌ها بیش از یک اثر دارند که به ظاهر نامرتبط هستند. تأکید بر رویِ واژهٔ «به ظاهر» است. رشدِ نوزاد فرآیندِ پیچیده‌ای است. هر چه بیشتر از جزئیات سر در می‌آوریم، عبارتِ «به ظاهر نامرتبط» به «مرتبط از طریقی که اکنون آن را درک می‌کنیم و، در گذشته، از آن اطلاعی نداشتیم» تغییر می‌یابد. احتمالاً ژن‌هایِ تولیدکنندهٔ گوش‌هایِ منعطف و خزهایِ دورگه به صورتی چندنمودی با ژن‌هایِ رام‌بودن، هم در روباه و هم در سگ، مرتبط هستند. این موضوع نکتهٔ مهمی را دربارهٔ فرگشت به ما می‌آموزد. اگر با دیدنِ یک

[1] pleiotropy

ویژگی در یک حیوان دربارهٔ ارزشِ بقاییِ داروینیِ آن برای‌تان سؤال پیش آمد، احتمالاً سؤال‌تان خطاست. ممکن است ویژگی‌ای که رویِ آن تمرکز کرده‌اید ویژگیِ مهمی نباشد. ممکن است «با آن ویژگی هم‌سفر شده باشد» و، در پیِ فرگشت، از طریقِ دیگر ویژگی‌هایی که به صورتِ چندنمودی با آن‌ها در ارتباط است، پایش به این‌جا باز شده باشد.

پس، اگر حرفِ کوپینگر درست باشد، فرگشتِ سگ صرفاً حاصلِ انتخابِ مصنوعی نبود، بلکه ترکیبی پیچیده است از انتخابِ طبیعی (که در نخستین مرحله‌هایِ اهلی‌سازی غالب بود) و انتخابِ مصنوعی (که نزدیک‌تر به عصرِ ما واردِ صحنه شد). این گذار بدونِ وقفه بوده است و این حقیقت، همان‌گونه که داروین هم دریافته بود، بر شباهتِ میانِ انتخابِ طبیعی و انتخابِ مصنوعی تأکید می‌کند.

## باز هم گل‌ها

حال، در سومین مرحله از گرم کردن و آمادگی برایِ فهمِ انتخابِ طبیعی، به سر وقتِ گل‌ها و گرده‌افشان می‌رویم و به نظارهٔ بخشی از قدرتِ انتخابِ طبیعی در پیشبردِ فرگشت خواهیم نشست. زیست‌شناسیِ گرده‌افشانی حقایقی شگفت را بر ما آشکار می‌سازد. اوجِ این شگفتی را می‌توان در ارکیده‌ها مشاهده کرد. جایِ شگفتی نیست که داروین این همه درباره‌شان کنجکاو بوده است و جایِ شگفتی نیست که کتابی را که قبلاً به آن اشاره کرده‌ام، ***چندین روشِ خلاقانهٔ باروریِ ارکیده‌ها توسطِ حشرات***[1]، *دربارهٔ آن‌ها* نوشته است. بعضی از ارکیده‌ها، مانندِ «گلوله‌هایِ جادوییِ» ماداگاسکار، که پیشتر دربارهٔ آن‌ها صحبت کردیم، به گرده‌افشان‌ها شهد می‌دهند. اما برخی دیگر راهی یافته‌اند که، با فریفتنِ گرده‌افشان‌ها، از پرداختِ هزینه برایِ تغذیهٔ آن‌ها اجتناب کنند. ارکیده‌هایی هستند که به زنبورِ عسل (یا زنبور یا مگسِ) ماده شباهت دارند. این شباهت به

[1] The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects

قدری است که که نرها را گول می‌زند و آن‌ها را به جفت‌گیری با آن‌ها ترغیب می‌کند. این شباهت تا جایی پیش می‌رود که این گل‌ها به ماده‌هایِ گونهٔ خاصی شباهت دارند. این شباهت به گونه‌ای است که نرهایِ آن گونه، همچون گلوله‌هایی جادویی، از گلی به گلی دیگر و از ارکیده‌ای به ارکیده‌ای دیگر، پرواز می‌کنند. حتی اگر این ارکیده‌ها شباهتی کلی به زنبور داشته باشند و به زنبوری خاص شبیه نباشند، این شباهت آن‌قدر هست که زنبورانِ عسل را بفریبد تا برایش تا اندازه‌ای نقشِ «گلولهٔ جادوییِ» را ایفا کنند. اگر من و شما به ارکیدهٔ مگس یا زنبورِ عسل نگاه کنیم (تصویرِ رنگی ۵)، می‌فهمیم که حشره‌ای واقعی نیستند، اما اگر نگاه‌مان گذرا و گوشه‌چشمی باشد، گول خواهیم خورد. و حتی وقتی که مستقیم به ارکیدهٔ زنبورِ عسلِ تصویرِ (چ) نگاه می‌کنم، خواهم گفت که بیشتر به خرزنبوریان[1] شبیه است تا زنبورِ عسل. حشراتْ چشمانی مرکب[2] دارند که به دقتِ چشمانِ دوربینیِ[3] ما انسان‌ها نیست. از این رو، شکل و رنگِ ارکیده‌هایی که به حشرات شباهت دارند به همراهِ رایحهٔ فریبنده‌شان، که به رایحهٔ حشراتِ ماده مانند است، برایِ گول زدنِ نرها زیاد هم هست. در ضمن، این احتمال وجود دارد که این شباهت در طیفِ فرابنفش، که ما قادر به دیدنش نیستیم، بیشتر هم باشد.

ارکیدهٔ عنکبوتی[4]، *براسیا*[5]، (تصویرِ رنگی ۵ (ذ))، با حیلهٔ دیگری گرده‌افشانی را میسر می‌کند. ماده‌هایِ چند گونهٔ زنبورانِ منزوی[6] — به این دلیل به آن‌ها منزوی گفته می‌شود که مانندِ حشراتِ معمولِ پاییزی، که آمریکایی‌ها به آن‌ها ژاکت‌زرد[7] (در فارسی «زنبورِ زرد») می‌گویند، به صورتِ

---

[1] bumble bee

[2] compound eyes

[3] camera eyes

[4] spider orchid

[5] *Brassia*

[6] solitary wasp

[7] yellowjacket

اجتماعی و در لانه‌هایی بزرگ زندگی نمی‌کنند — عنکبوت‌ها را به دام می‌اندازند، آن‌ها را نیش می‌زنند، و رویِ آن‌ها تخم می‌گذارند تا لارْوهایشان از منبعِ تغذیه‌ای زنده تغذیه کنند. شباهتِ ارکیدهٔ عنکبوتی به عنکبوت آن قدر هست که زنبورهایِ ماده را به نیش زدنش راغب کند. در این حین، توده‌ای از گردهٔ تولیدیِ ارکیده را با خود بر می‌دارند. وقتی که به پروازِ خود ادامه می‌دهند و ارکیدهٔ عنکبوتیِ دیگری را نیش می‌زنند، تودهٔ گرده به آن ارکیده انتقال می‌یابد. در ضمن، دلم نمی‌آید از موردِ دقیقاً برعکسِ آن بگذرم. عنکبوتِ *اپیکادوس هترِوگسترِ*[1] حشره‌ای است که شکلِ ارکیده را تقلید می‌کند. حشرات به امیدِ نوشیدنِ شهد به سراغِ این «گل» می‌آیند، اما سریعاً خورده می‌شوند.

در غربِ استرالیا، می‌توان بعضی از این ارکیده‌هایِ شگفت‌انگیز را، که چنین حقه‌ای را سوار می‌کنند، پیدا کرد. چندین گونه از سردهٔ[2] *دراکیا*[3] به نامِ ارکیده‌هایِ چکشی[4] معروف‌اند. هر یک از این گونه‌ها، با گونهٔ خاصی از زنبور از نوعِ ثینید[5]، رابطهٔ خاصی دارد. قسمتی از این گل شباهتی ناشیانه به حشره دارد و ثینیدِ نر را گول می‌زند تا با او تلاش به جفت‌گیری کند. تا این جایِ بحث، *دراکیا* تفاوتِ چندانی با ارکیده‌هایی شبیه-به-حشره ندارد. اما *دراکیا* یک حقهٔ مثال‌زدنیِ دیگر هم رو می‌کند: زنبورِ جعلی در انتهایِ یک بازویِ متصل با یک «لولا» با «آرنج»ی منعطف قرار دارد. این لولا را به وضوح می‌توانید در تصویر ببینید (تصویرِ رنگی ۵ (چ)). حرکتِ بال‌بال-زدن-مانندِ زنبورِ تقلبی «آرنج» را خم می‌کند و زنبور مکرراً، مانندِ یک چکش، بر سمتِ دیگرِ گل (بگذارید به آن سندان بگوییم) کوبیده می‌شود که اعضایِ جنسی‌اش در آن است. تودهٔ گرده از آن‌جا بیرون می‌زند و به زنبور می‌چسبد. زنبور هم بالاخره خود را خلاص کرده و پروازکنان فرار می‌کند. زخم دیده، اما

---

[1] *Epicadus heterogaster*

[2] genus

[3] *Drakaea*

[4] hammer orchid

[5] thynnid

عبرت نگرفته است. می‌رود و همین نمایش را رویِ ارکیدهٔ چکشیِ دیگری اجرا می‌کند و تودهٔ گرده‌ای را که با خود دارد مرتب رویِ سندانِ گل می‌کوبد. بدین طریق، بارش رویِ منزلِ از-پیش-مقرر-شده‌اش رویِ اندامِ مادگیِ گل تخلیه می‌شود. من فیلمِ این نمایشِ حیرت‌برانگیز را در یکی از سخنرانی‌هایم در مراسمِ سخن‌رانیِ کریسمس برایِ کودکانِ مؤسسهٔ سلطنتی[1] نشان دادم و می‌توانید آن را در فیلمی که از رویِ آن ضبط شده است، تحتِ عنوانِ «باغِ فرابنفش[2]»، ببینید.

در سخن‌رانی‌ای مشابه، دربارهٔ «ارکیدهٔ سطلیِ[3]» آمریکایِ جنوبی صحبت کردم. این گل با روشی نسبتاً متفاوت، اما به یک اندازه حیرت‌انگیز، گرده‌افشانی را میسر می‌کند. آن‌ها هم گرده‌افشان‌هایِ مخصوص دارند، نه زنبورهایِ بی‌عسل، بلکه زنبورانِ عسلِ متعلق به گروهِ یوگلوسینی[4]. این ارکیده‌ها هم شهدی تولید نمی‌کند. اما زنبورانِ عسل را هم به جفت‌گیری با خود وا نمی‌دارند. بلکه کمکی حیاتی به زنبورانِ عسلِ نر می‌کنند که بدونِ آن قادر به جذبِ ماده‌هایِ واقعی نیستند.

این زنبورانِ عسلِ کوچک، که در آمریکایِ جنوبی زندگی می‌کنند، عادتِ عجیبی دارند. خود را به هزار آب و آتش می‌زنند تا عطر، یا هر ماده‌ای که بویِ خاصی داشته باشد، جمع‌آوری کنند و آن‌ها را در مخازنِ مخصوصی، که به پاهای عقبیِ بزرگ‌شان وصل است، نگه می‌دارند. در گونه‌هایِ مختلف، این موادِ بودار ممکن است از گُل، چوبِ خشک، یا حتی فضولات جمع‌آوری شوند. به نظر می‌رسد که آن‌ها عطرهایی را که جمع کرده‌اند برایِ جذب یا ابرازِ علاقه به ماده‌ها به کار می‌برند. بسیاری از حشرات، برایِ این که به چشمِ جنسِ مخالف خوش بیایند، از رایحه‌هایِ مختلفی استفاده می‌کنند. بیشترشان این عطرها را در غده‌هایِ[5] مخصوصِ خود تولید می‌کنند. برایِ

---

[1] Royal Institution Christmas Lectures for Children

[2] The Ultraviolet Garden

[3] bucket orchid

[4] Euglossine

[5] gland

مثال، کرمِ ابریشمِ ماده[1] نرها را از فاصله‌ای بسیار دور به خود جذب می‌کند. آن‌ها بویی خاص را تولید و پخش می‌کنند و نرها، به کمکِ شاخک‌های‌شان، از کیلومترها فاصله اثراتِ جزئیِ به جا ماندهٔ آن را بو می‌کشند. در میانِ زنبورانِ عسلِ یوگلوسینی، این نرها هستند که از بو استفاده می‌کنند. و، بر خلافِ کرم‌هایِ ابریشمِ ماده، خودشان آن را تولید نمی‌کنند، بلکه از ترکیباتِ بوداری که جمع‌آوری کرده‌اند استفاده می‌کنند. نرها آن‌ها را به صورتِ خالص استفاده نمی‌کنند، بلکه آن‌ها را همچون عطارانی ماهر، در نسبت‌هایِ مناسب، با هم می‌آمیزند. هر گونهٔ زنبور ترکیبِ معطرِ خاصی از بوهایِ گردآوری‌شده از منابعِ مختلف را تولید می‌کند. و گونه‌هایی از زنبورِ عسلِ یوگلوسینی هستند که برایِ تولیدِ عطرِ مخصوصِ گونهٔ خود، بی‌برو-برگرد، به موادی نیاز دارند که گل‌هایِ گونهٔ خاصی از سردهٔ ارکیده تولید می‌کنند. این سردهٔ خاص همان ارکیدهٔ سطلی، با نامِ علمیِ *کوریانتس*[2]، است. نامِ رایجِ زنبورِ عسلِ یوگلوسینی «زنبورِ عسلِ ارکیده» است.

چه وابستگیِ دوطرفهٔ پیچیده‌ای! ارکیده‌ها برایِ نیازِ آشنایِ «گلولهٔ جادوییِ» به زنبورانِ عسلِ یوگلوسینی نیاز دارند و زنبورانِ عسل به دلیلِ چیزی عجیب و غریب‌تر. آن‌ها فقط در صورتی می‌توانند زنبورانِ عسلِ ماده را به خود جذب کنند که موادی را جمع‌آوری کنند که تهیه‌شان غیرِ ممکن یا دستِ کم خیلی مشکل است و تنها با مساعدتِ ارکیدهٔ سطلی فراهم می‌شود. اما گرده‌افشانی به نحوی میسر می‌شود که از این هم عجیب و غریب‌تر است و باعث می‌شود که زنبورِ عسل بیشتر همچون یک قربانی دیده شود تا یک همکار.

زنبورِ عسلِ یوگلوسینی، از طریقِ بویِ موادی که برایِ تولیدِ عطرِ جنسی‌اش نیاز دارد، به گلِ ارکیده جذب می‌شود. او رویِ لبهٔ «سطلِ» ارکیده می‌نشیند و به خراشیدنِ عطرِ مومماننِد آن و انتقالِ آن به حفره‌هایِ مخصوصِ نگه‌داریِ عطر در پاهایش مشغول می‌شود. اما لبهٔ سطل لیز است و حکمتی پشتِ آن است. زنبورِ عسل داخلِ سطل، که از مایع پر شده است، می‌افتد و در آن دست و پا می‌زند،

---

[1] silk moth

[2] *Coryanthes*

ولی نمی‌تواند از دیواره‌های لیزِ سطل بالا برود. تنها یک راهِ فرار وجود دارد و آن هم سوراخی هم‌اندازهٔ زنبورِ عسل است که رویِ دیوارهٔ سطل وجود دارد (در تصویرِ رنگی ۴ مشخص نیست). «سنگ‌چین‌هایِ راهنما» مسیر را به سمتِ روزنه نشان می‌دهند و زنبور، با تقلا آن را طی می‌کند. راه تنگ است و با تنگ‌تر شدنِ «فک‌های گیره» تنگ‌تر و بسته‌تر هم می‌شود و زنبور را گیر می‌اندازد. (می‌توانید این «آرواره‌ها» را در تصویر ببینید که به سه‌نظامِ یک دستگاهِ تراش یا متهٔ برقی شباهت دارند.) همان طور که در دستِ آن‌ها اسیر است، دو تودهٔ گرده را مانندِ چسب رویِ پشتش می‌مالند. خشک شدنِ «چسب» زمان می‌برد و پس از آن «فک‌ها» شل می‌شود و زنبورِ عسل را رها می‌کند. زنبور هم، در حالی که تودهٔ گرده به پشتش چسبیده است، فرار می‌کند. زنبورِ نر، که همچنان به دنبالِ ترکیباتِ ارزشمند برایِ عطاریِ خویش است، بر رویِ ارکیدهٔ سطلیِ دیگری فرود می‌آید و این فرآیند دوباره تکرار می‌شود. اما این بار، همین طور که زنبورِ نر برایِ رهایی از سوراخِ درونِ سطل تقلا می‌کند، تودهٔ گردهٔ چسبیده به وی جدا می‌شود و کُلالهٔ[1] آن را بارور می‌کنند.

رابطهٔ نزدیکِ بینِ گل‌ها و گرده‌افشان‌های‌شان مثالی زیباست از هم‌فرگشت، یا فرگشتِ هماهنگ با هم‌دیگر، است. هم‌فرگشت معمولاً در ارگانیسم‌هایی رخ می‌دهد که از یک‌دیگر سود می‌برند؛ ارگانیسم‌هایی که شراکتی دارند که در آن هر کدام از طرف‌هایِ معامله چیزی به دیگری می‌دهد و هر دو از همکاریِ با هم سود می‌برند. مثالِ زیبایِ دیگر روابطی است که به طورِ مستقل در بسیاری از نقاطِ جهان، حولِ صخره‌هایِ مرجانی[2]، میانِ ماهی‌هایِ تمیزکننده[3] و ماهی‌هایِ بزرگ‌تر، شکل می‌گیرند. ماهی‌هایِ تمیزکننده گونه‌هایِ مختلفی دارند و برخی حتی ماهی هم نیستند، بلکه میگو[4] هستند. این‌ها نمونه‌هایِ جالبی از فرگشتِ همگرا هستند. تمیزکاری در میانِ ماهی‌هایِ

[1] stigma

[2] coral reef

[3] cleaner fish

[4] shrimp

صخره‌های مرجانی روشِ مرسومی برایِ زندگی است، همان گونه که شکار، چَرا، و مورچه‌خواری در میانِ پستان‌داران پذیرفته و مرسوم است. ماهیانِ تمیزکننده با جدا کردنِ انگل از بدنِ «مشتریانِ» بزرگ‌ترِ خود گذرانِ حال می‌کنند. سودِ این ماهیان برایِ مشتریان‌شان به خوبی ثابت شده است. در آزمایشی، حذفِ ماهیانِ تمیزکننده از محیطِ آزمایشیِ یک صخرهٔ مرجانی باعثِ زوالِ در سلامتِ بسیاری از گونه‌هایِ ماهی شد. دربارهٔ عادتِ تمیز کردن در جایِ دیگری سخن گفته‌ام. از این رو، در این‌جا بیشتر از این به آن نمی‌پردازم.

هم‌فرگشت می‌تواند بینِ گونه‌هایی هم که از حضورِ هم سود نمی‌برند رخ دهد، مثلِ درندگان و شکارشوندگان یا انگل‌ها و میزبان‌های‌شان. به چنین هم‌فرگشتی گاه «نبردِ تسلیحاتی» هم گفته می‌شود. بحث پیرامونِ این موضوع را به فصلِ ۱۲ موکول می‌کنم.

## طبیعت در قامتِ عاملِ انتخاب‌گر

بگذارید این فصل و فصلِ قبل را به نتیجه برسانم. انتخاب در قالبِ انتخابِ مصنوعی توسطِ انسان‌هایِ اصلاح‌نژادکننده می‌تواند، طیِ تنها چند قرن، سگ‌هایِ ولگرد را به پکینز یا کلمِ وحشی را به گل‌کلم تبدیل کند. تفاوتِ میانِ دو نژادِ سگ ایده‌ای تقریبی از تغییراتِ فرگشتیِ ممکن در کمتر از یک هزاره به ما می‌دهد. سؤالی که باید در گامِ بعد پرسید این است که چند هزاره در اختیار داشته‌ایم که بتواند کلِ تاریخِ حیات را توجیه کند؟ اگر فقط به تفاوت‌هایی که سگ‌هایِ ولگرد را از سگِ پکینز متمایز می‌کند نگاه کنیم، که فقط ظرفِ چند قرن فرگشت پدید آمده‌اند، چه مدت زمانِ بیشتری باید به عقب باز گردیم تا به آغازِ فرگشت یا، مثلاً به آغازِ پستان‌داران برسیم؟ یا به زمانی که ماهی رویِ خشکی پدیدار شد؟ پاسخ این است که حیاتْ میلیون‌ها سال پیش پدید آمده است، نه همین چند قرنِ پیش. سنِ اندازه‌گیری‌شدهٔ سیارهٔ ما حدودِ ۴/۶ میلیارد سال یا ۴۶ میلیون قرن است. از زمانی که نخستین جدِ مشترکِ پستان‌دارانِ امروزی پا بر زمین گذاشته است حدودِ دو میلیون قرن می‌گذرد. یک قرن هم برایِ ما طولانی به نظر می‌رسد. آیا توانِ تصورِ دو میلیون قرنِ پیاپی را دارید؟ از زمانی که نخستینِ جدِ ما، که ماهی بود، از آب به خشکی خزید حدودِ سه و نیم میلیون قرن

می‌گذرد. یعنی حدودِ بیست هزار برابرِ زمانی که این همه نژادِ مختلفِ سگ، که واقعاً از هم متفاوت‌اند، از جدّی مشترک پدید آمدند.

تصویری را از میزانِ تفاوتِ میانِ سگِ پکینز و سگ‌هایِ ولگرد در ذهنِ خود مجسم کنید. نیازی نیست دقیق باشد. تفاوتِ میانِ هر دو نژادِ مختلف سگ را که مایلید می‌توانید تصور کنید؛ چرا که، به طورِ متوسط، این تفاوت دو برابرِ تغییری است که از زمانِ جدِ مشترک، از طریقِ انتخابِ مصنوعی، به وجود آمده است. این مراتبِ تغییراتِ فرگشتی را در ذهن داشته باشید و همین خط را تا بیست هزار سال قبل از آن دنبال کنید. آن‌گاه پذیرشِ این نکته تقریباً ساده می‌شود که فرگشت از پسِ میزان تغییرِ لازم برایِ تبدیلِ ماهی به انسان بر آمده باشد.

اما، در چنین تصوری، فرض گرفته می‌شود که سنِ زمین را می‌دانیم و از تغییراتِ مهمی که در فسیل‌هایِ به‌جامانده هویداست آگاهیم. بنیانِ این کتاب بر شواهد نهاده شده است. پس نمی‌توانم به بیانِ تاریخ‌هایِ مختلف بسنده کنم، بلکه باید آن‌ها را اثبات کنم. در واقع، از کجا می‌توانیم سنِ سنگی خاص را بفهمیم؟ چگونه می‌توانیم سنِ یک فسیل را تخمین بزنیم؟ قدمتِ زمین را چگونه می‌توانیم تخمین بزنیم؟ یا اصلاً، از کجا می‌دانیم که قدمتِ گیتی چه قدر است؟ برایِ این کار به ساعت‌هایِ مختلف نیاز داریم و این ساعت‌ها موضوعِ فصلِ آینده هستند.

---

[i] مانندِ تمامِ گل‌هایِ خانوادهٔ مینا، هر «گل» در واقع مجموعه‌ای از چندین گلِ کوچک‌تر (گلچه) است که حولِ صفحهٔ سیاهی که در وسط قرار دارد گردِ هم آمده‌اند. گل‌برگ‌هایِ زردی که دورِ گلِ آفتاب‌گردان را احاطه کرده‌اند در حقیقت گل‌برگ‌هایِ گلچه‌هایی هستند که در لبه قرار دارند. بقیهٔ گلچه‌هایِ صفحه هم گل‌برگ دارند، اما آن قدر ریز هستند که دیده نمی‌شوند.

[ii] شاید به دلیلِ این که آفتاب‌گردان متعلق به برِّ جدید است نامی از آن در کتابِ مقدس نیامده است. اذهانِ مذهبی هم از زیباییِ این قواعدِ رژیمی لذت می‌برند و هم از هوشمندیِ لازم برایِ دور

زدنِ آن‌ها. در آمریکایِ جنوبی، کاپی‌باراها (نوعی خوکچهٔ هندیِ غول‌پیکر) به افتخارِ ماهی بودن نائل شدند و در سیاههٔ غذاهای ممنوعهٔ کاتولیک‌ها قرار نمی‌گرفتند (حتماً چون در آب زندگی می‌کردند). به استنادِ دوریس رینولدز، که دربارهٔ غذا می‌نوشت، شکم‌پرستانِ کاتولیکِ فرانسوی کلکی مرغابی برایِ خوردنِ گوشت در روزِ جمعه پیدا کرده بودند: پایِ بره را در چاه فرو ببرید و آن را هم‌چون ماهی از آب بگیرید. حتماً تصورشان این است که راحت می‌توان سرِ خدا شیره مالید.

[iii] اُلیورِ مورتُن (Oliver Morton)، با بیانی احساسی و تأثیرگذار، این موضوع و موضوعاتِ مرتبطِ دیگر را در کتابش، تحتِ عنوانِ ***خوردنِ خورشید*** (*Eating the Sun*)، به بحث می‌گذارد.

[iv] دستِ کم دلیلی ندارد که فکر کنیم آن‌ها از زیبایی لذت می‌برند یا، در واقع، به آن معنایی که ما فکر می‌کنیم، از چیزی لذت ببرند. در فصلِ ۱۲، دوباره به این وسوسهٔ دیرپا خواهم پرداخت.

[v] که نامِ آن‌ها برگرفته از «سگ‌هایِ فراوان با جثه‌هایِ بزرگ» است که در ***تاریخِ طبیعیِ*** پلینی از آن یاد شده است.

[vi] برایِ نمونه، گله‌ای زندگی کردنِ سگ‌هایِ گله از رفتارِ تعقیبِ گرگ‌ها گرفته شده است، اما منهایِ قسمت آخرش که کشتن است.

[vii] تأثیری در مطلبی که می‌خواهم برسانم ندارد، اما این موضوع فقط در موردِ قلابچه ماهیِ ماده صدق می‌کند. نرها معمولاً همچون کوتوله‌هایی هستند که همچون انگل به بدنِ ماهیِ ماده می‌چسبند و شبیه به باله‌ای اضافه می‌نمایند.

[viii] این *شایعهٔ دروغ* و معروف که هیتلر از داروین الهام گرفته بود تا اندازه‌ای از این حقیقت نشأت گرفته است که داروین و هیتلر، هر دو، مجذوبِ چیزی بودند که قرن‌ها بود همه از آن باخبر بودند: این که می‌توان، برایِ دستیابی به ویژگی‌هایِ مطلوب، حیوانات را اصلاحِ نژاد کرد.

هیتلر بر آن بود که چیزی را که همه از آن مطلع بودند رویِ انسان‌ها پیاده کند. داروین چنین نبود. ایده‌ای که داشت او را در جهتِ جالب‌تر و بکرتری سوق داده بود. بینشِ بزرگی که داروین به آن دست یافته بود این بود که نیاز به هیچ گونه عاملِ پرورش‌دهنده‌ای نیست: طبیعت، صرفِ بقا یا تفاوت در توفیق به تولیدِ مثل، می‌تواند نقشِ پرورش‌دهنده را ایفا کند. دربارهٔ «داروینیسمِ *اجتماعی*» (social Darwinism) هیتلر باید گفت که باورِ وی به نزاعِ بینِ نژادهایِ مختلف، در واقع، ایده‌ای بسیار ***ضددِاروینی*** است. از نگاهِ داروین، تنازع برایِ بقاء تنازعی میانِ افرادِ یک گونه بود، *نه* بینِ گونه‌ها، نژادها، یا دیگر گروه‌ها. نگذارید که زیرعنوانِ بد-انتخاب-شده و بد-انجامِ کتابِ بزرگِ داروین، ***حفظِ نژادهایِ برگزیده در نزاع برایِ بقاء*** (*The Preservation of favoured races in the struggle for life*)، شما را گمراه کند. از متنِ کتاب به روشنی پیداست که «نژاد» (race) از منظرِ داروین «گروهی از انسان‌ها، حیوانات، یا گیاهانی که خاستگاهِ مشترکی دارند» (*فرهنگِ واژگانِ آکسفورد*، تعریفِ I.۶) نبوده است. بلکه منظورشِ بیشتر تعریفِ II.۶ *فرهنگِ واژگانِ آکسفورد بوده است:* «گروه یا دسته‌ای از انسان‌ها، حیوانات، یا چیزهایی که با هم ویژگی یا ویژگی‌هایِ مشترکی دارند». مثالی برایِ معنیِ II.۶ چنین خواهد بود: «تمامِ کسانی که، فارغ از نژادِ جغرافیایی‌شان، چشمانِ آبی دارند». در قالبِ واژگانِ تخصصی علمِ ژنتیکِ نوین، که داروین به آن دسترسی نداشته است، معنیِ «نژاد» در زیرعنوانِ کتابش را چنین می‌توان تعبیر کرد: «تمامِ افرادی که دگره (آللِ) (allele) خاصی دارند». متأسفانه، بدفهمیِ تنازع برایِ بقاءِ داروین به صورتِ تنازعی میانِ ***گروهی*** از افراد (که به مغالطهٔ «انتخابِ گروهی» (group selection fallacy) معروف است) منحصر به نژادپرستیِ هیتلری نیست. این تفسیرِ نادرست از داروینیسم مدام در میانِ مبتدیان مطرح می‌شود. حتی زیست‌شناسانِ خبره هم، که انتظارِ بیشتری ازشان می‌رود، مرتکبِ چنین خطایی می‌شوند.

[ix] روانشناسان نیز آزمون‌هایِ مشابهی برایِ ارزیابیِ ریسک‌پذیری (risk-taking) در میانِ انسان‌ها دارند که تفاوت‌هایِ جالبی را نشان می‌دهد. کارآفرینان معمولاً در آزمون‌هایِ ریسک‌پذیری امتیازِ بالایی می‌آورند، همچنین خلبانان، صخره‌نوردان، موتورسواران، و دیگر کسانی که عاشقِ ورزش‌هایِ پرخطر هستند. زنان، در مقایسه با مردان، ریسک‌گریزتر هستند. فمینیست‌ها در این مورد اشاره می‌کنند که جایِ علت و معلول را می‌توان عوض کرد: زنان، به دلیلِ شغل‌هایی که جامعه بر آن‌ها تحمیل می‌کند، ریسک‌گریزتر می‌شوند.

# فصلِ ٤: سکوت و زمانِ کند

اگر فرض کنیم که انکارکنندگانِ تاریخ، که امرِ واقعیِ فرگشت را رد می‌کنند، غافل از زیست‌شناسی هستند، آن‌گاه کسانی که خیال می‌کنند که جهان کمتر از ده هزار سالِ پیش به وجود آمده است از غافل هم بدترند؛ آن‌ها به حدِ ناامیدکننده‌ای متوهم‌اند. آن‌ها نه فقط حقایقِ زیست‌شناسی، بلکه حقایقِ فیزیک، زمین‌شناسی[1]، کیهان‌شناسی[2]، باستان‌شناسی[3]، تاریخ، و شیمی را هم انکار می‌کنند. این فصل به این می‌پردازد که چگونه سنِ سنگ‌ها و فسیل‌هایِ درون‌شان را تخمین می‌زنیم. این فصل شواهدی را رو می‌کند که نشان می‌دهند که عمرِ حیات بر رویِ این سیاره، نَه هزاران سال، بلکه هزاران میلیون سال است.

به یاد داشته باشید که دانشمندانِ فرگشتی حالتِ کارآگاهی را دارند که پس از وقوعِ جرم به محلِ وقوعِ آن رسیده است. برایِ تعیینِ زمانِ وقوعِ امورِ مختلف به ردپاهایی تکیه می‌کنیم که فرآیندهایِ وابسته‌به‌زمان به جای گذاشته‌اند. به بیانِ عام‌تر، به ساعت‌ها تکیه می‌کنیم. یکی از اولین کارهایی که یک کارآگاه هنگامِ تحقیق دربارهٔ یک قتل می‌کند این است که از یک پزشک یا پاتولوژیست می‌خواهد که زمانِ مرگ را تعیین کنند. نتایجِ بسیاری را می‌توان از این داده‌ها استنتاج کرد و، در داستان‌هایِ کارآگاهی، تخمینِ پاتولوژیست جایگاهی کم-و-بیش مقدس دارد. زمانِ مرگ نوعی آغازگاه است؛ نقطهٔ عطفی استوار که فرضیه‌هایِ هوشمندانه و عمیقِ کارآگاه حولِ آن می‌گردند. اما این تخمین، بی‌شک، مصونِ از خطا نیست، خطایی قابلِ اندازه‌گیری که ممکن است بزرگ هم باشد. پاتولوژیست، برایِ تخمینِ زمانِ مرگ، از چند فرآیندِ وابسته‌به‌زمان استفاده می‌کند: بدن با سرعتِ خاصی سرد می‌شود؛ ریگور مورتیس (جمودِ جسد)[4] در زمانِ خاصی رخ می‌دهد؛ و

---

[1] geology

[2] cosmology

[3] archaeology

[4] rigor mortis

غیره. این‌ها ساعت‌های کم‌دقتی هستند که یک بازرسِ قتل به آن‌ها دسترسی دارد. ساعت‌هایی که در دسترسِ دانشمندانِ فرگشتی هستند به مراتب دقیق‌تراند. البته به نسبتِ بازهٔ زمانی‌ای که می‌سنجند، نه این که تا حدِ تخمینِ ساعت دقیق باشند. سنگی ژوراسیک[1]، در دستانِ یک زمین‌شناس، شباهتِ معنادارتری به یک ساعتِ دقیق دارد تا بدنی در-حالِ-سرد-شدن زیرِ دستانِ یک پاتولوژیست .

ساعت‌هایِ ساختِ بشر، بر اساسِ معیارهایِ فرگشتی، بازهٔ زمانیِ خیلی کوتاهی دارند (ساعت، دقیقه، و ثانیه). فرآیندهایِ وابسته‌به‌زمانِ موردِ استفاده در آن‌ها نیز خیلی سریع‌اند (حرکتِ رفت-و-برگشتیِ یک آونگ، گردشِ چرخ‌دنگ[2] ساعت، یا نوسانِ یک بلور، آب‌شدنِ شمع، تخلیهٔ یک بشکهٔ آب یا شن در ساعتِ شنی، یا گردشِ زمین که با ساعتِ آفتابی سنجیده می‌شود). همهٔ ساعت‌ها از فرآیندهایی استفاده می‌کنند که در سرعتی ثابت و مشخص رخ می‌دهند. یک آونگ با سرعتِ خیلی ثابتی حرکت می‌کند. این سرعت به طولِ آن بستگی دارد و، دستِ کم به صورتِ نظری، به دامنهٔ آونگ یا جرمِ جسمی که به انتهایش متصل است وابسته نیست. پدرجدِ ساعت‌ها از طریقِ ارتباط دادنِ یک آونگ به چرخ‌دنگی کار می‌کرد که یک چرخ‌دنده را، گام-به-گام، حرکت می‌داد. سپس، این گردش با سرعتِ گردشِ عقربهٔ ساعت‌شمار، عقربهٔ دقیقه‌شمار، و عقربهٔ ثانیه‌شمار هماهنگ می‌شد. ساعت‌هایی هم که چرخ‌دنگ دارند عملکردی مشابه دارند. ساعت‌هایِ دیجیتال از معادلِ الکترونیکیِ آونگ استفاده می‌کنند که نوسانِ بلورهایی خاص، هنگامِ اتصال به باتری، است. ساعت‌هایِ آبی و شمعی دقتِ به مراتب پایین‌تری داشتند اما، پیش از اختراعِ ساعت‌هایِ رخدادشمار[3]، بسیار به کار می‌آمدند. آن‌ها، بر خلافِ ساعت‌هایِ آونگی یا دیجیتال، بر مبنایِ شمارش کار نمی‌کردند؛ بلکه بر مبنایِ اندازه‌گیریِ یک کمیت عمل می‌کردند. ساعتِ آفتابی، در تعیینِ ساعت، دقیق نیست.[i] اما گردشِ زمین، که مبنایِ زمانیِ ساعت‌هایِ آفتابی است، نسبت به

---

[1] Jurassic

[2] hairspring

[3] event-counting clock

مقیاسِ زمانیِ[1] ساعتِ کندتری که به آن تقویم می‌گوییم، دقیق است. دلیلش آن است که، در آن مقیاسِ زمانی، دیگر ساعتی اندازه‌گیرنده نیست (ساعتِ آفتابی زاویهٔ پیوسته-در-حالِ-تغییرِ خورشید را اندازه می‌گیرد)؛ بلکه ساعتی شمارنده است.

برایِ مقیاسِ زمانیِ فرگشت، که مقیاسی به غایت کند است، هم ساعت‌هایِ شمارنده در اختیار داریم و هم ساعت‌هایِ اندازه‌گیرنده. اما، در بررسیِ فرگشت، ساعتی که ***زمانِ حال*** را نشان می‌دهد (همچون ساعتِ آفتابی یا ساعتِ مچی) به کارمان نمی‌آید. بلکه به ساعتی نیاز داریم که بیشتر حالتِ کرنومتری دارد که می‌توان آن را ***بازنشانی***[2] کرد. لازم است که ساعتِ فرگشتی در نقطه‌ای ***صفر شده باشد***[3] تا بتوانیم زمانِ سپری شده را از آن مبدأ زمانی بسنجیم و، به کمکِ آن، سنِ مطلقِ یک شئ را، مثلاً یک سنگ را، محاسبه کنیم. ساعت‌هایِ رادیواکتیو[4] که برایِ تعیینِ زمانِ شکل‌گیریِ سنگ‌هایِ آذرین[5] (آتش‌فشانی[6]) به کار می‌روند، خیلی راحت، در زمانِ شکل گرفتنِ سنگ، از طریقِ سخت شدنِ گدازه[7]، صفر می‌شوند.

خوش‌بختانه، چند گونه ساعتِ طبیعیِ قابلِ صفر-شدن وجود دارد. این گوناگونی چیزِ خوبی است؛ چرا که می‌توانیم، به کمکِ بعضی از ساعت‌ها، دقتِ ساعت‌هایِ دیگر را بسنجیم. خبرِ بهتر این که آن‌ها، با حساسیتِ بالایی، مقیاس‌هایِ زمانیِ گسترده‌ای را هم پوشش می‌دهند. این قابلیت ضروری است؛ چرا که مرتبهٔ بزرگیِ[8] مقیاس‌هایِ زمانیِ فرگشتی هفت یا هشت است. ارزشش را

---

[1] timescale

[2] reset

[3] zeroed

[4] radioactive clock

[5] igneous rock

[6] volcanic

[7] lava

[8] order of magnitude

دارد که معنیِ این حرف را توضیح دهیم. مرتبهٔ بزرگی یعنی چیزی دقیق. یعنی یک مرتبهٔ بزرگی تغییرْ چیزی را ضربِ در (یا بخشِ بر) ده می‌کند. از آن‌جا که ما از سیستمِ ده-دهی[1] استفاده می‌کنیم،[ii] مرتبهٔ بزرگیِ یک عدد برابر با تعداد صفرهایِ قبل یا بعد از ممیز است. از این رو، دامنهٔ هشت مرتبهٔ بزرگی صد میلیون برابر است. عقربهٔ ثانیه‌شمارِ ساعت ۶۰ برابر سریع‌تر از عقربهٔ دقیقه‌شمار و ۷۲۰ برابر سریع‌تر از عقربهٔ ساعت‌شمار حرکت می‌کند. از این رو، این سه عقربه دامنه‌ای را پوشش می‌دهند که کمتر از سه مرتبهٔ بزرگی است. این مقدار، در برابرِ هشت مرتبهٔ بزرگی، که ساعت‌هایِ زمانِ زمین‌شناختی[2] پوشش می‌دهند، ناچیز است. ساعت‌هایِ مبتنی-بر-فروپاشیِ-رادیواکتیوی[3] هم هستند که مقیاس‌هایِ زمانیِ کوتاه، حتی تا کسری از ثانیه را، پوشش می‌دهند. اما برایِ مقاصدِ فرگشتی، ساعت‌هایی که قرن یا شاید دهه را می‌سنجند، سریع‌ترین ساعاتی هستند که به آن‌ها نیاز داریم. این انتهایِ سریعِ پیوستارِ ساعت‌هایِ طبیعی (حلقهٔ درختان[4] و عمرسنجی با کربن[5]) برایِ اهدافِ باستان‌شناختی و تعیینِ عمرِ گونه‌هایی که قدمت‌شان متناسبِ با مقیاسِ زمانیِ اهلی‌سازیِ سگ و کلم است مناسب‌اند. در انتهایِ دیگرِ مقیاس، به ساعت‌هایی طبیعی نیاز داریم که بتوانند صدها میلیون، یا حتی میلیارد، سال را بسنجند. و منّت طبیعت را عزّ و جل که چنین گستره‌ای از ساعت‌ها را، که به آن‌ها نیازمندیم، به ما ارزانی داشته است. از آن بهتر آن که دامنهٔ حساسیت‌شان با یک‌دیگر هم‌پوشانی دارد. از این رو، می‌توانیم آن‌ها را با هم‌دیگر مقابله دهیم.

## حلقه‌هایِ درختی

---

[1] decimal system

[2] geological clock

[3] radioactive decay clock

[4] tree ring

[5] carbon dating

ساعتِ مبتنی-بر-حلقهٔ-درختی می‌تواند عمرِ تکه‌ای چوب را، مثلاً ستونی را که در یک خانهٔ عهد تودور[1] به کار رفته است، با دقتی باورنکردنی — تا حدِ سال — تخمین بزند. شیوهٔ کارش این گونه است: نخست، همان‌گونه که بیشترِ افراد می‌دانند، سنِ درختی را که تازه قطع شده است می‌توان از رویِ حلقه‌هایِ کنده‌اش تخمین زد (با فرضِ این‌که بیرونی‌ترین حلقه نشان‌دهندهٔ زمانِ حال است). حلقه‌هایِ درخت نشان‌دهندهٔ رشدِ متفاوت در فصل‌هایِ مختلفِ سال (زمستان یا تابستان، فصلِ خشک یا فصلِ تر) هستند. در ارتفاعاتِ بالا، که اختلافِ فصول شدیدتر است، این خطوط نیز مشخص‌تراند. خوش‌بختانه، لازم نیست که برایِ تعیینِ سنِ درخت آن را قطع کنید. می‌توانید بدونِ «کشتنِ» آن، نیم نگاهی به حلقه‌هایِ آن بیاندازید. برایِ این کار می‌توان وسطِ درخت حفره‌ای ایجاد کرد و نمونه‌ای را از مرکزِ آن استخراج کرد. اما صرفِ شمردنِ حلقه‌ها مشخص نمی‌کند که ستونِ خانه یا دکلِ کشتیِ جنگیِ وایکینگ‌هایی[2] که در اختیار دارید در چه قرنی زنده بوده است. اگر بخواهید سنِ دقیقِ چوبی قدیمی را، که مدت‌ها مرده است، محاسبه کنید، باید ظریف‌تر عمل کنید. شمردنِ حلقه‌ها کافی نیست. بلکه باید به الگوهایِ ضخیم و باریکِ حلقه‌ها هم توجه کرد.

همان گونه که وجودِ حلقه‌ها نشان‌دهندهٔ دوره‌هایِ فصلیِ رشدِ کم و زیاد است، بعضی سال‌ها هم بهتر از سایرِ سال‌ها هستند؛ چرا که آب-و-هوا فصل به فصل تغییر می‌کند. گاه خشک‌سالی است که رشد را کند می‌کند و گاه پرآبی است که رشد را تسریع می‌کند. بعضی سال‌ها سرد و بعضی دیگر گرم هستند. حتی سال‌هایی هستند که در آن‌ها فجایعِ ال نیْنیو[3] یا کراکاتوآ[4] رخ می‌دهد. سال‌هایی که برایِ درخت مساعداند حلقه‌هایِ عریض‌تری را، نسبت به سال‌هایِ نامساعد، ایجاد می‌کنند. الگوهایِ ضخیم و باریکِ هر منطقه، که حاصلِ توالیِ خاصی از سال‌هایِ خوب و بد

---

[1] Tudor

[2] Viking

[3] El Niño

[4] Krakatoa

هستند، به اندازهٔ کافی ویژه و مشابه هستند. در واقع، همچون اثرِ انگشتی هستند که سالِ دقیقِ تشکیلِ یک حلقه را، که برایِ هر درخت متفاوت است، مشخص می‌کنند.

درخت‌گاه‌شماران[1] حلقه‌هایِ رویِ درخت‌هایِ تازه‌تر را می‌شمارند. در این صورت، عمرِ دقیقِ هر درخت، با شمارشِ معکوس از سالِ قطع شدنِ درخت که برایِ ما مشخص است، محاسبه می‌شود. بر اساسِ این اندازه‌گیری‌ها، مجموعه‌ای مرجع از حلقه‌هایِ درختان تشکیل می‌شود که می‌توانید الگویِ حلقه‌هایِ چوبیِ قدیمی را، که می‌خواهید عمرش را محاسبه کنید، با آن مقایسه کنید. پس می‌توان برایِ چوبی خاص چنین گزارشی را تهیه کرد: «این ستونِ تودوری شاملِ دنباله‌ای از حلقه‌ها است که با دنباله‌ای از مجموعهٔ مرجع تطابق دارد که از قرارِ معلوم بینِ سال‌هایِ ۱۵۴۱ تا ۱۵۴۷ قطع شده است. پس نتیجه می‌گیریم که این خانه پس از سالِ ۱۵۴۷ پس از میلاد ساخته شده است».

بسیار هم خوب. اما بسیاری از درخت‌هایِ امروزی در دورانِ تودوری هم زنده نبوده‌اند، چه برسد به عصرِ حجر یا زمان‌هایِ دورتر از آن. بعضی درخت‌ها هستند، مثلِ کاجِ زبرمیوه[2] و بعضی سرخ‌چوبان[3]، که چند هزاره عمر می‌کنند، اما بیشترِ درختانی که برایِ ساختمان‌سازی به کار می‌روند کمتر از حدودِ یک قرن عمر دارند. پس، با این تفاصیل، چگونه می‌توان مجموعهٔ مرجعی از حلقه‌ها را برایِ زمان‌هایِ کهن ایجاد کرد؟ برایِ زمان‌هایِ دوری که حتی سنِ قدیمی‌ترین کاجِ زبرمیوهٔ باقی‌مانده هم به آن قد نمی‌دهد چه باید کرد؟ به نظرم خودتان پاسخ را حدس زده‌اید. به کمکِ هم‌پوشانی. ممکن است یک طنابِ محکم ۹۰ متر طول داشته باشد، اما طولِ هر یک از الیاف‌هایِ درونِ آن تنها کسرِ کوچکی از این ۹۰ متر است. برایِ استفاده از اصلِ هم‌پوشانی در درخت‌گاه‌شماری، الگوهایِ اثرِ انگشتیِ مرجعی را که تاریخ‌شان مشخص است از درختانِ امروزی بر

---

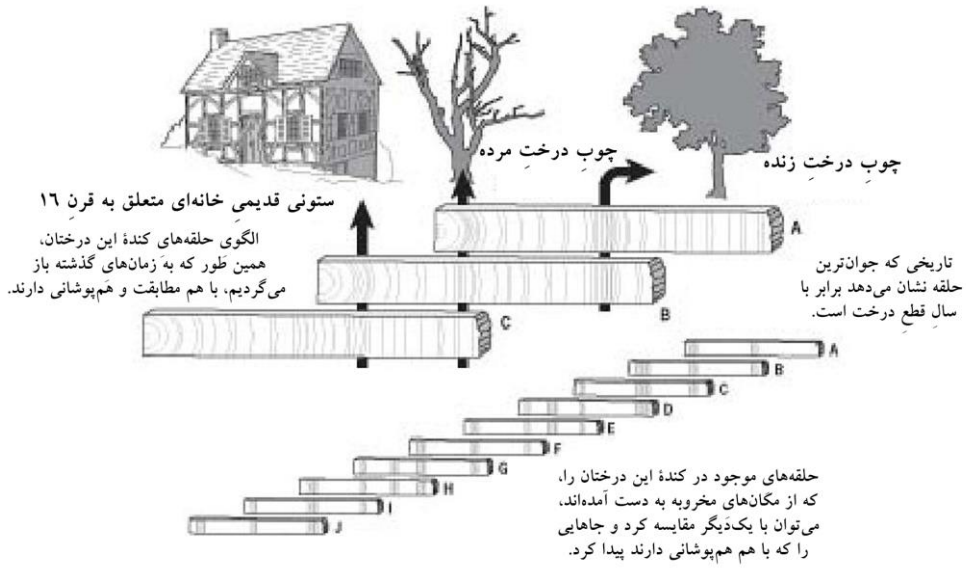
[1] dendrochronoligist

[2] bristlecone pine

[3] redwoods

می‌دارید. سپس اثرِ انگشتی را از حلقه‌هایِ کهنهٔ درختانِ امروزی پیدا می‌کنید و اثرِ انگشتی مشابه را در حلقه‌هایِ درختی که زمانِ درازی از مرگش می‌گذرد می‌گیرید. سپس، اثرِ انگشت‌هایِ حاصل از حلقه‌هایِ قدیمی‌تر از آن درختِ قدیمی را می‌گیرید و مشابهِ آن را رویِ حلقه‌هایِ جوان‌ترِ درختی قدیمی‌تر می‌یابید. و همین طور تا الی آخر. از لحاظِ نظری، با استفاده از الگوهایِ به دست آمده از جنگل‌هایِ سنگی، همین طور، با گذاشتنِ این الگوها پشتِ سرِ هم، می‌توانید میلیون‌ها سال به عقب باز گردید. اما، در عمل، درخت‌گاه‌شماری تنها در مقیاس‌هایِ زمانیِ باستان‌شناسی و برایِ بازه‌هایِ چندهزارساله کاربرد دارد. و نکتهٔ شگفت‌انگیزی که دربارهٔ درخت‌گاه‌شماری وجود دارد این است که، دستِ کم از لحاظِ نظری، می‌توان با دقتی نزدیک به یک سال عمرِ درختی را تعیین کرد، حتی برایِ جنگلِ سنگی‌ای که ۱۰۰ میلیون سال از عمرش می‌گذرد. در معنایِ واقعی می‌توانید بگویید که ***این حلقه*** در این درختِ فسیلیِ ژوراسیک دقیقاً ۲۵۷ سال پس از ***آن*** حلقهٔ دیگر در یک درختِ ژوراسیکِ دیگر به وجود آمده است. اگر به اندازهٔ کافی جنگلِ سنگی[1] وجود داشت، می‌توانستید با گذاشتنِ الگوها در کنارِ هم، از زمانِ حال به گذشته‌هایِ دور بروید. مثلاً می‌توانستید، به جایِ این که بگویید این درخت در اواخرِ عصرِ ژوراسیک زندگی می‌کرده است، بگویید که دقیقاً در سالِ ۱۵۱،۴۳۲،۶۵۷ پیش از میلاد زنده بوده است! متأسفانه، حلقه‌ای که در اختیار داریم پیوسته نیست و، در عمل، درخت‌گاه‌شماری فقط می‌تواند ما را تا ۱۱،۵۰۰ سالِ گذشته به عقب ببرد. با وجودِ این، اندیشیدن به این موضوع وسوسه‌انگیز است که، اگر بتوانیم جنگل‌هایِ سنگیِ کافی پیدا کنیم، می‌توانیم با دقتی نزدیک به سال، در بازهٔ زمانی‌ای صدها میلیون ساله، چیزهایِ مختلف را زمان‌سنجی کنیم.

[1] petrified forest




**شکل ۱۰ - نحوهٔ درخت‌گاه‌شماری**

حلقه‌هایِ درختی تنها سیستمی نیستند که تخمین تا حدِ سال را تضمین می‌کنند. سال‌چینه‌ها[1] لایه‌هایی رسوبی[2] هستند که در دریاچه‌هایِ یخچالی[3] به وجود آمده‌اند. مثلِ حلقه‌هایِ درختی، آن‌ها هم به صورتِ فصلی و سال به سال با هم تفاوت دارند. پس، از لحاظِ نظری، می‌توان از اصولِ مشابهی برایِ تخمینِ سال به کمکِ آن استفاده کرد و دقتی مشابه را هم انتظار داشت. صخره‌هایِ مرجانی هم، درست مانندِ درختان، حلقه‌هایی دارند که رشدِ آن‌ها را مشخص می‌کند. نکتهٔ شگفت‌انگیز این است که از آن‌ها برایِ تعیینِ زمانِ زلزله‌هایِ[4] عهدِ باستان استفاده شده است. در ضمن، حلقه‌هایِ درختی هم تاریخِ زلزله‌هایِ مختلف را برای‌مان مشخص می‌کنند. بیشترِ سیستم‌هایِ زمان‌سنجی که در دسترسِ ما قرار دارند، از جمله همهٔ ساعت‌هایِ رادیواکتیوی که از آن‌ها در

[1] varve

[2] sediment

[3] glacial lake

[4] earthquake

مقیاس‌هایِ زمانیِ ده‌هامیلیون‌ساله، صدهامیلیون‌ساله، یا چندمیلیاردساله استفاده می‌کنیم فقط به نسبتِ مقیاسِ زمانیِ خود دقت دارند.

## ساعت‌هایِ رادیواکتیو

حال می‌رسیم به سر وقتِ ساعت‌هایِ رادیواکتیو. نمونه‌هایِ بسیاری از آن‌ها وجود دارد که می‌توانیم از میان‌شان انتخاب کنیم. همان‌طور که قبلاً هم گفتم، این ساعت‌ها بر سرمان منّت نهاده و از چند قرن تا هزاران میلیون سال را پوشش می‌دهند. هر یک از آن‌ها حاشیهٔ خطایِ منحصر به خود را دارد که معمولاً حدودِ یک درصد است. پس اگر می‌خواهید عمرِ سنگی را تعیین کنید که میلیاردها سال عمر دارد، باید به خطایِ مثبت یا منفیِ ده‌ها میلیون ساله راضی باشید. اگر می‌خواهید عمرِ سنگی را تعیین کنید که صدها میلیون سال عمر دارد، باید به خطایِ مثبت یا منفیِ میلیون‌ها ساله راضی باشید. برایِ تعیینِ عمرِ سنگی که ده‌ها میلیون سال قدمت دارد، باید خطایی برابر با مثبت یا منفیِ صدها هزار سال را در نظر بگیرید.

برایِ درکِ نحوهٔ عملکردِ ساعت‌هایِ رادیواکتیو، باید نخست تعریفِ ایزوتوپ[1] رادیواکتیو را بدانیم. همهٔ ماده‌ها از عناصری تشکیل شده‌اند که معمولاً به صورتِ شیمیایی، با دیگر عناصر، پیوند برقرار کرده‌اند. حدودِ ۱۰۰ عنصر وجود دارد. اگر عناصری را که در آزمایشگاه کشف شده‌اند به حساب بیاوریم، این مقدار کمی بیشتر خواهد شد و اگر تنها عناصری را در نظر بگیریم که در طبیعت یافت می‌شوند، این مقدار کمتر خواهد بود. کربن، آهن[2]، نیتروژن[3]، آلومینیوم[4]، منیزیم[5]، فلوئور[1]،

[1] isotope

[2] iron

[3] nitrogen

[4] aluminium

[5] magnesium

آرگون[۲]، کلر[۳]، سدیم[۴]، اورانیوم[۵]، سرب[۶]، اکسیژن[۷]، پتاسیم[۸]، و قلع[۹] چند نمونه عنصر هستند. نظریهٔ اتمی، که موردِ قبولِ همگان و حتی آفرینش‌باوران است به ما می‌گوید که هر عنصرْ اتمِ منحصر به خود را دارد و اتمْ کوچک‌ترین ذره‌ای است که یک عنصر را می‌توان به آن تجزیه کرد، بدونِ این که ماهیتِ خود را از دست بدهد. یک اتم — مثلاً یک اتمِ سرب، مس[۱۰]، یا کربن — چه شکلی است؟ خوب، مشخص است که هیچ شباهتی به سرب، مس، یا کربن ندارد. به هیچ چیز ***شباهتی ندارد***؛ چرا که آن قدر کوچک است که تصویری را رویِ شبکیهٔ چشمِ[۱۱] شما ایجاد نمی‌کند، حتی به کمکِ میکروسکوپ‌هایِ[۱۲] خیلی قدرتمند. ولی می‌توانیم به کمکِ قیاس یا مدل‌هایِ مختلفْ یک اتم را تصور کنیم. معروف‌ترین مدل را فیزیک‌دانِ بزرگِ دانمارکی، نیلز بور[۱۳]، ارائه داد. مدلِ بور[۱۴]، که امروزه تقریباً کنار گذاشته شده است، یک منظومهٔ خورشیدیِ مینیاتوری است. هستهٔ اتم[۱۵] حکمِ خورشید را دارد که الکترون‌هایی[۱۶]، که حکمِ سیاره را دارند، به گردِ آن می‌چرخند. مثلِ منظومهٔ

---

[1] fluorine

[2] argon

[3] chlorine

[4] sodium

[5] uranium

[6] lead

[7] oxygen

[8] potassium

[9] tin

[10] copper

[11] retina

[12] microscope

[13] Niels Bohr

[14] Bohr model

[15] nucleus

[16] electron

خورشیدی، تقریباً کلِ جرم[1] اتم در هسته (خورشیدِ) آن است و تقریباً کلِ حجمِ آن را فضایِ خالی پر کرده است که الکترون‌ها (سیاره‌ها) را از هسته جدا می‌کند. هر الکترون، در مقایسه با هسته، بسیار کوچک به شمار می‌آید و فضایِ بینِ آن‌ها و هسته، در مقایسه با اندازهٔ هر کدام، بسیار بزرگ است. یکی از مقایسه‌هایِ رایج این است که هسته در اتم همچون مگسی در یک استادیومِ ورزشی است. نزدیک‌ترین هستهٔ متعلق به اتمِ همسایه مگسی است که در مرکزِ استادیومِ مجاور قرار دارد. الکترون‌هایِ هر اتم، در مدارهایی، دورِ مگس‌های‌شان وز-وز-کنان پرسه می‌زنند. این الکترون‌ها از کوچک‌ترین پشه‌ریزهٔ ممکن هم کوچک‌تراند. آن‌ها آن قدر در این مقیاس کوچک هستند که نمی‌توان آن‌ها را دید. وقتی که به توده‌ای سخت و جامد[2] از آهن یا سنگ می‌نگریم، در واقع داریم به چیزی نگاه می‌کنیم که تقریباً به طورِ کامل از فضایِ خالی تشکیل شده است. ما آن را جامد و غیرِ شفاف حس می‌کنیم چون برای سیستمِ حسی و مغزِ ما راحت‌تر آن است که آن را جامد و غیرِ شفاف در نظر بگیرد. برایِ مغز راحت‌تر این است که سنگ را جامد تصور کند؛ چرا که نمی‌توانیم از میانِ آن رد شویم. در واقع، «جامد» چیزی است که به تجربهٔ ما و به سببِ نیروهایِ الکترومغناطیسِ[3] بینِ اتم‌هایش نمی‌توان از آن رد شد. «غیرِ شفاف» تجربهٔ ما از بازگشتِ نور از سطحِ یک جسم و عدمِ نفوذِ هیچ گونه نور به درونِ آن است.

اتم، دستِ کم آن گونه که مدلِ بور نشان می‌دهد، از سه ذره تشکیل شده است. با الکترون‌ها که آشنا هستیم. دو ذرهٔ دیگر، که به مراتب بزرگ‌تر از الکترون هستند ولی در قیاسِ با هر چیزی که می‌توانیم تصور و تجربه کنیم کوچک‌اند، پروتون[4] و نوترون[5] نام دارند و در هستهٔ اتم قرار دارند. اندازهٔ آن‌ها تقریباً با هم برابر است. تعدادِ پروتون‌هایِ هر عنصر ثابت و برابر با تعدادِ

---

[1] mass

[2] solid

[3] electromagnetic force

[4] proton

[5] neutron

الکترون‌هایِ آن است. به این تعداد عددِ اتمی[1] می‌گویند. این عدد برایِ هر عنصرْ یکتاست و در فهرستِ اعدادِ اتمی، همان جدولِ تناوبیِ[2] معروف، هیچ انقطاعی وجود ندارد.[iii] هر عدد در این دنباله دقیقاً به یک و فقط یک عنصر[3] اشاره دارد. عنصری که عددِ اتمی‌اش ۱ است هیدروژن[4] نام دارد، آن که عددِ اتمی‌اش ۲ است هلیوم[5]، آن که ۳ است لیتیوم[6]، آن که ۴ است بریلیوم[7]، آن که ۵ است بور[8]، آن که ۶ است کربن، آن که ۷ است نیتروژن، و آن که ۸ است اکسیژن نام دارد. این سیر همین طور تا عددِ اتمیِ ۹۲ ادامه دارد که عددِ اتمی اورانیوم است.

پروتون و الکترون بارهایِ الکتریکیِ مخالفِ هم دارند. به صورتِ قراردادی یکی را مثبت و دیگری را منفی می‌خوانیم. این بارها هنگامِ ترکیبِ شیمیاییِ عناصر با هم، که معمولاً به واسطهٔ الکترون‌ها صورت می‌گیرد، اهمیت می‌یابند. نوترون، به همراهِ پروتون، درونِ اتم به نوترون چسبیده است. بر خلافِ پروتون، آن‌ها بارِ الکتریکی[9] ندارند و نقشی در واکنش‌هایِ شیمیایی ایفا نمی‌کنند. پروتون، نوترون، و الکترونِ همهٔ عنصرها دقیقاً مانندِ یک‌دیگر هستند. چیزی به عنوانِ پروتون با طعمِ طلا، الکترون با طعمِ مس، یا نوترون با طعمِ پتاسیم نداریم. پروتونْ پروتون است و دیگر هیچ و چیزی که ماهیتِ اتمِ مس را تعیین می‌کند این است که دقیقاً ۲۹ پروتون (و دقیقاً ۲۹ الکترون) دارد. چیزی را که عموماً به عنوانِ «طبیعتِ» مس تلقی می‌کنیم خواصِ شیمیاییِ آن تعیین‌اش می‌کنند. شیمی رقصِ الکترون‌هاست. این علم منحصراً با تعاملِ اتم‌ها از طریقِ الکترون‌هایشان سر-و-کار دارد.

---

[1] atomic number

[2] periodic table

[3] element

[4] hydrogen

[5] helium

[6] lithium

[7] beryllium

[8] boron

[9] electric charge

پیوندهایِ شیمیایی[1] به سادگی گسسته و دوباره برقرار می‌شوند؛ چرا که، در واکنش‌هایِ شیمیایی، فقط الکترون‌ها جدا و ردّ-و-بدل می‌شوند. نیرویِ جاذبهٔ داخلِ اتم قوی‌تر از آنی است که شکسته شود. به همین خاطر هم هست که عبارتِ «شکافتنِ اتم[2]» چنین حسِ رعب‌آوری ایجاد می‌کند. شکافتِ اتم رخ می‌دهد، اما نه در واکنش‌هایِ شیمیایی[3]، بلکه در واکنش‌هایِ هسته‌ای[4]. ساعت‌هایِ رادیواکتیو هم متکی به آن هستند.

جرمِ الکترون کاملاً قابلِ چشم‌پوشی است. پس، جرمِ کلِ اتمِ، یا «عددِ جرمی[5]» آن، برابر با مجموعِ تعدادِ پروتون و نوترونِ آن است. این عدد معمولاً بیش از دو برابرِ عددِ اتمی است؛ چرا که معمولاً تعدادِ نوترون‌ها اندکی بیشتر از پروتون‌هایِ درونِ هسته است. بر خلافِ تعدادِ پروتون‌ها، تعدادِ نوترون‌هایِ یک اتم نشان‌دهندهٔ عنصرِ خاصی نیست. اتم‌هایِ هر عنصر می‌توانند «نسخه»هایِ مختلفی داشته باشند که به آن‌ها *ایزوتوپ* گفته می‌شود. تعداد نوترونِ ایزوتوپ‌ها می‌تواند متفاوت باشد، اما تعدادِ پروتون‌هایشان همیشه ثابت است. بعضی عناصر، همچون فلوئور، فقط یک ایزوتوپ دارند که در طبیعت یافت می‌شود. عددِ اتمیِ فلوئور ۹ است و عددِ جرمیِ آن ۱۹ که از آن می‌توانید نتیجه بگیرید که این اتم ۹ پروتون و ۱۰ نوترون دارد. سایرِ عناصر ایزوتوپ‌هایِ فراوانی دارند. سرب پنج ایزوتوپِ رایج و طبیعی دارد. همهٔ این ایزوتوپ‌ها تعدادِ پروتون —— و الکترونی —— ثابت و برابر با ۸۲ دارند که همان عددِ اتمیِ سرب است. اما عددِ جرمیِ آن‌ها می‌تواند چیزی بینِ ۲۰۲ تا ۲۰۸ باشد. کربن سه ایزوتوپِ طبیعی دارد. کربن-۱۲ یکی از ایزوتوپ‌هایِ رایجِ آن است که تعدادِ نوترون و پروتون‌هایش یکسان و برابر با ۶ است. کربن-۱۳ هم داریم که آن قدر کم‌عمر است که به

---

[1] chemical bond

[2] splitting the atom

[3] chemical reaction

[4] nuclear reaction

[5] mass number

دردمان نمی‌خورد و کربن-۱۴ هم داریم که خیلی کمیاب است، البته نه آن قدر کمیاب و برایِ تعیینِ عمرِ نمونه‌هایِ ارگانیک[1] نسبتاً جوان مناسب است. بعداً در این باب سخن خواهیم گفت.

حال به حقیقتِ مهم و پایه‌ایِ دیگری اشاره می‌کنیم. بعضی ایزوتوپ‌ها پایدار و برخی ناپایدارند. سرب-۲۰۲ ناپایدار است، اما سرب-۲۰۴، سرب-۲۰۶، سرب-۲۰۷، و سرب-۲۰۸ پایدار هستند. «ناپایدار» بودن به این معناست که اتم‌هایِ آن عنصر خود-به-خود فرو می‌پاشند و به چیزِ دیگری تبدیل می‌شوند. سرعتِ این فرآیند قابلِ پیش‌بینی، اما زمانِ آغازِ آن غیرِ قابلِ پیش‌بینی است. قابلِ پیش‌بینی‌بودنِ سرعتِ فروپاشی محورِ اصلیِ همهٔ ساعت‌هایِ رادیومتریک[2] است. واژهٔ دیگری که برایِ «ناپایدار» به کار می‌رود «رادیواکتیو» است. چند نوع فروپاشیِ رادیواکتیو داریم که امکاناتِ مختلفی را برایِ ساعت‌هایِ به‌دردبخور فراهم می‌کند. برایِ هدفی که دنبال می‌کنیم، فهمِ آن‌ها مهم نیست. اما در این‌جا به توضیحِ آن‌ها می‌پردازم تا نشان دهم که فیزیک‌دان‌ها به چه حدّی از دقت در محاسبهٔ این فرآیندها دست یافته‌اند. این حد از دقتْ پوچیِ تلاشِ آفرینش‌باوران را هویدا می‌کند که پایه‌هایِ زمان‌سنجیِ رادیواکتیو را رد می‌کنند و، در دنیایی خیالی چون پیتر پَن[3]، سعی می‌کنند زمین را جوان تصور کنند.

همهٔ این ناپایداری‌ها از نوترون ناشی می‌شود. در یک نوع از فروپاشی‌ها، نوترون به پروتون تبدیل می‌شود. این بدین معناست که عددِ جرمی ثابت می‌ماند (چرا که پروتون و نوترونْ جرم را تعیین می‌کنند)، اما عددِ اتمیْ یک واحد افزایش می‌یابد. پس، اتم به عنصرِ متفاوتی تبدیل می‌شود، یک گام جلوتر در جدولِ تناوبی. برایِ نمونه، سدیم-۲۴ خودش را به منیزیم-۲۴ تبدیل می‌کند. در نوعِ دیگری از فروپاشیِ رادیواکتیو دقیقاً برعکسِ این حالت رخ می‌دهد. پروتون تبدیل به نوترون می‌شود. در این‌جا هم، عددِ جرمی ثابت می‌ماند، اما، این بار، عددِ اتمی یک واحد کاهش می‌یابد و

---

[1] organic

[2] radiometric

[3] Peter Pan

اتم به عنصرِ قبل از خود در جدولِ تناوبی تبدیل می‌شود. نوعِ سومِ فروپاشیِ رادیواکتیو هم نتیجهٔ مشابهی دارد. یک نوترونِ ولگردْ اتفاقی به یک هسته بر می‌خورد و یکی از پروتون‌هایِ آن را بیرون می‌راند و خود جایِ آن را می‌گیرد. باز هم، عددِ جرمی تغییری نمی‌کند؛ باز هم، عددِ اتمی یک واحد کاهش می‌یابد و اتم به عنصرِ قبلیِ خود در جدولِ تناوبی تبدیل می‌شود. نوعِ پیچیده‌تری از فروپاشی هم هست که طیِ آن اتم ذره‌ای معروف به «ذرهٔ آلفا[1]» را بیرون می‌راند. یک ذرهٔ آلفا متشکل از دو پروتون و دو نوترونِ متصل‌به‌هم است. این بدان معناست که عددِ جرمی چهار واحد و عددِ اتمی دو واحد کاهش می‌یابد. اتم به هر عنصری که دو گام، در جدولِ تناوبی، از خودش عقب‌تر است تبدیل می‌شود. یکی از نمونه‌هایِ فروپاشیِ آلفا تغییرِ ایزوتوپِ بسیار رادیواکتیوِ اورانیوم-۲۳۸ (با ۹۲ پروتون و ۱۴۶ نوترون) به توریم-۲۳۴ (با ۹۰ پروتون و ۱۴۴ نوترون) است.

حال به اصلِ ماجرا نزدیک می‌شویم. هر ایزوتوپِ رادیواکتیوِ ناپایداری با سرعتِ خاصِ خود، که سرعتی معلوم است، فرو می‌پاشد. افزون بر این، بعضی سرعتِ بسیار پایین‌تری نسبت به دیگران دارند. در همهٔ موارد، فروپاشی نمایی[2] است. «نمایی» بودن به این معناست که اگر مثلاً مقدارِ اولیهٔ یک ایزوتوپِ رادیواکتیو ۱۰۰ گرم باشد، این طور نیست که مقداری ثابت، مثلاً ۱۰ گرم، در هر نقطهٔ زمانی به عنصرِ دیگری تبدیل شود. بلکه ***نسبتِ***[3] ثابتی از چیزی که باقی‌مانده است به عنصری دیگر تبدیل می‌شود. مقیاسِ محبوبِ سرعتِ فروپاشی «نیمه‌عمر[4]» نام دارد. نیمه‌عمرِ یک ایزوتوپِ رادیواکتیو زمانِ لازم برایِ فروپاشیِ نیمی از اتم است. فارغ از این که چند اتم فروپاشیده باشند، نیمه‌عمر ثابت است. معنایِ فروپاشیِ نمایی هم همین است. متوجهِ این نکته خواهید شد که، طیِ چنین نیم‌شدن‌هایِ متوالی، واقعاً هیچ وقت نمی‌توانیم پیش‌بینی کنیم که چه زمانی هیچ چیزی باقی نمانده

---

[1] alpha particle

[2] exponential

[3] proportion

[4] half-life

است. اما می‌توانیم بگوییم که پس از گذشتِ زمانی کافی، مثلاً ده نیمه‌عمر، تعدادِ اتم‌هایِ باقی‌مانده آن قدر اندک است که، در عمل، می‌توانیم بگوییم که هیچ چیزی از آن باقی نمانده است. برایِ نمونه، نیمه‌عمرِ کربن-۱۴ بینِ ۵،۰۰۰ تا ۶،۰۰۰ سال است. برایِ گونه‌هایی که بیش از ۵۰،۰۰۰ تا ۶۰،۰۰۰ سال قدمت دارند، زمان‌سنجی با کربن بی‌فایده است. در چنین مواقعی به ساعتی رو می‌آوریم که از آن هم کندتر است.

نیمه‌عمرِ روبیدیُم[1]-۸۷ برابر با ۴۹ میلیارد سال است. نیمه‌عمرِ فرمیُم[2]-۲۴۴ برابر با ۳/۳ میلی‌ثانیه است. چنین مواردِ افراطی نشان می‌دهد که ***دامنهٔ*** ساعت‌هایی که در اختیار داریم حیرت‌آور است. نیمه‌عمرِ کربنِ-۱۵ خیلی کوتاه و برابر با ۲/۴ ثانیه است و به دردِ حلِ معمّاهایِ فرگشتی نمی‌خورد. اما کربنِ-۱۴ نیمه‌عمری برابر با ۵،۷۳۰ سال دارد و برایِ تعیینِ عمر در مقیاسِ زمانیِ باستانی کاملاً مناسب است. اکنون به آن می‌پردازیم. ایزوتوپی که در مقیاسِ زمانیِ فرگشتی کاربردِ فراوان دارد پتاسیمِ-۴۰ است که نیمه‌عمرِ آن ۱/۲۶ میلیارد سال است. برایِ شرحِ ایدهٔ پشتِ ساعت‌هایِ رادیواکتیو، از این ایزوتوپ به عنوانِ مثال استفاده خواهم کرد. معمولاً به آن ساعتِ پتاسیم-آرگون[3] گفته می‌شود؛ چرا که آرگون-۴۰ (که در جدولِ تناوبی یکی قبل از آن قرار دارد) یکی از عناصری است که پتاسیم-۴۰، بعد از فروپاشی، به آن تبدیل می‌شود. (از طریقِ نوعِ متفاوتی از فروپاشیِ رادیواکتیو، به کلسیم-۴۰ تبدیل می‌شود که یک پله در جدولِ تناوبی جلوتر است.) اگر نقطهٔ آغاز مقدارِ مشخصی از پتاسیم-۴۰ باشد، پس از ۱/۲۶ میلیارد سال، نیمی از پتاسیم-۴۰ به آرگون-۴۰ تبدیل خواهد شد. این همان معنیِ نیمه‌عمر است. پس از ۱/۲۶ میلیارد سال، نیمی از چیزی که باقی‌مانده است (یک چهارمِ مقدارِ اولیه) دچارِ فروپاشی شده است و این سیر همین طور ادامه می‌یابد. اگر زمانی کمتر از ۱/۲۶ میلیارد سال بگذرد، به همان نسبت، مقدارِ کمتری از پتاسیمِ

---

[1] rubidium

[2] fermium

[3] potassium argon clock

اولیه فرو می‌پاشد. پس، تصور کنید که نقطهٔ آغازْ مقداری پتاسیم-۴۰ در فضایی بسته است که هیچ آرگون-۴۰ی در آن وجود ندارد. پس از چند صد میلیون سال، دانشمندی به سراغِ آن فضایِ بسته می‌رود و نسبتِ پتاسیم-۴۰ را به آرگون-۴۰ می‌سنجد. از این نسبت و با دانستنِ سرعتِ فروپاشیِ پتاسیم-۴۰، فارغ از این که مقدارِ اولیه چه قدر بوده است، و با فرضِ این که در آغاز هیچ گونه آرگونی وجود نداشته است، می‌توان زمانی را که از شروعِ فرآیند گذشته است — یا به بیانِ دیگر، از زمانی که ساعت صفر شده است — محاسبه کرد. توجه داشته باشید که باید نسبتِ ایزوتوپِ والد (پتاسیم-۴۰) را نسبت به ایزوتوپِ دختر (آرگونِ-۴۰) بدانیم. افزون بر این، همان گونه که در آغازِ این فصل خواندیم، لازم است که ساعت‌مان تواناییِ صفرشدن داشته باشد. اما مراد از صفرشدنِ ساعتِ رادیواکتیو چیست؟ فرآیندِ تبلور[1] به آن معنا می‌بخشد.

مانندِ همهٔ ساعت‌هایِ رادیواکتیوی که زمین‌شناسان از آن استفاده می‌کنند، زمان‌سنجی با پتاسیم-آرگون فقط برایِ سنگ‌هایِ به اصطلاح آذرین جواب می‌دهد. سنگ‌هایِ آذرین (در انگلیسی igneous)، که نام‌شان از واژهٔ «آتش» در لاتین گرفته شده است، سنگ‌هایِ مذابِ سخت‌شده‌اند. اگر گرانیت[2] باشد، ابتدا ماگماهایِ[3] زیرزمینی بوده است و اگر بازالت[4] باشد، حاصلِ گدازه‌هایِ آتش‌فشانی[5]. سنگِ مذاب، از طریقِ تشکیلِ بلور، سخت می‌شود و گرانیت و بازالت را شکل می‌دهد. این بلورها عمدتاً مانندِ بلورهایِ کوآرتز[6] بزرگ و شفاف نیستند، بلکه بلورهایی به شدت کوچک هستند که به بلور نمی‌برند و با چشمِ غیرمسلح نمی‌توان آن‌ها را دید. بلورها انواعِ

---

[1] crystallization

[2] granite

[3] magma

[4] basalt

[5] lava

[6] quartz

مختلفی دارند و تعدادِ زیادی از آن‌ها، مانندِ میکا[1]، محتویِ اتم‌هایِ پتاسیم هستند. از میانِ این‌ها ایزوتوپِ رادیواکتیوِ پتاسیم-۴۰ هم یافت می‌شود. وقتی بلورِ جدیدی شکل می‌گیرد، در هنگامِ جامد شدنِ سنگِ مذاب، پتاسیم-۴۰ وجود دارد، اما خبری از آرگون نیست. ساعت از این لحاظ «صفر» شده است که هیچ اتمِ آرگونی در بلورش وجود ندارد. پس از گذشتِ میلیون‌ها سال، پتاسیم-۴۰ به آرامی فرو می‌پاشد و اتم‌هایِ آرگون-۴۰، یکی یکی، جایِ اتم‌هایِ پتاسیم-۴۰ را در بلور می‌گیرند. مقدارِ کلِ آرگون-۴۰ مقیاسی برایِ سنجشِ زمانِ طی شده از زمانِ تشکیلِ سنگ است. اما، به دلیلی که اخیراً ذکر کردم، این مقدار معنادار است، حتی اگر در قالبِ ***نسبتِ*** پتاسیم-۴۰ به آرگون-۴۰ بیان شود. در زمانِ صفرشدنِ ساعت، ٪۱۰۰ این نسبت پتاسیم-۴۰ بود. اما، پس از گذشتِ ۱/۲۶ میلیارد سال، این نسبت ۵۰-۵۰ خواهد بود. پس از ۱/۲۶ سالِ دیگر، نیمی از پتاسیم-۴۰ باقی‌مانده به آرگون-۴۰ تبدیل می‌شود، و همین سیر ادامه می‌یابد. نسبت‌هایِ میانجی نشان‌دهندهٔ زمان‌هایِ میانجی، از زمانِ صفر شدنِ ساعتِ بلورین[2]، است. پس، زمین‌شناسان[3] می‌توانند، با اندازه‌گیریِ نسبتِ پتاسیم-۴۰ به آرگون-۴۰ در سنگی آذرین که امروز کشف کرده‌اند، بفهمند چه قدر وقت پیش سنگ از حالتِ مذاب به بلور تبدیل شده است. ایزوتوپِ رادیواکتیوِ موجود در سنگ‌هایِ آذرین به پتاسیم-۴۰ محدود نمی‌شود، بلکه این سنگ‌ها عموماً انواعِ مختلفی از ایزوتوپ‌هایِ رادیواکتیو را در خود دارند. یکی از جنبه‌هایِ مثبتِ سنگ‌هایِ آذرین این است که به‌یک‌باره جامد می‌شوند. پس، همهٔ ساعت‌هایِ درونِ آن، هم‌زمان، صفر می‌شوند.

فقط سنگ‌هایِ آذرین ساعت‌هایِ رادیواکتیو دارند، اما تقریباً هرگز فسیلی در این سنگ‌ها یافت نمی‌شود. فسیل در سنگ‌هایِ رسوبی، همچون سنگِ آهک[4] و ماسه‌سنگ[5]، شکل می‌گیرد که

---

[1] mica

[2] crystal clock

[3] geologist

[4] limestone

[5] sandstone

در گدازهٔ آتش‌فشانی جامد نمی‌شوند. این سنگ‌ها لایه‌هایی از گل‌ولای[1]، سیلْت[2]، یا ماسه[3] هستند که در کفِ دریا، دریاچه، یا مدخلِ رود[4] رسوب می‌کنند. ماسه و گل-و-لای پس از گذشتِ سالیانِ دراز فشرده و سخت می‌شود و به سنگ تبدیل می‌شود. اگر لاشه‌ای میانِ گل-و-لای گیر بیافتد، این احتمال وجود دارد که به فسیل تبدیل شود. با این که تنها کسرِ کوچکی از لاشه‌ها به فسیل تبدیل می‌شوند، سنگ‌هایِ رسوبی تنها سنگ‌هایی هستند که حاویِ فسیل‌هایِ ارزشمند هستند.

اما متأسفانه نمی‌توان عمرِ سنگ‌هایِ رسوبی را با قابلیتِ رادیواکتیوبودن تعیین کرد. شاید بعضی از ذراتِ سیلت و ماسهٔ تشکیل‌دهندهٔ سنگِ رسوبی حاویِ پتاسیم-۴۰ و سایرِ ایزوتوپ‌هایِ رادیواکتیو باشند و بتوان گفت که در خودْ ساعت‌هایِ رادیواکتیو دارند، اما متأسفانه این ساعت‌ها به هیچ دردی نمی‌خورند؛ چرا که درست صفر نشده‌اند یا در مقاطعِ زمانیِ مختلفی صفر شده‌اند. ذراتِ مختلفی که، پس از فشرده شدن، ماسه‌سنگ را تشکیل می‌دهند می‌توانند در اصل سنگ‌هایِ آذرینِ پودرشده باشند، اما ممکن است آن سنگ‌هایِ آذرین در مقاطعِ زمانیِ مختلفی جامد شده باشند. هر ذرهٔ ماسه ساعتی دارد که در زمانِ منحصر به خودش صفر شده است و ممکن است آن زمان بسیار قبل‌تر از زمانِ تشکیلِ سنگ رسوبیِ شکل‌گرفته و حاویِ فسیلی باشد که می‌خواهیم عمرش را تعیین کنیم. پس سنگِ رسوبی زمان‌هایِ درهم‌وبرهمی را نشان می‌دهد و در نتیجه به دردمان نمی‌خورد. بهترین کاری که می‌توانیم بکنیم، که واقعاً هم کاری است کارستان، این است که سنگ‌هایِ رسوبیِ تشکیل‌شده در نزدیکی یا درونِ سنگِ رسوبیِ موردِ نظر را زمان‌سنجی کنیم.

لازم نیست که یک فسیل بینِ دو سنگِ آذرین ساندویچ شده باشد تا بتوانیم عمرِ آن را تعیین کنیم، با این که چنین حالتی روشی عالی برایِ نشان دادنِ این اصل است. روشی که در واقع استفاده

---

[1] mud

[2] silt

[3] sand

[4] estuary

می‌شود از این روش تمیزتر است. لایه‌های قابلِ تشخیص و مشابهی از سنگ‌های رسوبی در اقصی نقاطِ جهان یافت می‌شوند. بسیار پیش از کشفِ زمان‌سنجیِ رادیواکتیو، این لایه‌ها کشف و نام‌گذاری شده بودند، نام‌هایی چون کامبرِیَن[۱]، اوردوویشَن[۲]، دِوونیَن[۳]، ژوراسیک[۴]، کِرتاسه[۵]، ائوسِن[۶]، اُلیگوسِن[۷]، و میوسِن[۸]. رسوب‌های دِوونیَن به طرزِ قابلِ تشخیصی دِوونیَن هستند، نه تنها در دِوون[۹] (نامِ شهرستانی در جنوبِ غربیِ انگلیس که نامِ این رسوبات از آن گرفته شده است)، بلکه در همه جایِ جهان. آن‌ها به طرزِ قابلِ تشخیصی به هم شبیه‌اند و فسیل‌هایی شبیه به یک‌دیگر دارند. دیرزمانی است که زمین‌شناسان ***ترتیبِ*** ته‌نشینیِ این رسوباتِ نام‌گذاری‌شده را می‌دانند. تنها نکته‌ای که وجود دارد این است که، پیش از کشفِ ساعت‌های رادیواکتیو، ***زمانِ*** ته‌نشینیِ آن‌ها را نمی‌دانستیم. به این خاطر می‌توانیم ترتیبِ آن‌ها را تعیین کنیم که لایه‌های قدیمی‌تر، قطعاً، زیرِ لایه‌های جوان‌تر قرار می‌گرفتند. برایِ مثال، رسوباتِ دِوونیَن قدیمی‌تر از رسوباتِ کَربُنیفِروس[۱۰] هستند. (کَربُنیفِروس نامِ خود را از ذغال‌سنگ[۱۱] گرفته است که در این لایه به وفور یافت می‌شود.) از آن‌جا به این نکته پی می‌بریم که در آن نقاطی از جهان که هر دو لایه یافت می‌شوند، لایهٔ دِوونیَن زیرِ لایهٔ کَربُنیفِروس قرار دارد. (استثناءِ این قاعده جاهایی هستند که در آن‌ها، بنا به شواهد، می‌توان

---

[1] Cambrian

[2] Ordovician

[3] Devonian

[4] Jurassic

[5] Cretaceous

[6] Eocene

[7] Oligocene

[8] Miocene

[9] Devon

[10] Carboniferous

[11] coal

تشخیص داد که سنگ‌ها به سمتی مایل یا وارونه شده‌اند.) همیشه بخت با ما یار نیست که کلِ لایه‌ها را — از کامبرِیَن، که در زیر قرار دارد، تا لایهٔ اخیر، که در بالا قرار دارد — در جایی پیدا کنیم. اما از آن جا که این لایه‌ها به روشنی از یک‌دیگر قابلِ تمایز هستند، سنِ نسبیِ آن‌ها را، با در کنارِ هم چیدنِ لایه‌هایِ یافت‌شده، در نقاطِ مختلفِ جهان، می‌توان محاسبه کرد.

پس، خیلی وقت پیش از این که سنِ فسیل‌ها را بدانیم، *ترتیبِ* قرارگیریِ آن‌ها را می‌دانستیم یا دستِ کم از ترتیبِ قرارگیریِ رسوبات آگاه بودیم. ما می‌دانیم که فسیل‌هایِ کامبرِیَن، در همه جایِ جهان، قدیمی‌تر از فسیل‌هایِ اوردوویشَن بوده‌اند. همچنین، این فسیل‌ها هم قدیمی‌تر از فسیل‌هایِ سیلوریَن[1] هستند. سپس، فسیل‌هایِ دِوونیَن قرار دارند، بعد فسیل‌هایِ کامبرِیَن، پِرمیَن[2]، تِریاس[3]، ژوراسیک، کِرتاسه، و الی آخر. زمین‌شناسان زیرمجموعه‌هایی را نیز برایِ این لایه‌هایِ نام‌گذاری‌شده قائل شده‌اند: ژوراسیکِ فوقانی (متأخر)[4]، ژوراسیکِ میانی[5]، ژوراسیکِ تحتانی (اولیه)[6]، و غیره.

این چینه‌های[7] نام‌گذاری‌شده را معمولاً با فسیل‌هایی که درونِ آن‌ها قرار دارند تشخیص می‌دهند. و ما قرار است که از ترتیبِ قرارگیریِ فسیل‌ها، به عنوانِ مدرکی برایِ فرگشت، استفاده کنیم. آیا این خطر وجود ندارد که مرتکبِ استدلالِ دَوری شویم؟ البته که نه. به این موضوع بیاندیشید. فسیل‌هایِ کامبرِیَن مجموعه‌ای ویژه هستند که، بدونِ شک، به عنوانِ کامبرِیَن تشخیص داده می‌شوند. در حالِ حاضر، از مجموعه‌ای خاص از فسیل، به عنوانِ **برچسب**هایی برایِ فسیل‌هایِ

---

[1] Silurian

[2] Permian

[3] Triassic

[4] upper Jurassic

[5] middle Jurassic

[6] lower Jurassic

[7] stratum; (pl.) strata

دورهٔ کامبرِیَن — گونه‌هایِ شاخص[1] —، در هر کجا که یافت شوند، استفاده می‌کنیم. در واقع، به همین دلیل است که شرکت‌هایِ نفتی از فسیل‌شناسان برایِ تشخیصِ چینه‌هایِ مختلف استفاده می‌کنند. این کار معمولاً از طریقِ میکروفسیل‌ها[2] انجام می‌گیرد که فسیلِ موجوداتی کوچک به نامِ روزن‌داران[3] هستند. شعاعیان[4] نمونه‌ای از روزن‌داران‌اند.

برایِ تشخیصِ سنگ‌هایِ اوردوویشَن، دِوونیَن، و غیره از فهرستی مشخص از فسیل‌ها استفاده می‌شود. تا این جایِ کار، تنها استفاده‌ای که از این مجموعه فسیل‌ها می‌کنیم این است که تشخیص دهیم، برایِ مثال، تکه‌ای سنگ پِرمیَن است یا سیلوریَن. حال، از ترتیبِ ته‌نشینیِ چینه‌هایِ نام‌گذاری‌شده و کنارِ هم قرار دادنِ چینه‌هایِ مختلف در اقصی نقاطِ جهان استفاده می‌کنیم تا بفهمیم که کدام چینه‌ها جوان‌تر و کدام‌ها پیرتراند. وقتی که تکلیفِ این دو دسته چینه را مشخص کردیم، می‌توانیم فسیل‌هایی را که در چینه‌های جدیدتراند بررسی کنیم تا ببینیم که، با مقایسهٔ آن‌ها با یک‌دیگر، ترتیبِ فرگشتیِ معقولی مشاهده می‌شود یا نه. آیا در جهتِ معقولی پیش می‌روند؟ آیا فسیل‌هایِ خاصی، مثلاً فسیلِ پستان‌داران، تنها ***پس از*** زمانِ خاصی یافت می‌شود و، قبل از آن، اثری از آن‌ها نیست؟ پاسخِ همهٔ این سؤالات مثبت است. همواره مثبت. استثنائی هم ندارد. این مدرکْ مدرکی قوی برایِ درستیِ فرگشت است؛ چرا که به هیچ وجه حقیقتی ***ضروری*** نبوده است؛ به هیچ وجه نتیجه‌ای نبوده است که می‌بایست ضرورتاً از روشِ ما برایِ شناساییِ چینه‌ها و پیدا کردنِ ترتیبِ زمانیِ آن‌ها به دست بیاید.

این حقیقتی محض است که، در معنایِ واقعی، هیچ چیزی که کمترین شباهتی به پستان‌داران داشته باشد در سنگ‌هایِ دِوونیَن یا چینه‌هایِ پیرتر از آن یافت نشده است. این طور نیست که، از

---

[1] indicator species

[2] microfossil

[3] foraminifera

[4] radiolaria

لحاظِ آماری، پستانداران در چینهٔ دِوونیَن کمیاب‌تر از لایه‌هایِ بعدی باشند. واقعاً به هیچ وجه در سنگ‌هایی قدیمی‌تر از تاریخی خاص یافت نمی‌شوند. اما لزومی نداشت که این گونه باشد. ممکن بود که وقتی به کاوش در لایه‌هایِ پایین‌تر از دِوونیَن می‌پرداختیم، به لایهٔ سیلوریَن و، سپس، به اوردوویشَن می‌رفتیم و سرانجام به کامبریَن می‌رسیدیم — که از همه قدیمی‌تر است — می‌دیدیم که آکنده از پستان‌دار است. در واقع، به چنین چیزی بر ***نمی‌خوریم***، اما وجودِ این احتمال نشان می‌دهد که نمی‌توانند شما را به استدلالِ دَوری متهم کنند. یعنی هر لحظه ممکن است که کسی در سنگ‌هایِ کامبریَن پستان‌داری را کشف کند و کلِ نظریهٔ فرگشت را، به صورتِ آنی، با خاک یکسان کند. به دیگر سخن، فرگشت نظریه‌ای ابطال‌پذیر[1] و، در نتیجه، نظریه‌ای علمی[2] است. در فصلِ ۶، دوباره به این موضوع خواهم پرداخت.

معمولاً وقتی که آفرینش‌باوران تلاش می‌کنند چنین یافته‌هایی را به نفعِ خود تعبیر کنند، حرف‌هایِ خنده‌داری می‌زنند که در قوطیِ هیچ عطاری یافت نمی‌شود. بعضی می‌گویند که طوفانِ نوح کلیدِ فهمِ ترتیبِ پیداشدنِ فسیل‌های دسته‌هایِ عمدهٔ حیوانات است. چیزی که در ادامه می‌آید نقلِ‌قولی مستقیم از یکی از سایت‌هایِ پیشتاز در آفرینش‌باوری است.

ترتیبِ فسیل‌ها در چینه‌هایِ زمین‌شناختی این حقایق را نشان می‌دهد:

(i) بی‌مهرگان[3] (جانورانِ کندِ دریایی) و، پس از آن‌ها، ماهیانی که نسبت به آن‌ها تحرکِ بیشتری داشتند، به دلیلِ مدفون شدن زیرِ گل‌ولایِ ناشی از سیل، جزءِ اولین تلفات بودند.

(ii) دوزیستان[4] (نزدیک به دریا)، با بالا آمدنِ سطحِ آب، تلفاتِ بعدی بودند.

---

[1] falsifiable

[2] scientific theory

[3] invertebrate

[4] amphibian

(iii) خزندگان[1] (حیواناتِ خشکی‌زی و کند) در مرحلهٔ بعد مُردند.

(iv) پستان‌داران تواناییِ فرار از سطحِ بالاروندهٔ آب را داشتند. آن‌هایی که بزرگ‌تر و سریع‌تر بودند زمانِ بیشتری توانستند دوام بیاورند.

(v) انسان بیشترین ابتکار را در فرار از سیل داشت. مثلاً به کُندهٔ شناورِ درختان پناه می‌برد و کارهایی از این قبیل.

این ترتیب به صورتِ تمام‌وکمال ترتیبِ کشفِ فسیل‌ها را در چینه‌هایِ مختلف توجیه می‌کند. ترتیبِ پیدا شدنِ آن‌ها دالِ بر ترتیبِ فرگشتِ آن‌ها نیست، بلکه ترتیبِ سیل‌گیر شدنِ آن‌ها را، در زمانِ طوفانِ نوح[2]، نشان می‌دهد.

جدا از تمامِ ایراداتی که به این توجیهِ مشعشع وارد است، به ندرت می‌توان تمایلی ***آماری*** را در میانِ پستان‌داران یافت که، مثلاً، نشان دهد پستان‌داران، در مقایسه با خزندگان، ***به طورِ متوسط***، مهارتِ بیشتری در گریز از بالا آمدنِ سطحِ آب دارند. در عوض، همان گونه که از نظریهٔ فرگشت بر می‌آید، واقعاً **هیچ** پستان‌داری در چینه‌هایِ زمین‌شناختیِ تحتانی وجود ندارد. این نظریهٔ «پیش به سویِ بلندی» پایهٔ مستحکم‌تری می‌داشت اگر همین طور که به لایه‌هایِ پایین‌تر می‌رفتیم سایزِ پستان‌داران، از لحاظِ آماری، کاهش می‌یافت. در معنایِ واقعیِ کلمه هیچ تریلوبیتی[3] بالاتر از چینهٔ پرمین وجود ندارد. در معنایِ واقعیِ کلمه هیچ دایناسوری[4] (به جز پرندگان) بالاتر از چینهٔ کرتاسه وجود ندارد. باز هم تأکید می‌کنم، مطابقِ نظریهٔ «پیش به سویِ بلندی»، انتظار می‌رود که یک کاهشِ آماری را شاهد باشیم.

---

[1] reptile

[2] Noah's flood

[3] trilobite

[4] dinosaur

برگردیم به بحثِ زمان‌سنجی و ساعت‌هایِ رادیواکتیو. از آن‌جا که ترتیبِ نسبیِ چینه‌هایِ رسوبیِ نام‌برده به خوبی شناخته‌شده است و، در همه جایِ دنیا، این ترتیب یکسان است، می‌توانیم از رویِ سنگ‌هایِ آذرینی که بالا، پایین، یا درونِ چینه‌هایِ رسوبی قرار دارند قدمتِ چینه‌هایِ رسوبیِ نام‌برده را تعیین کنیم. به همین ترتیب، قدمتِ فسیل‌هایِ درونِ آن‌ها نیز مشخص می‌شود. این روش را می‌توان دقیق‌تر هم کرد. می‌توانیم فسیل‌هایی را که نزدیک به لایهٔ بالا، مثلاً لایهٔ کَربُنیفروس یا کِرتاسه، قرار دارند متأخرتر از فسیل‌هایی در نظر بگیریم که در همان چینه‌ها اما پایین‌تر قرار دارند. لازم نیست که در نزدیکیِ هر فسیلی که می‌خواهیم عمرش را بسنجیم سنگی آذرین پیدا کنیم. مثلاً بر اساسِ جایگاهِ یک فسیل در چینهٔ دِوونَین می‌توانیم بگوییم که آن فسیل متعلق به اواخرِ دِوونَین است. و، با زمان‌سنجیِ رادیواکتیوِ سنگ‌هایِ آذرینِ چینهٔ دِوونَین در سراسرِ دنیا، به این نتیجه رسیده‌ایم که دورهٔ دِوونَین حدودِ ۳۶۰ میلیون سالِ پیش پایان یافته است.

**جدول ۱: ساعت‌های رادیواکتیو**

| ایزوتوپ‌هایِ ناپایدار[1] | پس از فروپاشی تبدیل می‌شود به | نیمه‌عمر (بر حسبِ سال) |
|---|---|---|
| روبیدیم-۸۷ | استرونتیوم[2] | ۴۹,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ |
| رینیم[3]-۱۸۷ | اسمیم[4]-۱۸۷ | ۴۱,۶۰۰,۰۰۰,۰۰۰ |
| توریُم[5]-۲۳۲ | سرب-۲۰۸ | ۱۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ |

[1] unstable

[2] strontium

[3] rhenium

[4] osmium

[5] thorium

| | | |
|---|---|---|
| اورانیوم-۲۳۸ | سرب-۲۰۶ | ۴٫۵۰۰٫۰۰۰٫۰۰۰ |
| پتاسیم-۴۰ | آرگون-۴۰ | ۱٫۲۶۰٫۰۰۰٫۰۰۰ |
| اورانیوم-۲۳۵ | سرب-۲۰۷ | ۷۰۴٫۰۰۰٫۰۰۰ |
| سامریُم[1]-۱۴۷ | نئودیمیُم[2]-۱۴۳ | ۱۰۸٫۰۰۰٫۰۰۰ |
| ید[3]-۱۲۹ | زنون[4]-۱۲۹ | ۱۷٫۰۰۰٫۰۰۰ |
| آلومینیوم-۲۶ | منیزیم[5]-۲۶ | ۷۴۰٫۰۰۰ |
| کربن-۱۴ | نیتروژن-۱۴ | ۵٫۷۳۰ |

ساعتِ پتاسیم-آرگون صرفاً نمونه‌ای از چندین ساعتی است که زمین‌شناسان از آن استفاده می‌کنند. همهٔ این ساعت‌ها، در هر مقیاسِ زمانی که باشند، اصولِ یکسانی دارند. جدول ۱ ساعت‌های مختلف را، از کند به تند نشان می‌دهد. در این‌جا نیز، به دامنهٔ وسیعِ نیمه‌عمرها توجه کنید: از ۴۹ میلیارد سال در قسمتِ کُند و کمتر از ۶،۰۰۰ سال در قسمتِ تندِ پیوستار. ساعت‌های سریع‌تر، مانندِ کربنِ-۱۴، نسبتاً متفاوت عمل می‌کنند. دلیلش هم آن است که «صفرشدنِ» این ساعت‌های سریع‌تر لزوماً متفاوت است. از میانِ ایزوتوپ‌هایی که نیمه‌عمرِ کوتاهی دارند، آن‌هایی که در زمانِ پیدایشِ

[1] samarium

[2] neodymium

[3] iodine

[4] xenon

[5] magnesium

زمین وجود داشته‌اند مدت‌هاست که ناپدید شده‌اند. پیش از این که به نحوهٔ کارِ زمان‌سنجی با کربن بپردازم، ارزشش را دارد که اندکی درنگ کنیم و به مدرکِ دیگری بیاندیشیم که در تأییدِ پیر بودنِ زمین است و می‌گوید که این سیاره میلیاردها سال سن دارد.

از میانِ تمامِ عناصرِ رویِ زمین، ۱۵۰تایِ آن‌ها ایزوتوپ‌هایِ پایدار و ۱۵۸تایِ آن‌ها ناپایدارند، که در مجموع ۳۰۸ عنصر می‌شوند. از میانِ آن ۱۵۸ ایزوتوپِ ناپایدار، ۱۲۱تا منقرض شده‌اند یا وجودشان صرفاً به این خاطر است که مرتباً تجدید می‌شوند، مثلِ کربنِ-۱۴ (که در ادامه به آن خواهیم پرداخت). حال اگر به آن ۳۷ ایزوتوپی که منقرض نشده‌اند بیاندیشیم، به نکتهٔ مهمی پی خواهیم برد. هر یک از این ایزوتوپ‌ها نیمه‌عمری بیش از ۷۰۰ میلیون سال دارد. و اگر به آن ۱۲۱ ایزوتوپی بیاندیشیم که منقرض شده‌اند، هر یک از آن‌ها نیمه‌عمری کمتر از ۲۰۰ میلیون سال دارد. حواس‌تان باشد گمراه نشوید. به یاد داشته باشید که داریم دربارهٔ ***نیمه‌عمر*** صحبت می‌کنیم، نه عمر. به سرانجامِ ایزوتوپی که نیمه‌عمرش ۱۰۰ میلیون سال است بیاندیشید. ایزوتوپ‌هایی که نیمه‌عمری کمتر از حدودِ یک‌دهمِ سنِ زمین را دارند، عملاً، منقرض شده‌اند و وجود ندارند، مگر تحتِ شرایطی خاص. به استثناءِ آن ایزوتوپ‌هایی که به دلایلِ خاصی، که برای‌مان قابلِ درک هستند، همچنان وجود دارند، یگانه ایزوتوپ‌هایی که می‌توانیم رویِ زمین پیدا کنیم آن‌هایی هستند که نیمه‌عمرشان آن قدر زیاد است که توانسته‌اند رویِ سیاره‌ای پیر سالم بمانند. کربن-۱۴ یکی از این استثنائات است و دلیلِ استثنائی بودنش هم جالب است. دلیلش این است که مرتب احیاء می‌شود. از این رو، ساعتِ کربن-۱۴ باید متفاوت از ایزوتوپ‌هایی درک شود که عمرِ طولانی‌تری دارند. در این موردِ خاص، منظور از ***صفر کردنِ*** ساعت چیست؟

## کربن

از میانِ تمامِ عناصر، کربن برایِ حیات ضروری به نظر می‌رسد. تصورِ حیات رویِ هر سیاره‌ای، بدونِ آن، مشکل است. دلیلش توانایی فوق‌العادهٔ کربن در تشکیلِ زنجیره، حلقه، و دیگر ساختارهایِ

مولکولیِ پیچیده است. ورودِ آن به شبکهٔ غذایی[1] از طریقِ فتوسنتز[2] صورت می‌گیرد. فتوسنتز فرآیندی است که گیاه به واسطهٔ آن مولکول‌هایِ دی‌اکسیدِ کربن را از جَو می‌گیرد و، با استفاده از انرژیِ خورشید، اتم‌هایِ کربنِ آن را با آب ترکیب می‌کند تا قند بسازند. تمامِ کربن‌هایِ موجود در بدنِ ما و همهٔ موجوداتِ زنده، بی‌برو-برگرد، از طریقِ گیاهان، از دی‌اکسیدِ کربنِ موجود در جَو تأمین می‌شوند. و هر زمان که بازدم انجام می‌دهیم، عملِ دفع را انجام می‌دهیم، و یا می‌میریم، این اتم مرتباً بازیافت می‌شود.

عمدهٔ کربنِ موجود در دی‌اکسیدِ کربنِ جوْ کربن-۱۲ است که رادیواکتیو نیست. اما حدودِ یک اتم از میانِ یک تریلیون کربن-۱۴ رادیواکتیو است. سرعتِ فروپاشیِ آن نسبتاً بالاست و، همان گونه که قبلاً دیدیم، با نیمه‌عمریِ برابرِ با ۵،۷۳۰ سال به نیتروژن-۱۴ تبدیل می‌شود. زیست‌مکانیک (بیوشیمیِ)[3] گیاه به گونه‌ای است که کاری به تفاوت‌هایِ این دو نوع کربن ندارد. از دیدِ گیاه، کربنْ کربن است و دیگر هیچ. پس، گیاهان کربن-۱۴ را در کنارِ کربن-۱۲ جذب می‌کنند و هر دو نوع اتمِ کربن را در ساختِ قند به کار می‌برند، به همان نسبتی که این اتم‌ها در جو وجود دارند. کربنِ موجود در جَو (به همراهِ نسبتِ برابری از اتم‌هایِ کربن-۱۴) به سرعت (در مقایسه با نیمه‌عمرِ کربن-۱۴) —— با خورده شدنِ گیاهان توسطِ گیاه‌خواران[4]، و خورده شدنِ گیاه‌خواران توسطِ گوشت‌خواران[5]، و مانندِ آن —— در زنجیرهٔ غذایی پخش می‌شود. نسبتِ کربن-۱۲ به کربن-۱۴ در بدنِ همهٔ موجوداتِ زنده ، چه گیاه و چه حیوان، تقریباً یکسان است و برابر با همان نسبتی است که در جَو هم یافت می‌شود.

---

[1] food web

[2] photosynthesis

[3] biochemistry

[4] herbivore

[5] carnivore

خوب، پس ساعت چه زمانی صفر می‌شود؟ در لحظه‌ای که یک موجودِ زنده، چه حیوان و چه گیاه، می‌میرد. در آن لحظه، از زنجیرهٔ غذایی و، در نتیجه، از جریانِ ورودیِ کربن-۱۴ ، که از طریقِ گیاهان از جَو تأمین می‌شود، جدا می‌گردد. پس از گذشتِ قرن‌ها، کربن-۱۴ موجود در لاشهٔ حیوان، تکه‌ای چوب، تکه‌ای از لباس، یا هر چیزِ دیگری پیوسته فرو می‌پاشد و به نیتروژن-۱۴ تبدیل می‌شود. از این رو، نسبتِ کربن-۱۴ به کربن-۱۲ موجود در گونه به تدریج کمتر و کمتر می‌شود و از حدِ استانداردی که در بدنِ موجوداتِ زنده وجود دارد و با اتمسفر برابر است کمتر می‌شود. سرانجام، فقط کربن-۱۲ باقی می‌ماند یا، به بیانِ دقیق‌تر، تعدادِ کربن-۱۴ آن قدر کم می‌شود که نمی‌توان مقدارش را اندازه گرفت. و نسبتِ کربن-۱۲ به کربن-۱۴ را می‌توان برایِ محاسبهٔ زمانی که مرگِ آن موجودِ زنده موجبِ جدایی‌اش از زنجیرهٔ غذایی و قطعِ تعاملش با اتمسفر[1] شده است اندازه گرفت.

خیلی هم خوب، اما این روش فقط به این دلیل جواب می‌دهد که کربن-۱۴ مرتباً در اتمسفر تجدید می‌شود. اگر چنین نبود، کربن-۱۴، با توجه به نیمه‌عمرِ کوتاهی که دارد، خیلی وقت بود که، به همراهِ تمامِ ایزوتوپ‌هایِ طبیعی‌اش که نیمه‌عمرِ کوتاهی دارند، از صحنهٔ روزگار محو شده بود. کربن-۱۴ به این دلیل خاص است که پرتوهایِ کیهانی[2]، با بمبارانِ اتم‌هایِ نیتروژنِ درونِ لایهٔ فوقانیِ اتمسفر، آن را مرتباً تولید می‌کند. نیتروژن رایج‌ترین گاز در اتمسفر است و عددِ جرمی‌اش ۱۴ است، مانندِ کربن-۱۴. تفاوت‌شان در این است که کربنِ-۱۴ تعدادِ ۶ پروتون و ۸ نوترون دارد، اما نیتروژن-۱۴ تعدادِ ۷ پروتون و ۷ نوترون دارد. (به یاد داشته باشید که جرمِ نوترون تقریباً با پروتون برابر است.) ذراتِ پرتوهایِ کیهانی می‌توانند با برخوردِ به پروتونِ داخلِ هستهٔ نیتروژن آن را به نوترون تبدیل کنند. وقتی که این اتفاق رخ می‌دهد، آن اتم به کربن-۱۴ تبدیل می‌شود، که یک گام از نیتروژن، در جدولِ تناوبی، عقب‌تر است. سرعتِ رخدادِ این تبدیل از قرنی به قرنِ دیگر تقریباً

[1] atmosphere

[2] cosmic rays

یکسان است و به همین دلیل هم هست که زمان‌سنجی با کربن جواب می‌دهد. در واقع، این سرعت دقیقاً ثابت نیست و، در حالتِ ایده‌آل، باید اختلافات را محاسبه کنیم. خوش‌بختانه کالیبراسیونِ دقیقی برایِ تغییرِ میزانِ تأمینِ کربن-۱۴ در اتمسفر وجود دارد که می‌تواند این اختلاف را حل و محاسباتِ سنجشِ عمرمان را دقیق‌تر کند. به یاد داشته باشید که روشِ جایگزینِ زمان‌سنجیِ چوب (درخت‌گاه‌شماری) هم در اختیار داریم که تقریباً همان دامنهٔ زمانی را پوشش می‌دهد که زمان‌سنجی با کربن. ولی این روش در حدِ محاسبهٔ نزدیک‌ترین سالِ واقعه دقیق است. با در نظر گرفتنِ سنِ نمونه‌هایِ چوبی که با کربن زمان‌سنجی شده‌اند و، به طورِ مستقل، سن‌شان به کمکِ زمان‌سنجی با حلقه‌هایِ درختی هم تعیین شده است، می‌توانیم خطایِ زمان‌سنجی با کربن را بگیریم. سپس، در زمان‌سنجیِ نمونه‌هایِ ارگانیکی که داده‌هایِ حلقهٔ درختیِ متناظری برای‌شان وجود ندارد (عمدهٔ نمونه‌ها چنین هستند)، می‌توانیم از این کالیبراسیون‌هایِ سنجش بهره ببریم.

زمان‌سنجی با کربن ابداعِ تقریباً متأخری است و آغازِ آن در دههٔ ۱۹۴۰ بوده است. در سال‌هایِ اولیهٔ استفاده از آن، مقدارِ عظیمی موادِ ارگانیک برایِ فرآیندهایِ زمان‌سنجی لازم بود. سپس، در دههٔ ۱۹۷۰، روشی به نامِ طیف‌سنجیِ جرمی[1] برایِ استفاده با زمان‌سنجی با کربن تطبیق داده شد و نتیجه آن شد که اکنون تنها مقدارِ کمی از مادهٔ ارگانیک لازم است. این کار انقلابِ بزرگی در زمان‌سنجیِ باستانی به پا کرد. بهترین مثالِ آن کفنِ تورین[2] است. از آن‌جا که به نظر می‌آید چهرهٔ مردی مصلوب و ریش‌دار بر این تکه پارچهٔ معروف نقش بسته است، بسیاری بر این امید بودند که متعلق به زمانِ عیسی باشد. برایِ نخستین بار، سر-و-کلهٔ این کفن در اسنادِ تاریخیِ اواسطِ قرنِ چهاردهم در فرانسه پیدا می‌شود و هیچ کس هم نمی‌داند که پیش از آن کجا بوده است. از سالِ ۱۵۷۸، در تورین نگه داشته شده و، از سالِ ۱۹۳۸، در اختیارِ واتیکان بوده است. وقتی که طیف‌سنجیِ جرمی این امکان را فراهم کرد که، به جایِ نواری بلند از کفن که در گذشته لازم می‌بود، از تکهٔ

[1] mass spectrometry

[2] the Shroud of Turin

بسیار کوچکی از کفن برایِ زمان‌سنجی استفاده شود، واتیکان اجازه داد تکهٔ کوچکی از آن را ببرند. این نوار به سه قسمت تقسیم شد و به سه آزمایشگاهِ برجسته در آکسفورد، آریزونا[1]، و زوریخ[2] فرستاده شد که در زمان‌سنجی با کربن تخصص داشتند. هر سه آزمایشگاه، در شرایطی کاملاً مستقل از یکدیگر، بدونِ هیچ گونه تبادلِ آراء، نظرِ خود را دربارهٔ زمانِ مرگِ الیافِ کتانی‌ای که کفن با آن بافته شده بود اعلام کردند. آکسفورد سالِ ۱۲۰۰، آریزونا ۱۳۰۴، و زوریخ ۱۲۷۴ پس از میلاد را اعلام کردند. همهٔ این تاریخ‌ها، که در حاشیهٔ خطایِ[3] نرمال قرار دارند، با یک‌دیگر و، همچنین، با دههٔ ۱۳۵۰، که در آن برایِ نخستین بار در تاریخ از این کفن سخن به میان رفته است، سازگارند. همچنان بر سرِ زمان‌سنجیِ کفن بحث است، اما کسی روشِ زمان‌سنجی با کربنِ آن را زیرِ سؤال نبرده است. مثلاً ممکن است که یک آتش‌سوزی، که در تاریخِ ۱۵۳۲ رخ داده است، کربنِ درونِ کفن را آلوده کرده باشد. بیش از این بحث را ادامه نمی‌دهم؛ چرا که این کفن اهمیتِ تاریخی دارد، نه فرگشتی. اما این مثالِ خوبی برایِ شرحِ این روش است و، همچنین، نشان می‌دهد، که بر خلافِ درخت‌گاه‌شماری، روشی نیست که تا حدِ سال دقیق باشد، بلکه دقتی در حدودِ قرن دارد.

مرتباً تأکید کرده‌ام که ساعت‌هایِ متفاوت و بسیاری وجود دارند که «کارآگاه» فرگشتیِ امروزی می‌تواند از آن‌ها استفاده کند و، همچنین، گفته‌ام که این ساعت‌ها در مقیاس‌هایِ زمانیِ مختلف، اما دارایِ هم‌پوشانی، کاربرد دارند. برایِ تخمین‌هایِ مستقل از سنِ یک تکه سنگ، می‌توان از ساعت‌هایِ رادیواکتیو استفاده کرد و باید به خاطر داشت که همهٔ ساعت‌هایِ آن تکه سنگ، در زمانِ جمودِ آن، به صورتِ هم‌زمان صفر شده‌اند. وقتی که چنین مقایسه‌هایی را انجام می‌دهیم، ساعت‌هایِ مختلف با هم تطابق دارند، البته در حاشیهٔ خطایِ موردِ انتظارِ خود. این واقعیت اطمینانِ ما را به درستیِ ساعت‌هایِ مختلف افزون می‌کند. این ساعت‌ها را، که به صورتِ دوجانبه کالیبره[4]

---

[1] Arizona

[2] Zurich

[3] margin of error

[4] calibrate

شده‌اند و روی سنگ‌های شناخته‌شده بازبینی شده‌اند، می‌توان با اطمینان در مسائلِ زمان‌سنجیِ جالب‌توجه به کار برد، مثلِ سنِ زمین. سنی که اکنون بر رویِ آن توافق است ۴/۶ میلیارد سال است و ساعت‌های مختلفی، در این زمینه، با هم هم‌پوشانی دارند. چنین توافقی عجیب نیست، اما متأسفانه باید بر آن تأکید کنیم؛ چرا که، همان‌گونه که در دیباچه هم گفتم و در پیوست هم برایِ آن سند آورده‌ام، به طرزِ غیرِ قابلِ باوری حدودِ ۴۰ درصدِ آمریکایی‌ها و درصدِ اندک کمتری از بریتانیایی‌ها بر این باورند که سنِ زمین بسیار کمتر از چند میلیارد سال است، یعنی کمتر از ۱۰٬۰۰۰ سال. تأسف‌آور این‌که بعضی از این انکارکنندگانِ تاریخ، به ویژه در آمریکا و عمدهٔ کشورهایِ اسلامی، اختیارِ مدارس و برنامهٔ درسی‌شان را در دست دارند.

حال یک انکارکنندهٔ تاریخ ممکن است مثلاً ادعا بکند که ساعتِ پتاسیم-آرگون ایراد دارد. مثلاً بگوید اگر سرعتِ کندِ فروپاشیِ امروزیِ پتاسیم-۴۰ از زمانِ طوفانِ نوح کند شده باشد چطور؟ اگر، پیش از آن، نیمه‌عمرِ پتاسیم-۴۰ از اساس متفاوت بوده باشد چطور؟ مثلاً به جایِ ۱/۲۶ میلیارد سال، فقط چند قرن بوده باشد. این بهانه‌تراشی‌هایِ منحصربه‌فرد در این گونه مدعاها کفرِ آدم را در می‌آورند. آخر به کدامین دلیل، قوانین فیزیک باید به همین راحتی و آن هم با چنین گستردگی تغییر کنند؟ چیزی که بیشتر خشم‌برانگیز است این است که بهانه‌تراشی‌هایِ خود را، به صورتِ متقابل، با هر یک از ساعت‌ها، به صورتِ جداگانه، وفق می‌دهند. در حالِ حاضر، تمامِ ایزوتوپ‌هایِ مرتبط بر این امر توافق دارند که پیدایشِ زمین چیزی بینِ چهار یا پنج میلیارد سالِ پیش بوده است. و با این فرض که نیمه‌عمرِ آن‌ها — همان‌گونه که قوانینِ فیزیک، قویاً، تأکید می‌کنند — همیشه با مقدارِ امروزیِ آن‌ها برابر بوده است با هم توافق دارند. انکارکنندگانِ تاریخ مجبورند نیمه‌عمرِ همهٔ ایزوتوپ‌ها را، با نسبت‌هایِ مختلف، دست‌کاری کنند تا نتیجه این شود که زمین ۶٬۰۰۰ سالِ پیش به وجود آمده است. این آن چیزی است که به آن بهانه‌تراشیِ منحصربه‌فرد می‌گویم! تازه، تا این‌جایِ کار، سخنی هم از دیگر روش‌هایِ زمان‌سنجی که نتایجِ یکسانی دارند، مثلاً زمان‌سنجی با مسیرِ

شکافتِ هسته‌ای[1]، به میان نیاورده‌ام. تفاوتِ عمدهٔ مقیاسِ زمانیِ ساعت‌هایِ مختلف را در نظر بگیرید و حسابش را بکنید که با چه شدت و همتی باید قوانینِ فیزیک را به هم زد تا همهٔ ساعت‌هایِ مختلف با هم توافق پیدا کنند که سنِ زمین، به جایِ ۴/۶ میلیارد سال، ۶،۰۰۰ سال شود! با توجه به این که یگانه هدف و انگیزهٔ چنین دست‌کاری‌هایی این است که اسطورهٔ منشأ[2] عده‌ای قبیله‌ای و صحرانشین که در عصرِ برنز[3] می‌زیسته‌اند به کرسی بنشیند، کمترین واکنش این است که بگوییم عجیب است که حتی یک نفر فریفتهٔ آن شود.

یک نوع ساعتِ فرگشتی دیگر هم داریم که به آن ساعتِ مولکولی می‌گوییم. اما بحث دربارهٔ آن را به فصلِ ۱۰، پس از معرفی چند ایدهٔ ژنتیکِ مولکولی، موکول می‌کنیم.

---

[i] من ساعتی آفتابی‌ام و خیلی شلخته

می‌کنم همان کاری که ساعت بهتر می‌کند

هیلیر بِلاک (Hilaire Belloc)

[ii] که احتمالاً به دلیلِ این رویدادِ فرگشتیِ اتفاقی است که ده انگشت داریم. فِرِد هویْل (Fred Hoyle) احتمالی هوشمندانه را مطرح کرده است. او گفته بود که اگر هشت انگشت داشتیم و، به

---

[1] fission track dating

[2] origin myth

[3] Bronze Age

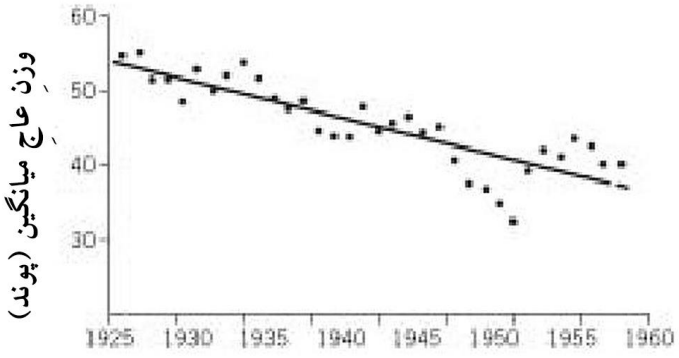
جایِ سیستمِ ده‌دهی، به حسابِ هشت‌هشتی خو می‌گرفتیم، ممکن بود حسابِ دو–دویی و، در نتیجه، رایانه‌هایِ الکترونیکی را یک قرن زودتر اختراع می‌کردیم (چرا که ۸ توانی از ۲ است).

[iii] حیف که این نقلِ معروف که این ایده در خواب به دیمیتری مِندِلِیف (Dmitri Mendeleev) الهام شده احتمالاً نادرست است.

## فصلِ ۵: درست جلویِ چشمانِ ما

این استعاره را به کار بردم و گفتم که کارآگاه زمانی سرِ صحنه می‌رسد که می‌بیند جا تر است و بچه نیست. او باید از رویِ شواهدِ به‌جامانده آن‌چه را که رخ داده است بازسازی کند. اما شاید خیلی زود به قاضی رفتم و نتیجه گرفتم که مشاهدهٔ عینیِ فرگشت غیرِ ممکن است. با این که عمدهٔ تغییراتِ فرگشتی مدت‌ها پیش از آن رخ داده‌اند که انسانی به وجود آمده باشد، نمونه‌هایی خیلی سریع از فرگشت داریم که می‌توانیم، طیِ عمرِ کوتاه‌مان، به چشمِ خود شاهدشان باشیم.

نشانه‌هایی وجود دارد که احتمالاً چنین تغییراتی حتی در فیل‌ها هم رخ داده باشد. داروین فیل‌ها را موجوداتی با کندترین سرعتِ تولیدِ مثل و بلندترین طولِ عمرِ نسل برشمرده بود. یکی از دلایلِ اصلیِ مرگِ فیل‌هایِ آفریقایی انسان‌های سلاح‌به‌دستی هستند که فیل‌ها را برایِ عاج‌شان شکار می‌کنند (حال عاج‌ها را یا برای یادگاری می‌خواهند یا برای حکاکی و صنایع دستی). طبیعتاً، شکارچیان معمولاً به سراغِ فیل‌هایی می‌رفتند که بزرگ‌ترین عاج را داشتند. این بدان معناست که، دستِ‌کم از لحاظِ نظری، فیل‌هایِ عاج‌کوچک وضعیتِ بهتری پیدا کردند. همیشه در فرگشت این طور است که نیروهایِ انتخابیِ متضادی وجود دارند و حاصلِ کار مصالحه‌ای میانِ این دو نیرو خواهد بود. شکی نیست که، وقتی بحثِ رقابت با دیگر فیل‌ها مطرح است، فیل‌هایِ عاج‌بلند در وضعیتِ بهتری قرار داشته باشند. اما میانِ این برتری و شرایطِ بدی که در رویارویی با انسان‌هایِ اسلحه‌به‌دست در آن قرار می‌گیرند تعادلی به وجود می‌آید. هر گونه افزایشِ شکار، چه قانونی و چه غیرِ قانونی، این تعادل را به نفعِ فیل‌هایِ عاج‌کوچک‌تر تغییر می‌دهد. اگر بقیهٔ شرایط را یکسان در نظر بگیریم، می‌توانیم انتظار داشته باشیم که، در پیِ شکارِ انسانی، شاهدِ روندی فرگشتی به سمتِ فیل‌هایِ عاج‌کوچک باشیم. اما انتظار می‌رود که پس از چند هزاره چنین تغییری قابلِ مشاهده شود. انتظار نمی‌رود که چنین تغییری را در عمرِ کوتاهِ خود شاهد باشیم. حال بیایید نگاهی بیاندازیم به یک سری عدد و رقم.




**شکل ۱۱ - وزنِ عاج در فیل‌هایِ اوگاندا**

شکل ۱۱ اطلاعاتِ به‌دست‌آمده از ادارهٔ شکارِ اوگاندا[1] را نشان می‌دهد که در سالِ ۱۹۶۲ منتشر شده‌اند. این نمودار فقط برایِ فیل‌هایی است که قانونی شکار شده‌اند و وزنِ عاجِ متوسطِ آن‌ها را بر حسبِ پوند (در واحدِ زمان) برایِ هر سال، از سالِ ۱۹۲۵ تا ۱۹۵۸ (که طیِ آن اوگاندا تحت‌الحمایهٔ بریتانیا بود) نشان می‌دهد. نقطه‌ها ارقامِ سالیانه هستند. خطی که میانِ نقاط رد شده چشمی رسم نشده، بلکه با کمکِ روشیِ آماری به نامِ رگرسیونِ خطی[2] رسم شده است.[i] همان گونه که می‌بینید، این روند، طیِ سی‌وسه سال، نزولی است. و این روند، از لحاظِ آماری، قابلِ توجه است. یعنی به احتمالِ قریب‌به‌یقین روندی واقعی است، نه تأثیری اتفاقی.

این حقیقت که روندی از لحاظِ آماری قابلِ توجه به سمتِ کوتاه شدنِ عاج وجود دارد لزوماً به این معنی نیست که این روندْ روندی فرگشتی است. اگر قرار باشد هر سال برایِ مردانِ ۲۰سالهٔ قرنِ بیستم نموداری را رسم کنید، در بسیاری از کشورها روندی رو به سویِ قدِ بلندتر را شاهد خواهید بود. در حالتِ عادی این روندْ روندی فرگشتی تلقی نمی‌شود، بلکه محصولی از بهبودِ تغذیه محسوب می‌شود. با وجودِ این، در موردِ فیل‌ها، دلایلِ خوبی وجود دارد که نشان می‌دهند

---

[1] Uganda Game Department

[2] linear regression

انتخابی قوی ضدِّ عاج‌هایِ بزرگ در جریان است. با وجودِ این که این نمودار برایِ عاج‌هایی رسم شده است که از شکارهایِ مجوزدار حاصل شده‌اند، به این نکته توجه داشته باشید که ممکن است فشارِ انتخابی که موجبِ ایجادِ این روند شده است حاصلِ شکارِ غیرِ قانونی باشد. باید به طورِ جدی احتمالِ وجودِ یک روندِ فرگشتیِ واقعی را در نظر بگیریم که، در این حالت، روندْ روندِ بسیار سریعی تلقی خوهد شد. باید محتاط بود و از نتیجه‌گیریِ زودهنگام و افراطی پرهیز کرد. ممکن است چیزی که شاهدِ آنیم روندی قوی از انتخابِ طبیعی باشد که به احتمالِ زیاد به تغییر در فراوانیِ ژن‌هایی خاص در جمعیت منجر خواهد شد. اما، تا کنون، چنینِ آثارِ ژنتیکی‌ای مشاهده نشده‌اند. این احتمال هم وجود دارد که تفاوتِ میانِ فیل‌هایِ عاج‌بزرگ و عاج‌کوچک غیرِ ژنتیکی باشد. با وجودِ این، شخصاً ترجیح می‌دهم که احتمالِ وجودِ یک روندِ فرگشتیِ واقعی را جدی بگیرم.

مهم‌تر این که، همکارِ من، دکتر آیِن داگلاس-هَمیلتون[1]، که یکی از مراجعِ فیل‌هایِ آفریقایی در سطحِ جهان است، این مسئله را جدی تلقی می‌کند و، به درستی، باور دارد که باید دقیق‌تر به این موضوع نگاه شود. او گمان می‌برد که این روند مدت‌ها پیش از سالِ ۱۹۲۵ آغاز شده بوده است و، پس از سالِ ۱۹۵۸، ادامه یافته است. وی، بنا به مدارکی، باور دارد که عاملی یکسان در گذشته باعثِ بی‌عاج شدنِ بسیاری از جمعیت‌هایِ بومیِ فیل‌هایِ آسیایی شده است. به نظر می‌آید که شاهدِ موردی از فرگشتِ سریع هستیم که دارد جلویِ چشمان‌مان رخ می‌دهد و ارزشش را دارد که پژوهشِ بیشتری پیرامونش انجام گیرد.

حال بگذارید به موردِ دیگری بپردازیم؛ موردی که اخیراً مطالعاتِ جالبِ توجهی پیرامونش صورت گرفته است: مطالعه رویِ سوسمارهایِ[2] جزایرِ آدریاتیک[3].

---

[1] Ian Douglas-Hamilton

[2] lizard

[3] Adriatic islands

## سوسمارهایِ جزیرهٔ پود مِرکارو[1]

دور از سواحلِ کرواسی، دو جزیرهٔ کوچک به نام‌هایِ پود کوپیستی[2] و پود مِرکارو وجود دارند. در سالِ ۱۹۷۱، جمعیتِ سوسمارهایِ رایجِ مدیترانه، *پودارسیس سیکولا*، که عمدتاً از حشرات تغذیه می‌کند، در پود کوپیستی وجود داشت، اما در پود مِرکارو هیچ اثری از آن‌ها نبود. در آن سال، آزمایش‌کنندگان پنج جفت *پودارسیس سیکولا*[3] را از پود کوپیستی گرفتند و در پود مِرکارو رها کردند. سپس، در سالِ ۲۰۰۸، گروهِ دیگری از دانشمندانِ بلژیکی، که با آنتونی هِرِل[4] در ارتباط بودند، به آن جزیره رفتند تا ببینند چه اتفاقی در آنجا افتاده است. آن‌ها در پود مِرکارو جمعیتی سالم و رو-به-رشد از سوسمار را مشاهده کردند و بررسیِ دی.ان.ایِ نشان داد که آن سوسمارها واقعاً *پودارسیس سیکولا* هستند. چنین تصور شد که آن‌ها نوادگانِ آن پنج جفتِ منتقل‌شده بوده‌اند. هِرِل و همکارانش مطالعاتی را بر رویِ نوادگانِ سوسمارهایِ منتقل‌شده انجام دادند و آن‌ها را با سوسمارهایی که در جزیرهٔ نیاکانی‌شان می‌زیستند مقایسه کردند. تفاوت‌هایِ گسترده‌ای میانِ آن‌ها وجود داشت. آن دانشمندان این فرضِ شاید-توجیه‌پذیر را در نظر گرفتند که احتمالاً سوسمارهایی که رویِ جزیرهٔ نیاکانیِ پود کوپیستی زندگی می‌کرده‌اند نمایندگانی بدونِ تغییر از سوسمارهایِ نیاکانیِ سی‌وشش سالِ پیش بوده‌اند. به دیگر سخن، آن‌ها فرض را بر این گذاشتند که دارند سوسمارهایِ فرگشت‌یافتهٔ پود مِرکارو را با «نیاکان» فرگشت‌نیافته‌شان (یعنی سوسمارهایی که هم‌عصرِ آن‌ها و، در عینِ حال، از نوعِ نیاکانِ آن‌ها) در پود کوپیستی مقایسه می‌کنند. حتی اگر این پیش‌فرض غلط باشد، یعنی حتی اگر مثلاً سوسمارهایِ پود کوپیستی به سرعتِ سوسمارهایِ پود

---

[1] Pod Mrcaru

[2] Pod Kopiste

[3] *Podarcis sicula*

[4] Anthony Herrel

مرکارو فرگشت یافته باشند، باز هم شاهدِ نوعی واگراییِ فرگشتی در طبیعت هستیم که در مقیاسِ زمانیِ چند دهه صورت گرفته است: مقیاسی که عمرِ انسان برای رؤیت آن به چشم کفاف می‌دهد.

و اما تفاوت‌هایِ میانِ جمعیتِ ساکنِ دو جزیره چه بود که فرگشت‌شان صرفاً سی‌وهفت سال طول کشیده بود؟[ii] سوسمارهایِ پودِ مرکارو (جمعیتِ «فرگشت‌یافته») سرهایِ به مراتب بزرگ‌تری نسبت به جمعیتِ ساکنِ پودِ کوپیستی (جمعیتِ «اولیه») داشتند. سرهای‌شان کشیده‌تر، پهن‌تر، و بلندتر بود. حاصلِ این تفاوت تواناییِ به مراتب بیشتری در گاز گرفتن است. چنین تغییری عموماً با تمایل به سمتِ رژیمی عمدتاً گیاهی همراه است و همین اتفاق هم افتاده بود. سوسمارهایِ پودِ مرکارو، نسبت به نوعِ «نیاکانیِ» ساکنِ پودِ کوپیستی، به طورِ قابلِ توجهی بیشتر گیاه مصرف می‌کنند. سوسمارهایِ پودِ مرکارو از رژیمی نسبتاً-منحصر-به-حشرات (بندپایان، به روایتِ شکل ۱۲) که نسلِ جدیدِ پودِ کوپیستی هم از آن تغذیه می‌کرد به سمتِ رژیمی متمایل شده بودند که عموماً گیاهی بود، مخصوصاً در تابستان.

چرا وقتی نوعی حیوان به رژیمِ گیاهی متمایل می‌شود به قدرتِ گاز گرفتنِ بیشتری نیاز دارد؟ چرا که سلول‌هایِ گیاهان، و نه حیوانات، به دلیلِ داشتنِ سلولُز[1] محکم است. پستان‌دارانِ گیاه‌خوار، مانندِ اسب، گاو، و فیل، دندان‌هایِ آسیاب‌گونه و قوی‌ای برایِ آسیاب کردنِ سلولوز دارند. این دندان‌ها کاملاً با دندان‌هایِ بُرانِ گوشت‌خواران و دندان‌هایِ سوزنیِ حشره‌خواران متفاوت‌اند. و عضلاتِ فَک‌شان بزرگ است و جمجمه‌های‌شان نیز، متناسب با عضلاتی که به آن‌ها چسبیده است، قدرتمنداند (مثلِ پوستهٔ سختِ بالا و میانیِ جمجمهٔ گوریل که قوی است).[iii] رودهٔ[2] گیاه‌خواران هم عجایبِ خاصِ خود را دارد. حیوانات عموماً نمی‌توانند بدونِ کمکِ باکتری‌ها یا میکروارگانیسم‌هایِ دیگر سلولُز را هضم کنند. به همین دلیل، بسیاری از مهره‌داران یکی از

[1] cellulose

[2] gut

کورراهه‌های روده‌شان را (که به آن کورروده[1] می‌گوییم) برای نگه‌داری این گونه باکتری‌ها کنار می‌گذارند. کورروده نقش اتاق تخمیر[2] را ایفاء می‌کند. (آپاندیس[3] ما هم به‌جامانده یا وستیج[4] کورروده بزرگ‌تر آن دسته از اجدادمان است که گیاه‌خوارتر بوده‌اند.) کورروده و سایر قسمت‌های روده، در حیوانات منحصراً گیاه‌خوار، ممکن است بسیار بزرگ و پیچیده باشد. گوشت‌خواران عموماً روده‌های ساده‌تر و همچنین کوچک‌تری نسبت به گیاه‌خواران دارند. یکی از پیچیدگی‌هایی که در رودهٔ گیاه‌خواران ایجاد می‌شود چیزهایی به نام دریچه‌های کورروده‌ای[5] هستند. این دریچه‌ها دیواره‌هایی نیمه‌تمام و گاه ساخته شده از عضله[6] هستند که می‌توانند سرعت جریان مواد را در روده کم یا تنظیم کنند یا صرفاً مساحت داخل کورروده را افزایش دهند. شکل ۱۳کورررودهٔ بازشدهٔ یکی از سوسمارهای مرتبط را نشان می‌دهد که مواد گیاهی زیادی می‌خورد. دریچهٔ روده‌اش با یک کمان مشخص شده است. حال نکتهٔ جالب این جاست که با این که دریچه‌های کورروده‌ای در حالت عادی در *پودارسیس سیکولا* یافت نمی‌شوند و در خانواده‌ای هم که به آن تعلق دارد نادر است، آن دریچه‌ها در جمعیت *پودارسیس سیکولا*ی ساکن پود مرکارو، که فقط سی‌وهفت سال است به سمت گیاه‌خواری مایل شده‌اند، شروع به فرگشت کرده‌اند. پژوهشگران متوجه تغییرات فرگشتی دیگری هم در سوسمارهای پود مرکارو شدند. تراکم جمعیت افزایش یافت و آن سوسمارها دیگر به شیوهٔ جمعیت «اجدادی‌اشان» در پود کوپیستی از قلمروی خود دفاع می‌کردند. باید دوباره تأکید کنم که تنها چیزی که در کل این ماجرا جالب است و دلیل این که آن را این جا نقل کرده‌ام این است که

---

[1] caecum

[2] fermentation

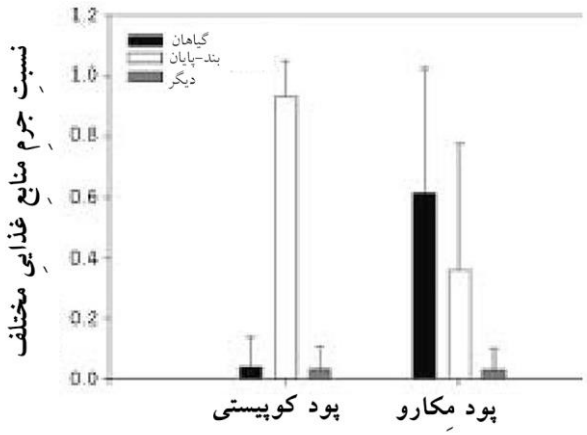
[3] appendix

[4] vestige

[5] caecal valve

[6] muscle

همهٔ این اتفاقات خیلی سریع رخ داده‌اند، تنها در چند دهه. این اتفاقات نمونه‌ای هستند از فرگشت درست جلویِ چشمانِ ما.




**شکل ۱۲ - رژیمِ غذاییِ تابستانهٔ سوسمارهایِ ساکنِ دو جزیرهٔ آدریاتیک**

**شکل ۱۳- دریچه‌هایِ کورروده‌ای**

## چهل‌وپنج هزار نسل فرگشت در آزمایشگاه

میانگینِ سرعتِ تغییرِ نسلِ آن سوسمارها حدودِ دو سال است. پس، تغییراتِ فرگشتیِ مشاهده‌شده در پود مِرکارو تنها طیِ هجده یا نوزده نسل رخ داده‌اند. حال فکرش را بکنید که اگر فرگشتِ باکتری را — که نسل‌شان، در عوضِ چند سال، چند ساعت یا حتی چند دقیقه دوام دارد — دنبال کنیم چه می‌شود! باکتری‌ها هدیهٔ گران‌بهایِ دیگری به فرگشت‌گرایان ارزانی داشته‌اند. در بعضی موارد، می‌توانید آن‌ها را برایِ زمانی نامحدود منجمد کنید و بعداً آن‌ها را به زندگی بازگردانید. به محضِ

بازگشت به حیات، دوباره به تولیدِ مثل ادامه می‌دهند؛ گویی که هیچ اتفاقی رخ نداده است. این بدان معناست که آزمایش‌گران می‌توانند «سابقهٔ فسیل‌هایِ زندهٔ[1]» خود را، همچون تصویری لحظه‌ای از هر مرحله‌ای که فرآیندِ فرگشت به آن دست یافته است، ذخیره کنند. تصور کنید که می‌توانستیم لوسی[2] را — که یک فسیلِ پیش‌انسانی است که دُن جوآنسون[3] آن را کشف کرده است — از حالتِ انجمادِ عمیق[4] به حیات بازگردانیم تا دوباره فرگشتِ گونهٔ خود را از سر گیرد! باکتری‌شناسی به نامِ ریچارد لِنسکی[5] و همکارانش در دانشگاهِ ایالتیِ میشیگان[6]، طیِ آزمایشی بلندمدت و خیره‌کننده با باکتری‌ای به نامِ *اِشیریکیا کولی*[7] همهٔ این کارها را انجام داده‌اند. امروزه معمولاً پژوهش‌هایِ علمی حاصلِ کارِ گروهی هستند. در ادامه، ممکن است که گاه برایِ اختصار تنها نامِ لِنسکی را به کار ببرم، اما شما آن را «لِنسکی و همکاران و دانشجویانش در آزمایشگاهِ وی» بخوانید. بعداً خواهیم دید که آزمایش‌هایِ لِنسکی آفرینش‌باوران را آشفته کرده است و حق هم دارند آشفته شوند. این آزمایش‌ها نمایشی زیبا از فرگشتْ در حالِ رخداد است. دست‌کم گرفتنِ چنین چیزی ساده نیست، حتی اگر انگیزهٔ چنین کاری خیلی هم قوی باشد. و انگیزهٔ آفرینش‌باورانی که برای‌شان مرغ یک پا دارد واقعاً قوی است. در آخرِ این بخش به آن خواهم پرداخت.

*اِشیریکیا کولی* باکتریِ رایجی است. خیلی رایج. در هر لحظه، حدودِ صد میلیارد میلیارد از آن‌ها در سراسرِ جهان وجود دارد. طبقِ محاسباتِ لِنسکی، حدودِ یک میلیارد از این تعداد، هم اکنون، در رودهٔ بزرگِ شماست. عمدهٔ این باکتری‌ها نه تنها بی‌ضرر، بلکه مفید هم هستند، اما این

---

[1] living fossil record

[2] Lucy

[3] Don Johanson

[4] deep-freeze

[5] Richard Lenski

[6] Michigan State University

[7] *Escherichia coli; E. coli*

سویه‌های[1] باکتریاییِ مخرب هستند که خبرِ داغ می‌شوند. اگر یک حسابِ سرانگشتی بکنید، با وجودِ نادر بودنِ جهشِ ژنتیکی، چنین نوآوری‌هایِ فرگشتی عجیب نیستند. به فرضِ این که احتمالِ جهشِ یک ژن در هر تولیدِ مثلِ باکتریایی به کمیِ یک در میلیارد باشد، تعدادِ این باکتری‌ها آن قدر زیاد است که هر روزه این احتمال می‌رود که یک ژن از ژنوم[2]، در جایی از جهان، جهش پیدا کند. همان گونه که ریچاردِ لِنسکی می‌گوید «فرگشت فرصتِ زیادی در اختیار دارد».

لِنسکی و همکارانش در آزمایشگاه، در شرایطِ کنترل‌شده، از این فرصت استفاده کردند. آن‌ها از هر جهت در کارشان سنگِ تمام گذاشته‌اند و دقت به خرج داده‌اند. شرحِ جزئیاتِ کارشان واقعاً به تأثیرِ شواهدی که این آزمایش‌ها برایِ فرگشت ارائه می‌دهند قوّت می‌بخشد. از این رو، در شرحِ آن‌ها کم نمی‌گذارم. این بدان معناست که چند صفحهٔ پیش‌رو، ناگزیر، تا اندازه‌ای پیچیده خواهند بود. نه این که مشکل باشند، بلکه به طرزِ پیچیده‌ای جزئیات را در بر می‌گیرند. بهتر آن است که این بخش از کتاب را، در پایانِ روزی پرکار یا هنگامِ خستگی، نخوانید. چیزی که دنبال کردنِ مطالبِ پیش‌رو را تسهیل می‌کند این است که همهٔ جزئیات با عقل جور در می‌آید. هیچ کدام‌شان باعثِ سردرگمیِ‌مان نمی‌شوند و، با خواندن‌شان، فکرمان درگیرِ یافتنِ سر-و-ته ماجرا نمی‌شود. پس لطفاً، گام-به-گام، با من همراه شوید تا جزئیاتِ این آزمایش‌ها را، که به زیبایی طراحی و با ظرافت اجرا شده‌اند، برای‌تان شرح دهم.

این باکتری‌ها تولیدِ مثلِ غیرِ جنسی[3] دارند؛ یعنی از طریقِ تقسیمِ سلولی‌ای[4] ساده تولیدِ مثل می‌کنند. پس، به آسانی می‌توان، در زمانی کوتاه، جمعیتِ کثیری از باکتری‌ها را، که از لحاظِ ژنتیکی یکسان هستند، تولید کرد. در سالِ ۱۹۸۸، لِنسکی چنین جمعیتی را انتخاب کرد و دوازه

---

[1] strain

[2] genome

[3] asexual

[4] cell division

فلاسک را با آن‌ها آلوده کرد. همهٔ فلاسک‌ها حاویِ مایعِ مغذیِ یکسانی بودند که گلوکز[1] جزءِ مغذیِ اصلی‌شان بود. سپس، آن دوازده فلاسکِ حاویِ جمعیتِ باکتریِ پایه را در «اَنکوباتورِ لرزان[2]» قرار دادند که جایِ باکتری‌ها گرم-و-نرم باشد. لرزشِ فلاسک‌ها هم به توزیعِ مناسبِ باکتری‌ها در کلِ مایع کمک می‌کرد. این دوازده فلاسک نقطهٔ آغازِ دوازده سیرِ فرگشتی شدند، که تقدیرشان این بود که دو دهه (که هنوز هم این سیر در حالِ ادامه است) از یک‌دیگر جدا نگه داشته شوند. یک جورهایی شبیهِ دوازده قومِ اسرائیل[3] بودند، با این تفاوت که برایِ عدمِ تداخلِ اقوامِ اسرائیل قانونی وضع نشده بود.

دوازده «قومِ» باکتری همیشه در فلاسکی یکسان نگه داشته نشدند، بلکه، هر روز، فلاسکِ جدیدی به هر قوم اختصاص می‌یافت. تصور کنید که دوازده **سیرِ**[4] فلاسک پشتِ سرِ هم قرار گرفته باشند و طولِ هر سیر بیش از ۷،۰۰۰ فلاسک باشد. هر روزه، برایِ هر قوم، یک فلاسکِ بکر را به مایعی حاصل از روزِ قبل آلوده می‌کردند. یک نمونهٔ کوچک را، دقیقاً معادلِ یک‌صدمِ حجمِ فلاسکِ قبل، از آن جدا می‌کردند و داخلِ فلاسکِ جدید، که حاویِ مایعِ سرشار-از-گلوکزی جدید بود، تزریق می‌کردند. سپس جمعیتِ باکتری در فلاسک، به طرزِ سرسام‌آوری، شروع به افزایش می‌کرد، اما، همیشه روزِ بعد، با اتمامِ منبعِ تغذیه و آغازِ قحطی، جمعیت‌شان ثبات پیدا می‌کرد. به دیگر سخن، جمعیتِ هر فلاسک ابتدا چندین برابر می‌شد و سپس ثبات می‌یافت. در این مقطع، نمونه‌ای جدید از فلاسک برداشته می‌شد و، روزِ بعد، این چرخه باز تکرار می‌شد. از این رو، این باکتری‌ها، هزاران بار و با سرعتِ بالایِ خود، که معادلِ زمانِ زمین‌شناختی بود، طیِ چرخه‌ای روزانه و تکراری، رشدِ سرسام‌آوری می‌کردند. سپس دچارِ قحطی می‌شدند و یک‌صدم‌شان که

---

[1] glucose

[2] shaking incubator

[3] the twelve tirbes of Israel

[4] line

خوش‌شانس بودند، سوار بر «کشتیِ نوحِ» شیشه‌ای، به ظرفی سرشار از گلوکز، اما باز موقت، منتقل می‌شدند: شرایطی کاملاً، کاملاً، کاملاً ایده‌آل برایِ فرگشت. و از آن بهتر، این آزمایش در دوازده سیرِ جداگانه و به موازاتِ هم انجام شده بود.

تا به امروز، بیست سال است که لِنسکی و گروهش این روالِ روزانه را در پیش گرفته‌اند. این یعنی حدودِ ۷٬۰۰۰ «نسلِ فلاسکی» و ۴۵٬۰۰۰ نسل باکتری (به طورِ متوسط، چیزی بینِ شش تا هفت هزار نسلِ باکتریایی در روز). از بابِ مقایسه، اگر ۴۵٬۰۰۰ نسلِ انسان به عقب باز گردیم می‌شود حدودِ یک میلیون سالِ پیش؛ یعنی زمانِ *هومو ارکتوس*[1]، که خیلی زمانِ دوری نیست. پس هر مقدار تغییرِ فرگشتی که لِنسکی، در چیزی معادلِ میلیون‌ها سال از نسلِ باکتری، به آن دست یافته است در نظر بگیرید و حسابش را بکنید که چه فرگشتِ عظیم‌تری در، مثلاً، ۱۰۰ میلیون سال از فرگشتِ پستان‌داران ممکن است حاصل شود. و، طبقِ معیارهایِ زمین‌شناختی، حتی ۱۰۰ میلیون سال هم زمانی متأخر محسوب می‌شود.

افزون بر آزمایشِ اصلی، که آزمایشی فرگشتی بود، گروهِ لِنسکی از آن باکتری‌ها در آزمایش‌هایِ جانبیِ دیگری استفاده کردند که مطالبِ بسیاری را برای‌مان روشن می‌کنند. مثلاً، پس از ۲٬۰۰۰ نسل، در یکی از این آزمایش‌ها، به جایِ گلوکز، از قندِ دیگری به نامِ مالتوز[2] استفاده شد. اما من فقط رویِ آزمایشِ اصلی تمرکز می‌کنم، که سراسر با گلوکز انجام شده بود. آن‌ها، طیِ این بیست سال، در فاصله‌هایِ زمانیِ مشخص، نمونه‌هایی را از این دوازده قوم نگه داشتند تا بتوانند روندِ تغییراتِ فرگشتی را مشاهده کنند. همچنین، آن‌ها نمونه‌هایی را از هر قوم گرفتند و منجمد کردند تا نقشِ «فسیل»هایی قابلِ احیاء را ایفا کنند و نمایندهٔ مقاطعی مهم در روندِ فرگشتِ باکتری‌ها باشند. هر چقدر دربارهٔ خلاقانه بودنِ ایدهٔ پشتِ این سری آزمایش‌ها بگوییم کم گفته‌ایم.

---

[1] *Homo erectus*

[2] maltose

مثالی که می‌خواهم بیاورم تنها نمونه‌ای کوچک از برنامه‌ریزیِ از-پیش-فکرشدهٔ منحصربه‌فرد است. حتماً به خاطر دارید که گفته بودم دوازده فلاسکِ پایه همه از یک منبع تکثیر شده بودند و، در آغاز، از لحاظِ ژنتیکی یکسان بودند. اما این حرف کاملاً هم درست نیست و فلسفهٔ خیلی جالب و زیرکانه‌ای هم پشتِ آن است. آزمایشگاهِ لِنسکی، قبلاً از ژنی به نامِ *آرا*[1] استفاده کرده بود که دو نوعِ آرا+ و آرا- داشت. تفاوت‌شان را نمی‌توان تشخیص داد، مگر این که نمونه‌ای از باکتری را بگیریم و رویِ ظرفِ آگاری[2] پخشِ بشقابی[3] کنیم که حاویِ نوعی مایعِ مغذی، به اضافهٔ قندِ آرابینوز[4]، و رنگی شیمیایی، به نامِ تترازولیوم[5]، است. پخشِ بشقابی یکی از کارهایی است که باکتری‌شناسان[6] انجام می‌دهند. این کار شاملِ چکاندنِ یک قطره مایعِ حاویِ باکتری رویِ بشقابی است که با ورقی نازک از ژلِ آگار پوشیده شده است. سپس، ظرف را در اَنکوباتور قرار می‌دهند. کُلُنی‌های[7] باکتریِ حاصل از قطرات، با تغذیه از موادِ مغذیِ مخلوط‌شده با آگار، همچون حلقه‌هایِ پریانی مینیاتوری[iv]، در قالبِ دایره‌هایی در-حالِ-گسترش رشد می‌کنند. اگر مخلوط حاویِ آرابینوز و رنگِ شناساگر[8] باشد، تفاوتِ میانِ آرا+ و آرا- هویدا می‌شود، مانندِ زمانی که جوهرِ نامرئی را گرما می‌دهید. آرا+ و آرا-، به ترتیب، به صورتِ کُلُنی‌هایی به رنگ‌هایِ سفید و قرمز در می‌آیند. تیمِ لِنسکی فهمیده بود که این تفاوتِ رنگی می‌تواند برایِ برچسب‌گذاری مفید باشد و، همان گونه که در ادامه خواهیم خواند، آن‌ها این فایده را از پیش دریافته بودند و، بر آن اساس، شش تا از دوازده قبیله را با آرا+ و شش تایِ دیگر را با آرا- راه‌اندازی کردند. برایِ این که تنها به نمونه‌ای از

---

[1] *ara*

[2] agar plate

[3] to plate out

[4] arabinose

[5] tetrazolium

[6] bacteriologist

[7] colony

[8] indicator dye

نحوهٔ بهره‌برداریِ آن‌ها از تفاوتِ رنگیِ باکتری‌ها اشاره کرده باشیم، آن‌ها از این تفاوت برایِ بررسیِ فرایندهایِ آزمایشگاهیِ خود استفاده کردند. وقتی که آزمایش‌گران مناسکِ روزانهٔ آلودنِ فلاسک‌هایِ جدید را به جا می‌آوردند، دقت داشتند که، یکی-در-میان، به فلاسک‌هایِ آرا+ و آرا- دست بزنند. بدین شکل، حتی اگر اشتباهی هم رخ می‌داد — مثلاً اگر مایعِ درونِ یک پیپت[1] بیرون می‌ریخت یا چیزی شبیهِ آن رخ می‌داد — بعداً وقتی که نمونه‌ها را تحتِ آزمایشِ قرمز/سفید قرار می‌دادند مشخص می‌شد. هوشمندانه است؟ بی‌شک. و همچنین دقیق. دانشمندانِ خوب هر دوِ این صفات را دارند.

اما فعلاً کاری به آرا+ و آرا- نداشته باشید. از سایرِ جهات، جمعیت‌هایِ پایهٔ دوازده فلاسک یکسان بودند. هیچ تفاوتِ دیگری بینِ آرا- و آرا+ یافت نشد. پس، در واقع می‌توان آن‌ها را نشانه‌هایِ رنگی‌ای دمِ‌دست و کارآ تلقی کرد؛ مثلِ زمانی که پرنده‌شناسان[2] حلقه‌هایی رنگی رویِ پایِ پرنده‌ها می‌گذارند.

خیلی هم خوب. ما دوازده قوم باکتریِ خود را داریم که، به موازاتِ هم، در مقیاسِ زمانیِ خود، که سریع‌شدهٔ زمانِ زمین‌شناختی است، جولان می‌دهند و تحتِ شرایطِ افزایشِ و رکودِ یکسانی هستند. سؤال جالبی که مطرح بود این بود که آیا آن‌ها شبیه به اجدادشان باقی می‌مانند؟ یا فرگشت می‌یابند؟ و اگر فرگشت یافتند، آیا هر یک از دوازده قوم، به یک شکل، فرگشت می‌یابد یا با یک‌دیگر متفاوت خواهند شد؟

همان گونه که قبلاً گفته بودم، مایعِ مغذی حاویِ گلوکز بود. گلوکوز یگانه غذایِ موجود نبود، اما منبعِ محدودکننده محسوب می‌شد. این بدان معناست که تمام شدنِ گلوکز همان عاملِ کلیدی بود که باعث می‌شد جمعیت، در هر فلاسک و در هر روز، از افزایش باز ایستد و بدونِ تغییر

---

[1] pipette

[2] ornithologist

باقی بماند. به دیگر سخن، اگر آزمایش‌گران گلوکزِ بیشتری را در فلاسک‌ها می‌ریختند، آخرِ روز، جمعیتِ ثبات‌یافتهٔ باکتری‌ها بیشتر می‌بود. یا اگر، پس از به ثبات رسیدنِ جمعیت، سرِ سوزنی گلوکز به فلاسک‌ها می‌افزودند، جهشِ دومی را در جمعیت مشاهده می‌کردند و سطحِ ثباتِ جمعیت هم عوض می‌شد.

تحتِ چنین شرایطی، مطابقِ نظریهٔ داروین، چنین انتظار می‌رود که اگر هر گونه جهشی در یک باکتری رخ دهد که به آن‌ها کمک کند، به طرزِ کارامدتری، از گلوکز استفاده کند، انتخابِ طبیعی به نفعش عمل خواهد کرد و، از آن جا که، در مقایسه با باکتری‌هایِ جهش‌نیافته، با موفقیتِ بیشتری تولیدِ مثلِ خواهد کرد، جمعیتِ باکتری‌هایِ مشابهش در کلِ فلاسک افزایش خواهد یافت. در نتیجه، با انتقالِ نمونه‌هایِ باکتری، از فلاسکی به فلاسکی دیگر، باکتری‌هایِ از این نوع، به نسبتِ نابرابری، به فلاسک‌هایِ بعدی منتقل خواهند شد و دیری نمی‌پاید که باکتری‌هایِ جهش‌یافته جمعیتِ غالبِ آن قوم را تشکیل خواهند داد. و این دقیقاً همان اتفاقی است که در هر دوازده قوم رخ داد. همین طور که «نسلِ فلاسک»ها پیش می‌رفت، هر دوازده سری، نسبت به نیاکان‌شان پیشرفت کردند. یعنی در استفاده از گلوکز، به عنوانِ منبعِ غذایی، عملکردِ بهتری را نشان دادند. اما جالب آن که، باکتری‌ها، به طرقِ مختلفی، پیشرفت کردند. یعنی سری جهش‌هایِ متفاوتی در اقوامِ مختلف رخ داد.

دانشمندان از کجا به این موضوع پی می‌برند؟ آن‌ها از طریقِ نمونه‌برداری از باکتری‌هایِ فرگشت‌یافته و مقایسهٔ «سازگاری[1]» هر نمونه با «فسیل»هایِ حاصل از جمعیتِ پایه به این مهم دست می‌یابند. به یاد داشته باشید که «فسیل‌ها» در واقع نمونه‌هایِ منجمدشدهٔ باکتری‌ها هستند و، وقتی که یخ‌شان باز شود، به طورِ عادی به حیات و تولیدِ مثل ادامه می‌دهند. و اما لِنسکی و همکارانش چطور این مقایسهٔ «سازگاری» را انجام دادند؟ چگونه باکتری‌هایِ «مدرن» را با نیاکانِ «فسیل»شده‌شان

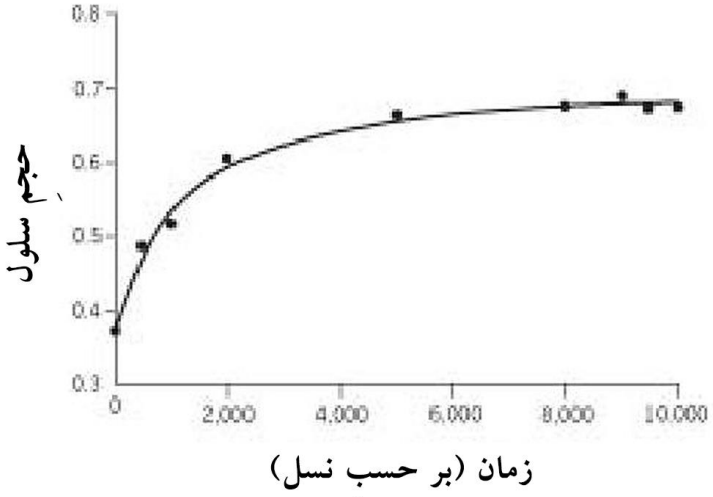
[1] fitness

مقایسه کردند؟ با قوهٔ ابتکاری مثال زدنی. آن‌ها نمونه‌ای را از جمعیتی که فکر می‌کردند فرگشت یافته است می‌گرفتند و آن را در فلاسکی بکر می‌ریختند. سپس، نمونه‌ای را، با اندازهٔ برابر، از جمعیتِ از-انجماد-در-آمدهٔ نیاکانِ باکتری‌ها در فلاسکی یکسان قرار می‌دادند. بدیهی است که این فلاسک‌هایِ مخلوط‌شده را، از آن نقطه به بعد، کاملاً از سری‌هایِ دوازده‌گانه، که جزءِ آزمایشِ فرگشتیِ ادامه‌دار و درازمدتِ اصلی بودند، جدا نگه می‌داشتند. این آزمایشِ جانبی با نمونه‌هایی انجام می‌شد که دیگر هیچ نقشی در آزمایشِ اصلی نداشتند.

پس، ما با یک فلاسکِ آزمایشیِ جدید سر-و-کار داریم که حاویِ دو سویهٔ در-حالِ-رقابت است: سویهٔ «مدرن» و سویهٔ حاصل از «فسیل‌هایِ زنده». حال، هدف‌مان این است که بفهمیم جمعیتِ کدام سویه بر دیگری غالب می‌شود. اما همهٔ سویه‌ها که با هم مخلوط شده‌اند. در این وضعیت، چگونه می‌توان فهمید که کدام‌شان غالب شده است؟ وقتی که هر دو سویهٔ باکتری، در «فلاسکِ رقابت»، با هم مخلوط شده‌اند، چگونه می‌توان آن‌ها را از یک‌دیگر تشخیص داد؟ گفته بودم که آن‌ها راهِ حلِ هوشمندانه‌ای داشتند. کدهایِ رنگیِ قرمز (برایِ آرا-) و سفید (برایِ آرا+) را به خاطر دارید؟ حال، اگر بخواهید سازگاریِ، مثلاً، قومِ ۵ را با جمعیتِ حاصل از فسیلِ نیاکانی مقایسه کنید، چه کار خواهید کرد؟ فرض کنید که قومِ ۵ آرا+ باشد. در این حالت، کافیست اطمینان حاصل کنید که «فسیل‌هایِ نیاکانی»، که می‌خواهید قومِ ۵ را با آن مقایسه می‌کنید، آرا- باشد. اما اگر قومِ ۶ آرا- باشد، فسیل‌هایی که برایِ یخ‌زدایی و مخلوط کردن با ***آن‌ها*** انتخاب می‌کنید، باید آرا+ باشند. مطابقِ چیزی که لِنسکی و تیمش از پژوهش‌هایِ پیشین فهمیده بودند، ژن‌هایِ آرا+ و آرا- تأثیری رویِ سازگاریِ باکتری‌ها نداشتند. پس، آن‌ها می‌توانستند به کمکِ نشانه‌هایِ رنگی و با استفاده از «نیاکانِ» فسیل‌شده، به عنوانِ معیاری برایِ رقابت، توانایی‌هایِ رقابتیِ هر یک از اقوامِ در-حالِ-فرگشت را بسنجند. تنها کاری که لازم بود بکنند این بود که نمونه‌هایی حاصل از فلاسکِ مرکب را پخشِ بشقابی کنند و ببینند چه تعداد از باکتری‌هایی که رویِ آگار رشد می‌کنند قرمز و چه تعداد از آن‌ها سفید هستند.

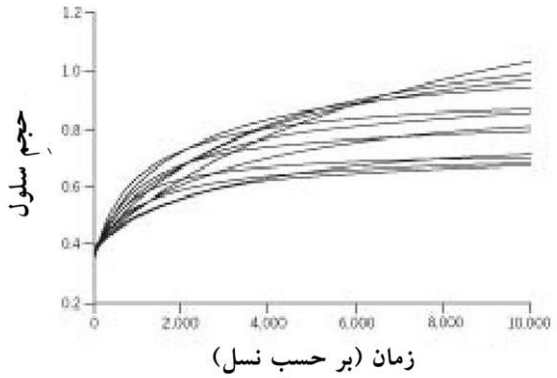
همان گونه که گفتم، در همهٔ دوازده قوم، با گذشتِ هزاران نسل، سازگاریِ متوسط افزایش یافت. همهٔ دوازده سری توانستند در زنده ماندن در این شرایطِ گلوکز-محدود پیشرفت کنند. افزایشِ سازگاری را می‌توان به چند تغییر مرتبط دانست. در فلاسک‌هایِ بعدی، جمعیت سریع‌تر افزایش یافت و متوسطِ اندازهٔ جثهٔ باکتری‌ها، در هر دوازده قوم، افزایش یافت. نمودارِ موجود در شکل ۱۴ این متوسط را برایِ یکی از اقوامِ نوعی نشان می‌دهد. نقاطِ بزرگ داده‌هایی واقعی و نمودارِ رسم‌شده تقریبی ریاضی است. این تقریب با داده‌هایِ مشاهده شده در این گونه نمودار، که به آن هذلولی[1] می‌گویند، بیشترین سازگاری را دارد.[۷] همیشه ممکن است که یک تابعِ ریاضی، که از هذلولی پیچیده‌تر است، سازگاری بهتری با داده‌ها داشته باشد. اما این هذلولی آن قدر خوب است که به نظر نمی‌رسد تلاش برایِ استفاده از تابعی پیچیده‌تر ارزشش را داشته باشد. زیست‌شناسان معمولاً نمودارهایِ ریاضی را با داده‌هایِ مشاهده‌شده سازگار می‌کنند، اما، بر خلافِ فیزیک‌دان‌ها، به دیدنِ این حد از سازگاری عادت ندارند. معمولاً داده‌هایی که به دست می‌آوریم حسابی شلخته هستند. بر خلافِ رشته‌هایِ مربوط به فیزیک، در زیست‌شناسی، فقط زمانی انتظارِ مشاهدهٔ نموداری صاف و خوش‌قواره را داریم که با حجمِ عظیمی از داده سر-و-کار داشته باشیم که تحتِ شرایطی به دقت کنترل‌شده به دست آمده باشند. آزمایش‌هایِ لِنسکی حرف ندارند.

[1] hyperbola




**شکل ١٤ - آزمایشِ لِنسکی: اندازهٔ جثهٔ باکتری‌ها در یک قوم**

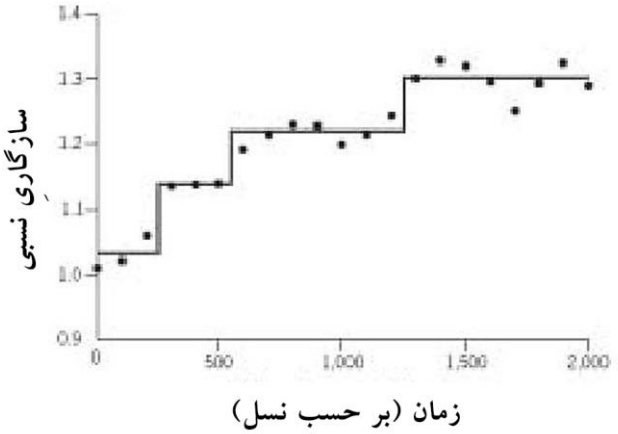
همان گونه که می‌توان دید، عمدهٔ افزایش در اندازهٔ جثه در حدودِ ٢،٠٠٠ نسلِ نخست رخ داده است. مسئلهٔ جالبِ بعدی این است: می‌دانیم که اندازهٔ جثهٔ همهٔ دوازده قوم، طیِ فرگشت‌شان، افزایش یافته است. اما آیا این افزایش در همهٔ آن‌ها به یک شکل و از یک مسیرِ ژنتیکیِ واحد میسر شده است؟ نه، این طور نبوده است و این امر دومین نتیجهٔ جالبِ این آزمایش است. نمودارِ شکل ١۴ برایِ یکی از دوازده قومِ باکتری رسم شده است. حال به هذلولی‌هایِ معادلی نگاه کنید که با داده‌هایِ مربوط به تمامِ دوازده قوم بهترین سازگاری را دارند (نمودارِ موجود در شکل ١۵). می‌بینید که چقدر پراکنده‌اند؟ به نظر می‌رسد که جمعیتِ همهٔ آن‌ها در حالِ رسیدن به ثبات است، اما بالاترین سطحِ ثباتِ جمعیت تقریباً دو برابرِ پایین‌ترین سطح است. منحنی‌ها هم اَشکالِ متفاوتی دارند: نموداری که، تا پیش از نسلِ ١٠،٠٠٠اُم ، به بالاترین سطحِ ثباتِ خود می‌رسد رشدِ کندتری نسبت به بعضی دیگر نمودارها دارد و، سپس، پیش از رسیدن به ٧،٠٠٠اُمین نسل، از آن‌ها پیشی می‌گیرد. در ضمن، این سطوحِ ثباتِ جمعیت را با ثباتِ جمعیتِ روزانهٔ هر فلاسک اشتباه نکنید. ما اکنون داریم در مقیاسِ زمانِ فرگشتی به نمودارها نگاه می‌کنیم که بر حسبِ نسلِ فلاسک‌ها سنجیده می‌شوند، نه عمرِ هر باکتری که بر حسبِ تعداد ساعتِ <زنده ماندن> در یک فلاسک محاسبه می‌شود.




**شکل ۱۵ - آزمایشِ لِنسکی: اندازهٔ جثهٔ باکتری‌ها در دوازده قوم**

استنباطی که می‌توان از این تغییراتِ فرگشتی کرد این است که وقتی باکتری‌ها می‌کوشند در محیطی زنده بمانند که بینِ غنایِ گلوکز و قحطیِ آن تغییرِ حالت می‌دهد افزایشِ جثه، حال به هر دلیلی، استراتژیِ کمک‌کننده‌ای است. خودم را درگیرِ گمانه‌زنی دربارهٔ این مسئله نمی‌کنم که چرا بزرگ شدنِ جثه می‌تواند مفید باشد. دلایلِ احتمالیِ زیادی وجود دارد. اما به نظر می‌آید که بزرگ شدنِ جثه <در بقایِ باکتری‌ها> مفید بوده است؛ چرا که همهٔ دوازده قوم این روش را در پیش گرفته‌اند. اما روش‌هایِ مختلفی (مجموعه جهش‌هایِ ژنتیکیِ متفاوتی) برایِ بزرگ شدن وجود دارد و، چنان که بر می‌آید، هر سریِ فرگشتی در این آزمایش راهِ حلِ متفاوتی را برایِ نیل به این هدف یافته‌اند. خیلی جالب است. اما نکته‌ای که ممکن است از این هم جالب‌تر باشد این است که گاه بعضی از قبایل، به طورِ مستقل، ***روشِ یکسانی*** را برایِ بزرگ شدن کشف کرده‌اند. لِنسکی و گروهِ دیگری از همکاران این پدیده را، با تحلیلِ دی.اِن.ایِ دو قوم، به نام‌هایِ آرا+ و آرا–، آزمایش کردند، که به نظر می‌آمد، طیِ ۲۰،۰۰۰ نسل، مسیرِ فرگشتیِ مشابهی را طی کرده باشند. نتیجهٔ شگفت‌انگیزی که به آن دست یافتند این بود که، در هر دو قوم، ۵۹ ژن سطحِ ابرازِ خود را تغییر داده بودند و ***همهٔ آن ۵۹ ژن، در جهتِ یکسانی، تغییرِ مسیر داده بودند***. اگر پایِ انتخابِ طبیعی در میان نبود، چنین شباهت‌هایِ مستقلی، در ۵۹ ژنِ مستقل–از–هم، با عقل جور در نمی‌آمد. احتمالِ این که چنین چیزی اتفاقی نباشد به طرزِ سرسام‌آوری بالاست. این دقیقاً همان چیزی است که آفرینش‌باوران امکانِ رخدادِ آن را انکار می‌کنند؛ چرا که تصور می‌کنند چنین رخدادی آن قدر

نامحتمل است که محال است، به صورتِ اتفاقی، به وقوع بپیوندد. اما چنین چیزی رخ داده است. و، بدونِ شک، توضیحش این است که چنین چیزی ***اتفاقی رخ نداده است***، بلکه به این دلیل رخ داده است که انتخابِ طبیعیِ تدریجی، گام-به-گام، و انباشته‌شده، در هر دو سری، به طورِ مستقل، به نفعِ تغییراتِ مفیدی یکسان (در معنایِ واقعیِ کلمه یکسان) عمل کرده است.




**شکل ١٦ - آزمایشِ لِنسکی: افزایشِ سازگاری**

انحنایِ ملایمِ نمودارِ اندازهٔ سلول در گذرِ نسل‌هایِ مختلف به این ایده اعتبار می‌بخشد که این پیشرفت به صورتِ تدریجی رخ داده است. اما شاید زیادی تدریجی باشد؟ آیا نباید انتظار داشت که همین طور که جمعیت «در انتظارِ» بروزِ جهشِ بهبوددهنده است، در واقع، شاهدِ یک سری ***پلکان*** در نمودار باشیم؟ لزوماً چنین نیست. این تغییرات به عواملِ مختلفی بستگی داشتند، عواملی چون تعدادِ جهش‌ها، بزرگیِ تأثیرِ هر جهش، تنوع در اندازهٔ سلولِ ناشی از عواملِ غیرِ ژنی، و این که نمونه‌برداری از باکتری‌ها هر چند وقت یک بار صورت می‌گرفت. و جالب این جاست که دستِ‌کم اگر، به جایِ نمودارِ بزرگیِ جثه، به نمودارِ بهبودِ سازگاری نگاه کنیم، چیزی که شاهدش هستیم تصویری پلکانی‌تر است. حتماً به خاطر دارید که، وقتی هذلولی را معرفی کردم، به این نکته هم اشاره کردم که این احتمال وجود دارد که بتوانیم تابعِ ریاضیِ پیچیده‌تری هم بیابیم که سازگاریِ بیشتری با داده‌ها داشته باشند. ریاضی‌دانان به آن «مدل» می‌گویند. می‌توان، مانندِ نمودارِ قبل، یک

مدلِ هذلولی را با این نقاط سازگار کرد، اما اگر از «مدلی پلکانی» استفاده کنیم، همان گونه که در شکل ۱۶ استفاده شده است، سازگاریِ بهتری را شاهد خواهیم بود. تطابقِ این نمودار به اندازهٔ میزانِ تطابقِ نمودارِ اندازهٔ سلول با هذلولی نیست. در هیچ یک از این موارد نمی‌توان ثابت کرد که داده‌ها با مدل سازگاریِ کامل دارند و انجامِ چنین کاری هم غیرِ ممکن است. اما، دست‌کم، داده‌ها با این ایده همخوانی دارند که تغییرِ فرگشتیِ مشاهده‌شده بازتاب‌دهندهٔ تجمعِ تدریجیِ جهش‌هایِ گوناگون است.[vi]

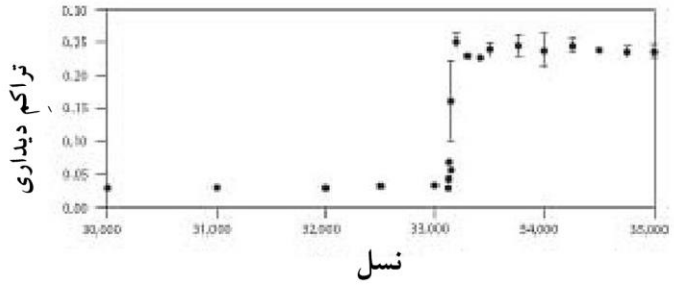
تا این جایِ کار، نمایشِ زیبایی را از فرگشتِ در-حالِ-رخداد دیده‌ایم: فرگشتی که درست جلویِ چشمانِ ما ثبت شده است: از طریقِ مقایسهٔ دوازده سریِ مستقل-از-هم و، همچنین، از طریقِ مقایسهٔ هر سری با «فسیل‌هایِ زنده‌ای» که نه به طورِ استعاری، بلکه در معنایِ واقعی، از گذشته آمده‌اند.

حال، آماده‌ایم که به یکی دیگر از نتایجِ جالب‌ترِ آزمایش بپردازیم. تا این جا، تلویحاً اشاره کرده‌ام که همهٔ دوازده قوم سازگاریِ خود را، به طورِ کلی، به طریقِ مشابهی بهبود بخشیدند و تنها در جزئیات با هم اختلاف داشتند: برخی کمی تندتر و برخی دیگر کمی کندتر سازگار شدند. اما یک استثناءِ غیرِ منتظره و قابلِ توجه در آزمایشِ بلندمدت رخ داد. اندکی پس از نسلِ ۳۳٬۰۰۰اُم اتفاقی به غایت کنجکاوی‌برانگیز و عجیب رخ داد. یکی از دوازده سریِ باکتری، به نامِ آرا-۳، ناگهان به سیمِ آخر زد. به نمودارِ شکل ۱۷ نگاه کنید. محورِ عمودی، که «تراکمِ دیداری[1]» (یا «میزانِ مات‌بودن[2]») نام دارد، بزرگیِ جمعیتِ فلاسک را نشان می‌دهد. مایعِ درونِ فلاسک، به دلیلِ تعدادِ زیادِ باکتری‌ها، مات و ابرگونه به نظر می‌رسد. غلظتِ این ابر را می‌توان با عدد مشخص کرد و این عدد شاخصی برایِ نشان دادنِ تراکمِ جمعیت است. همان گونه که می‌بینید، تا حدودِ نسلِ ۳۳٬۰۰۰اُم، میانگینِ تراکمِ جمعیتِ قومِ آرا-۳ حوالیِ ۰/۰۴ بود که اختلافِ چندانی با دیگر اقوام نداشت. سپس،

[1] optical density

[2] cloudiness

تنها پس از گذر از نسلِ ۳۳،۱۰۰، تراکمِ دیداری قومِ آرا-۳ ( و فقط تراکمِ دیداریِ این قوم از میانِ همهٔ دوازده قوم) جهشی عمودی پیدا کرد. مقدارِ آن ناگهان شش‌برابر شد و به حدودِ ۰/۲۵ رسید. جمعیتِ فلاسک‌هایِ بعدیِ این قوم نیز اوج گرفت. پس از گذشتِ تنها چند روز، سطحِ ثباتِ[1] جمعیتِ معمولِ فلاسک‌هایِ مربوط به این قوم به تراکمِ جمعیتی معادلِ شش‌برابرِ گذشته‌اش و، همچنین، شش‌برابرِ دیگر اقوام رسید. این سطحِ بالاتر از ثباتِ جمعیت، در همهٔ نسل‌هایِ بعدیِ این قوم — و نه هیچ قومِ دیگری — مشاهده شد. چنان که گویی دوزِ بالایی از گلوکزِ اضافه به هر یک از فلاسک‌هایِ آرا-۳ تزریق می‌شد، در حالی که بقیهٔ اقوام از آن محروم بودند. اما چنین اتفاقی نیافتاده بود. با وسواسِ تمام، جیرهٔ گلوکزِ یکسانی به همهٔ فلاسک‌ها تزریق می‌شد.




**شکل ۱۷ - آزمایشِ لِنسکی: تراکمِ جمعیت**

ماجرا از چه قرار بود؟ ناگهان چه اتفاقی برایِ قومِ آرا-۳ رخ داده بود؟ لِنسکی و دو تن از دیگر همکارانش بررسی‌هایِ بیشتری انجام دادند و پاسخِ این معمّا را یافتند. داستانش جالب است. حتماً به یاد دارید که گفته بودم گلوکز منبعِ محدودکننده محسوب می‌شد و هر باکتریِ جهش‌یافته‌ای که راهِ بهتری رابرایِ بهره‌برداری از گلوکز «کشف» می‌کرد دستِ بالاتر را می‌داشت. در واقع، این همان اتفاقی است که در فرگشتِ هر دوازده قوم رخ داده بود. اما به این نکته هم اشاره

[1] plateau

کرده بودم که گلوکز یگانه مادهٔ مغذیِ درونِ مایع نبود. یکی دیگر از این مواد سیترات[1] بود که به ماده‌ای مرتبط است که باعثِ ترشیِ لیمو می‌شود. مایعِ مغذی حاویِ مقدارِ زیادی سیترات بود، اما *اشیریکیا کولی*، در حالتِ عادی، نمی‌تواند از آن تغذیه کند؛ دست‌کم تا وقتی که در آب اکسیژن وجود داشته باشد، که همهٔ فلاسک‌هایِ لنسکی هم چنین بودند. اما اگر فقط یک باکتریِ جهش‌یافته «کشف می‌کرد» که چطور از سیترات استفاده کند، نانش در روغن می‌بود. این دقیقاً همان اتفاقی است که در آرا-۳ رخ داده بود. این قوم، و تنها این قوم، ناگهان توانست به این قابلیت دست یابد که — به جایِ تغذیهٔ صرف از گلوکز — هم از گلوکز تغذیه کند و هم از سیترات. از این رو، مقدارِ غذایِ در-دسترس، در هر یک از فلاسک‌هایِ بعدیِ سری، جهشی چشم‌گیر یافت. و سطحِ ثباتِ جمعیتِ هر یک از فلاسک‌هایِ روزانهٔ بعدی هم، به همین ترتیب، افزایش یافت.

لنسکی و همکارانش، پس از این که به ویژگیِ خاصِ قومِ آرا-۳ پی بردند، کارِ خود را، با طرحِ پرسشِ جالب‌تری، ادامه دادند. آیا این پیشرفتِ ناگهانی در توانایی تغذیه صرفاً ناشی از یک جهشِ غیرِ منتظره بوده است که، از فرطِ ندرت، از میانِ دوازده قومِ موردِ آزمایش، تنها یکی این بخت را داشته است که به آن دست یابد؟ به دیگر سخن، آیا این امر نیز یک گامِ ژنتیکی است مانندِ همان گام‌هایِ کوچکی که در نمودارِ سازگاریِ شکل ۱۶ دیده می‌شوند؟ به باورِ لنسکی، چنین چیزی نامحتمل می‌نمود و دلیلِ جالبی هم برایِ باورِ خود داشت. با دانستنِ آهنگِ جهشِ میانگین[2] هر ژن از ژنومِ این باکتری‌ها، حساب کرده بود که ۳۰،۰۰۰ نسل به اندازه‌ای بلند بوده است که هر ژن، در هر دوازده قوم، فرصتِ دست‌کم یک بار جهش را داشته باشد. پس، محتمل به نظر نمی‌رسید که نادر بودنِ جهش باعثِ خاص شدنِ آرا-۳ شده باشد. چنین چیزی را اقوامِ دیگر نیز باید «کشف» می‌کردند.

---

[1] citrate

[2] average mutation rate

یک نظریهٔ احتمالیِ دیگر نیز وجود داشت که واقعاً هیجان‌انگیز است. این جاست که ماجرا حسابی پیچیده می‌شود. اگر دیروقت است، بهتر است فردا به خواندن ادامه دهید. . .

اگر جادویِ زیست‌شیمیایی، که توانایی تغذیه از سیترات را ممکن می‌کند، مستلزمِ صرفاً یک جهش نباشد و نیاز به دو (یا سه) جهش داشته باشد، چطور؟ بحثِ دو جهش، که می‌توانند مکملِ یک‌دیگر باشند، مطرح نیست. اگر چنین بود، به هر ترتیبی که این دو جهش رخ می‌دادند کفایت می‌کرد. رخ دادنِ هر یک، به تنهایی (مثلاً) نیمی از راه را می‌پیمود و هر یک از این جهش‌ها، به تنهایی، تا اندازه‌ای توانایی تغذیه از سیترات را مقدور می‌کرد، اما نه به اندازه‌ای که هر دو جهش، با هم، می‌توانستند به آن دست یابند. اگر چنین چیزی مطرح بود، با جهش‌هایِ لازم برایِ افزایشِ جثه، که پیشتر به آن پرداختیم، فرقی نمی‌کرد. آن وقت چنین شرایطی آن قدر نادر نمی‌شد که بتواند منحصربه‌فردیِ غیرِ منتظرهٔ قومِ آرا-۳ را توجیه کند. نه، ندرتِ متابولیسمِ سیترات تلویحاً نشان می‌دهد که ما داریم پیِ چیزی می‌گردیم که بیشتر به ایدهٔ «پیچیدگیِ تقلیل‌ناپذیر[1]» در پروپاگاندایِ آفرینش‌گرایان شباهت دارد. چنین چیزی می‌تواند مسیری زیست‌شیمیایی باشد که، در آن، حاصلِ یک واکنشِ شیمیایی شرایط را برایِ واکنشِ شیمیاییِ دوم مهیا می‌کند و ***هیچ کدام، بدونِ دیگری، کاری از پیش نمی‌برد***. این امر مستلزمِ دو جهش، مثلاً به نام‌هایِ «آ» و «ب»، است که کاتالیزورِ[2] دو واکنش باشند. مطابقِ این فرضیه، هر دو جهش، ***توأماً***، لازم هستند، ***وگرنه هیچ پیشرفتی مشاهده نخواهد شد***. همچنین، این دو جهش باید به اندازهٔ کافی نامحتمل باشند که بتوانند نتیجهٔ مشاهده شده را توجیه کنند (یعنی مشاهدهٔ دست‌یابیِ تنها یک قوم، از میانِ آن دوازده قوم، به این نتیجهٔ خارق‌العاده بود).

همهٔ این فرضیه‌ها مطرح است. اما آیا تیمِ لِنسکی توانست، با انجامِ آزمایش، پی ببرد که واقعاً ماجرا از چه قرار بوده است؟ در واقع، آن‌ها توانستند با استفادهٔ خلاقانه از «فسیل»هایِ منجمد، که

---

[1] irreducible complexity

[2] catalyst

پیوسته در تحقیقات به کارشان آمده بود، گام‌هایِ بلندی را در این جهت بردارند. مِن بابِ تکرار، فرضیه‌شان چنین بود: در زمانی نامعلوم، به صورتِ اتفاقی، یک جهش (جهشِ «آ»)، در قومِ آرا-۳ رخ داده بود. این جهش اثرِ مشهودی نداشت؛ چرا که جایِ جهشِ دیگر (جهشِ «ب») خالی بود. جهشِ «ب» هم، به همان اندازه، این بخت را داشت که، در هر یک از دوازده قوم، رخ دهد. در واقع، شاید هم رخ داده باشد. اما جهشِ «ب» دردی را دوا نمی‌کند و، مطلقاً، هیچ گونه تأثیرِ مفیدی نخواهد داشت، مگر این که، در قومی که رخ می‌دهد، از طریقِ رخدادِ قبلیِ جهشِ «آ»، زمینه فراهم شده باشد. و، چنان که بر می‌آید، فقط قومِ آرا-۳ چنین آمادگی‌ای داشته است.

لِنسکی حتی می‌توانست فرضیه‌اش را، در قالبِ یک پیش‌بینیِ قابلِ آزمایش، بیان کند. (انتخابِ واژهٔ «پیش‌بینی[1]» انتخابِ جالبی است؛ چرا که این کار، با این که، به تعبیری، مربوط به گذشته است، نوعی پیش‌بینی تلقی می‌شود.) اگر من جایِ لِنسکی بودم، پیش‌بینیِ خود را این گونه مطرح می‌کردم:

> چند فسیلِ متعلق به قومِ آرا-۳ را، از زمان‌هایِ مختلفی در گذشته (که به صورتِ هدفمندی انتخاب شده‌اند) یخ‌زدایی می‌کنم. سپس، شرایط را برایِ هر یک از این «بافتزادهایِ[2] ایلعازر»[3] فراهم می‌کنیم که، به همان ترتیبی که در آزمایشِ فرگشتیِ اصلی در پیش گرفته شده بود، به فرگشتِ خود ادامه دهند. بدونِ شک، آن‌ها را، از این نقطه به بعد، کاملاً مجزا از یک‌دیگر نگه می‌داریم. و، حال، پیش‌بینیِ من این

---

[1] prediction

[2] clone

[3] ایلعازر: مردی که با خواهر خود در بیت عنیا سکونت می‌داشت و خداوند عیسی مسیح بسیار در خانهٔ او آمد و شد می‌نمود. ناگاه بیمار شده بمرد. پس از آن‌که چهار روز از موتش گذشته بود در نزدیکی اورشلیم مسیح در حضور خانوادهٔ وی و جمعی از یهود وی را از مردگان بر خیزانید. *قاموس کتاب مقدس*، ترجمه و تألیف مستر هاکس، انتشارات اساطیر

است. بعضی از این بافتزادهایِ ایلعازر راهِ تغذیه از سیترات را «کشف» می‌کنند؛ اما ***فقط*** در صورتی موفق به این کار می‌شوند که از فسیل‌هایی بازیابی شده باشند که ***پس از*** نسلی خاص و تعیین‌کننده، در آزمایشِ اصلی، تهیه شده باشند. ما —— البته تا الآن —— نمی‌دانیم که آن نسلِ «جادویی» کدام نسل بوده است. اما، با نگاه به گذشته با اطلاعاتِ کنونی‌مان، می‌توانیم بفهمیم که همان لحظه‌ای بوده است که، بنا به فرضیه‌مان، جهشِ «آ» به این قبیله راه پیدا کرده است.

جالب است بدانید که این دقیقاً همان چیزی است که دانشجویِ لنسکی، زَکری بلانت[1]، کشف کرده است. او مجموعه آزمایشی طاقت‌فرسا را اجرا کرد که شاملِ حدودِ چهل تریلیون (۴۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰) سلولِ *اشیریکیا کولیِ* حاصل از نسل‌هایِ مختلف می‌شد. کاشف به عمل آمد که این نسلِ جادویی تقریباً نسلِ ۲۰،۰۰۰اُم بوده است. بافتزادهایِ آرا-۳، که از نسل‌هایِ پس از نسلِ ۲۰،۰۰۰اُم از بانکِ فسیل یخ‌زدایی شده بودند، به احتمالِ بیشتری، در ***نسل‌هایِ بعد***، موفق به فرگشتِ توانایی تغذیه از سیترات شدند. هیچ یک از بافتزادهایی که پیش از نسلِ ۲۰،۰۰۰اُم انتخاب شده بودند به این قابلیت دست نیافتند. بنا بر فرضیهٔ ذکرشده، پس از نسلِ ۲۰،۰۰۰اُم، بافتزادها «آمادگی»اش را داشتند که هر وقت جهشِ «ب» رخ داد از آن سود ببرند. و، وقتی که «رستاخیزِ» فسیل‌ها پس از تاریخِ جادوییِ نسلِ ۲۰،۰۰۰اُم بود، هیچ تغییری، در هیچ جهت، در احتمالِ وقوعِ پدیدهٔ مذکور به وجود نیامد. به دیگر سخن، بلانت هر نسلی را، که پس از نسلِ ۲۰،۰۰۰اُم بود، برایِ نمونه‌برداری انتخاب می‌کرد، احتمالِ افزایش‌یافتهٔ این که نسلِ برخاسته از آن فسیلِ یخ‌زدایی‌شده به قابلیتِ تغذیه از سیترات دست یابد ثابت می‌ماند. اما افزایشی در احتمالِ دست‌یابی به توانایی تغذیه از سیترات، در فسیل‌هایِ پیش-از-نسلِ-۲۰،۰۰۰اُم، مشاهده نشد. قومِ آرا-۳، پیش از نسلِ ۲۰،۰۰۰، درست مثلِ دیگر اقوام بود. با این که اعضایش <باکتری‌هایش> متعلق به قومِ آرا-۳ بودند، جهشِ

[1] Zachary Blount

«آ» را در اختیار نداشتند. اما، پس از نسلِ ۲۰،۰۰۰، قومِ آرا-۳ «آمادگیِ» لازم را داشت. تنها این قوم توانایی بهره‌برداری از جهشِ «ب» را، در صورتِ وقوع، داشت. احتمالاً این جهش، در دیگر قبایل هم به وجود آمده بود، اما فایده‌ای نمی‌داشت. لحظاتِ شعف‌باری در پژوهش‌هایِ علمی وجود دارد و لحظهٔ کشفِ این معمّا، یقیناً، یکی از این لحظات بوده است.

جهشی تصادفی که انتخابِ طبیعیِ غیرِ تصادفی پس از آن رخ می‌دهد؛ سازگاری با محیطی یکسان از مسیرهایِ جداگانه و مستقل؛ این که جهش‌هایِ پیاپی، با اتکا بر جهش‌هایِ پیش-از-خود، تغییری فرگشتی را پدید می‌آورند؛ و این که بعضی ژن‌ها، برایِ بروزِ تأثیرِ خود، به حضورِ دیگر ژن‌ها نیاز دارند از اجزایِ ضروریِ فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعی هستند. پژوهشِ لنسکی بسیاری از این اجزاء را، در یک ریز-کیهان[1] و در آزمایشگاه، با سرعتی بالاتر به ما نشان می‌دهد؛ چنان که گویی همهٔ آن‌ها درست جلویِ چشمانِ ما رخ می‌دهند. با وجودِ این، همهٔ این تغییرات در کسرِ کوچکی از زمانِ لازمِ معمول برایِ فرگشت رخ داده‌اند.

این حکایتِ علمیِ پرفتوح دنباله‌ای خنده‌دار دارد که آفرینش‌باوران از آن متنفرند. این دنباله نه تنها فرگشت را در-حالِ-رخداد نشان می‌دهد، نه تنها نشان می‌دهد که اطلاعاتِ جدید، بدونِ دخالتِ هیچ طراحی، واردِ ژنوم‌هایِ مختلف می‌شود — و این چیزی است که در گوشِ همهٔ آفرینش‌باوران خوانده‌اند که باید امکانِ وقوعش را انکار کنند (به این دلیل می‌گوییم «در گوش‌شان خوانده‌اند» که بیشترِ آن‌ها معنایِ «اطلاعات» را نمی‌فهمند) نه تنها قدرتِ انتخابِ طبیعی را، در سرِ هم کردنِ ترکیباتِ ژنیِ مختلف، نشان می‌دهد — چیزی که طبقِ محاسباتِ ساده‌لوحانهٔ رایج در میانِ آفرینش‌باوران اساساً غیرِ ممکن است — بلکه این باورِ جزم‌اندیشانهٔ آفرینش‌باوران، یعنی «پیچیدگیِ

[1] microcosm

تقلیل‌ناپذیر»،[1] را نیز زیرِ سؤال می‌برد. پس تعجبی ندارد که پژوهشِ لِنسکی مایهٔ آشفتگیِ آفرینش‌باوران شده است و، از این رو، خیلی مشتاق‌اند ایرادی در آن پیدا کنند.

اندرو شِلافلی[2]، سردبیرِ آفرینش‌باورِ «کُنسِروا-پِدیا[3]» (که تقلیدِ بی‌شرمانه و گمراه‌کننده‌ای از ویکی‌پدیاست)، به دکتر لِنسکی نامه نوشت و از او خواست که اگر راست می‌گوید اجازه دهد او به داده‌هایِ اصلیِ آزمایش دسترسی پیدا کند. یحتمل قصدش این بوده است که، با این کار، در درستیِ کارِ دکتر لِنسکی و همکارانش شبهه بیفکند. پر واضح است که لِنسکی هیچ الزامی برایِ پاسخ به این درخواستِ گستاخانه نداشت، اما خیلی نجیبانه، این کار را کرد و در پاسخش، با ملایمت پیشنهاد کرد که بهتر است شِلافلی، پیش از انتقاد از تحقیقش، همتی کند و آن را بخواند. در ادامه، لِنسکی به این نکتهٔ گویا اشاره کرد که بهترین داده‌هایش، در قالبِ باکتری‌هایی منجمد، ذخیره شده‌اند و، اصولاً، هر کسی می‌تواند آن‌ها را، به منظورِ بررسیِ نتایجِ پژوهش، بیازماید. او مایل بود که نمونه‌هایش را، برایِ آزمایش، برایِ هر باکتری‌شناسِ شایسته‌ای بفرستد و به این نکته نیز اشاره کرده بود که اگر آن باکتری‌ها به دستِ فردی ناشی بیافتند، می‌توانند بسیار خطرناک باشند. لِنسکی، بی‌آنکه نکته‌ای را فرو بگذارد، این شایستگی‌ها را، با جزئیات، برشمرد. شوقِ وی در بیانِ این موارد هویداست. او به خوبی می‌دانست که شِلافلی — که اصولاً ***وکیل*** است و نه دانشمندِ علومِ تجربی — در تلفظِ درستِ واژگانِ تحقیقات هم کم می‌آورد، چه رسد به این که حائزِ شایستگیِ لازم، به عنوانِ باکتری‌شناسی کاردان، باشد و بتواند فرایندهایِ آزمایشگاهیِ پیچیده را، به شیوه‌ای امن و

---

[1] به‌طور خلاصه، پیچیدگیِ تقلیل‌ناپذیر می‌گوید که برخی سیستم‌هایِ زیستیِ پیچیده امکان ندارد که از فرگشت‌های کوچک و پی در پی و ناشی از انتخابِ طبیعی حاصل شده باشند چون اساساً بدون این پیچیدگی، کارکردِ این سیستم‌ها مختل می‌شده است. ویراستار

[2] Andrew Schlafly

[3] Conservapedia

مطمئن، انجام دهد و، بعد از آن نیز، یافته‌هایش را تجزیه و تحلیلِ آماری بکند. پی.زی. مایرز[1]، که وبلاگ‌نویسِ علمیِ شوخ‌طبعی است، کلِ ماجرا را در بندی که این گونه آغاز می‌شود، خلاصه کرده است: «ریچارد لِنسکی، یک بارِ دیگر، به مجانینی که کُنسِروا-پِدیا را می‌گردانند پاسخ داده است و، مثلِ همیشه، حسابی خفت‌شان داده است.»

آزمایش‌هایِ لِنسکی، مخصوصاً به خاطرِ روشِ «فسیل‌سازیِ» هوشمندانه‌شان، قدرتِ انتخابِ طبیعی را در ایجادِ تغییرِ فرگشتی، در مقیاسی زمانی که عمرِ انسان قادر به درکش است، درست جلویِ چشمانِ ما، به نمایش می‌گذارند. اما باکتری‌ها مثال‌هایِ شایانِ توجهِ دیگری را نیز به ما عرضه می‌کنند؛ گر چه شاید به اندازهٔ کافی از حقیقتِ آن‌ها پرده‌برداری نشده باشد. بسیاری از سویه‌هایِ باکتریایی، در بازه‌هایِ زمانیِ به-طرزِ-باور-نکردنی کوتاهی، فرگشت یافته و در برابرِ آنتی‌بیوتیک‌ها[2] مقاوم شده‌اند. به هر حال، اولین آنتی‌بیوتیک، یعنی پنی‌سیلین[3] را، فِلُوری[4] و چِین[5]، همچون دو ناجی، در گذشته‌ای نه‌چندان‌دور، در زمانِ جنگِ جهانیِ دوم، تولید کردند. از آن زمان تا کنون، آنتی‌بیوتیک‌هایِ جدید، در بازه‌هایِ زمانیِ نزدیک‌به‌هم، تولید شده‌اند، ولی باکتری‌ها هم تقریباً به همهٔ آن‌ها مقاوم شده‌اند. امروزه، MRSA (*استافیلوکوک اورئوسِ*[6] مقاوم به متی‌سیلین[7]) شوم‌ترین نمونهٔ این گونه باکتری‌هاست که توانسته است بسیاری از بیمارستان‌ها را به محیطِ بسیار خطرناکی بدل کند. *کلستریدیوم دیفیسیل*[8] یکی دیگر از این گونه باکتری‌هایِ خطرناک است. در

---

[1] PZ Myers

[2] antibiotic

[3] penicillin

[4] Florey

[5] Chain

[6] *Staphylococcus aureus*

[7] methycillin

[8] *Clostridium difficile; C diff*

این جا نیز، انتخابِ طبیعی به نفعِ سویه‌هایی عمل می‌کند که در برابرِ آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم هستند، اما آنتی‌بیوتیکی دیگر تأثیرِ آن را خنثی می‌کند. استفادهٔ طولانی‌مدت از آنتی‌بیوتیک، در کنارِ مرگِ باکتری‌هایِ بد، باکتری‌هایِ «مفید» روده را نیز از بین می‌برد. *کلستریدیوم دیفیسیل* خود نسبت به بیشترِ آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم است و ***غیابِ*** دیگر گونه‌هایِ باکتری، که در حالتِ عادی مجبور به رقابت با آن‌هاست، کمکِ بزرگی به آن می‌کند. یعنی همان اصلِ «دشمنِ دشمنِ من دوستِ من است».

یک بار که در سالنِ انتظار پزشکم، منتظرِ رسیدنِ نوبتم بودم، داشتم بروشوری را که در آن‌جا بود مطالعه می‌کردم که اندکی مرا آزرده‌خاطر کرد. در آن دربارهٔ مضراتِ تکمیل نکردنِ دورهٔ کاملِ قرص‌هایِ آنتی‌بیوتیک هشدار داده شده بود. بنده هیچ مشکلی با آن هشدار نداشتم، بلکه دلیلی که برایِ آن ذکر شده بود موجبِ پریشانی‌ام شد. در آن بروشور نوشته شده بود که باکتری‌ها «باهوش‌اند» و روشِ مقابله با آنتی‌بیوتیک‌ها را «یاد می‌گیرند». یحتمل نویسندگانِ جزوه پنداشته بودند که اگر، به جایِ «انتخابِ طبیعی»، از عبارتِ «یاد گرفتن» استفاده کنند، درکِ پدیدهٔ مقاومت به آنتی‌بیوتیک ساده‌تر خواهد شد. اما اگر دربارهٔ باهوش بودنِ باکتری و توانایی یادگیریِ آن سخن بگوییم گیج‌کننده‌تر است و، مهم‌تر این که، هیچ کمکی به بیمار نمی‌کند تا دلیلِ توصیه به تکمیلِ دورهٔ دارو را درک کند. هر احمقی می‌تواند بفهمد که نمی‌توان لفظِ «باهوش» را برایِ باکتری به کار برد. آخر حتی اگر باکتریِ باهوشی هم وجود می‌داشت، عدمِ تکمیلِ دورهٔ درمان چه تفاوتی برایِ قدرتِ یادگیری‌اش می‌توانست ایجاد کند؟ اما به محضِ این که از منظرِ انتخابِ طبیعی به قضیه نگاه کنیم، همه چیز معنا پیدا می‌کند.

مثلِ هر سمّی، <عملکرد> آنتی‌بیوتیک‌ها هم به دوزِ[1] آن‌ها بستگی دارد. دوزی که از حدی فراتر باشد همهٔ باکتری‌ها را تار-و-مار می‌کند. ولی اگر دوزِ آن از حدی پایین‌تر باشد، باکتری‌ها

[1] dosage

کک‌شان هم نمی‌گزد. اگر هم دوز میانه باشد، بعضی از باکتری‌ها کشته می‌شوند، اما نه همه‌شان. اگر، در میانِ باکتری‌ها، تنوعِ ژنتیکی وجود داشته باشد، به گونه‌ای که بعضی از آن‌ها بیشتر از دیگران تحتِ تأثیرِ آنتی‌بیوتیک قرار بگیرند، دوزی میانه گویی اصلاً برایِ انتخابِ ژن‌هایِ ایجادکنندهٔ مقاومت ساخته شده است. وقتی دکتر می‌گوید که کلِ قرص‌ها را مصرف کنید، به این دلیل است که احتمالِ کشته شدنِ **همهٔ** باکتری‌ها افزایش یابد و باکتریِ جهش‌یافتهٔ مقاوم و نیمه‌مقاومی زنده نماند. حال که با دانشِ کنونی به گذشته نگاه می‌کنیم، ممکن است بگوییم که اگر اندیشیدن به شیوهٔ داروینی را بهتر یادمان داده بودند، زودتر از خوابِ غفلت بیدار و از خطراتِ انتخاب شدنِ سویه‌هایِ مقاومِ باکتری آگاه می‌شدیم. بروشورهایی مثلِ بروشورِ موجود در مطبِ دکترِ من کمکی به این آموزش در این زمینه نمی‌کنند و مایهٔ تأسف است که چنین فرصتِ خوبی، برایِ آموزشِ نکاتی چند پیرامونِ قدرت‌هایِ شگفت‌انگیزِ انتخابِ طبیعی، این چنین از دست برود.

## گوپی‌ها[1]

همکارم، دکتر جان اندلر[2]، که اخیراً از آمریکایِ شمالی به دانشگاه اکستر[3] آمده بود، این داستانِ تعجب‌برانگیز — و همچنین ناراحت‌کننده — را برایم تعریف کرد. می‌گفت که، در یکی از پروازهایِ داخلیِ ایالاتِ متحده، با مسافرِ بغل دستی‌اش دربارهٔ کارش هم‌صحبت شده بود. اندلر هم گفته بود که پرفسورِ بیولوژی است و رویِ گوپی‌هایِ وحشی، که در ترینیداد[4] زندگی می‌کنند، مطالعه می‌کند. همسفرش هم حسابی علاقه‌مند شده بود و سؤالاتِ بسیاری از او می‌کند. زیبایی و ظرافتِ نظریهٔ پشتِ آزمایش‌ها او را کنجکاو کرده بود و از اندلر دربارهٔ نامِ نظریه و کاشفِ آن سؤال

[1] guppy

[2] John Endler

[3] University of Exeter

[4] Trinidad

کرده بود. در این لحظه بود که دکتر اندلر آن چیزی را، که به درستی، حدس می‌زد مانندِ بمب مکالمه‌شان را به هم می‌زند به زبان آورده بود: «آن نظریه نظریهٔ فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعیِ داروین است!». حالتِ چهرهٔ آن مرد ناگهان، به کلی، تغییر کرده بود. صورتش برافروخته شده بود. با خشم، رویش را برگردانده بود و دیگر سخنی با او نگفته بود و گفت-و-گویی را که تا آن لحظه با خوبی-و-خوشی در جریان بود قطع کرده بود. در واقع، این که بگوییم گفت-و-گو «خوب-و-خوش» بوده است کم گفته‌ایم: دکتر اندلر در نامه‌اش به من نوشته بود که آن مرد «تا پیش از این حرف، سؤالاتِ عالی‌ای را مطرح می‌کرد که نشان می‌داد، مشتاقانه و هوشمندانه، دارد استدلال‌هایم را دنبال می‌کند. واقعاً غم‌انگیز است».

آزمایش‌هایی که جان اندلر برایِ همسفرِ متعصبش نقل کرده بود بسیار زیبا و ساده بودند و به خوبی نشان می‌دادند که انتخابِ طبیعی با چه سرعتی می‌تواند واردِ عمل شود. جا دارد، که در این کتاب، از خودِ تحقیقاتِ اندلر استفاده کنم؛ چرا که او نویسندهٔ کتابِ ***انتخابِ طبیعی در حیاتِ وحش***[1] نیز هست. این کتابْ کتابِ برجسته‌ای در این زمینه است که این گونه آزمایش‌ها، به همراهِ شرحِ روش‌شان، در آن گردآوری شده است.

گوپی نوعی ماهیِ آکواریومیِ آبِ شیرین[2] است. مانندِ قرقاول‌ها (که در فصلِ ۳ به آن‌ها برخوردیم)، گوپی‌هایِ نر رنگِ روشن‌تری دارند و آکواریوم‌داران به گونه‌ای آن‌ها را اصلاحِ نژاد کرده‌اند که رنگ‌شان روشن‌تر هم بشود. اندلر بر رویِ گوپی‌هایِ وحشی (*پوسیلیا رتیکولاتا*[3]) مطالعه می‌کرد که در جویبارهایِ کوهستانیِ ترینیداد، توباگو[4]، و ونزوئلا[5] زندگی می‌کردند. او متوجه شده

---

[1] Natural Selection in the Wild

[2] freshwater

[3] *Poecilia reticulata*

[4] Tobago

[5] Venezuela

بود که جمعیت‌های بومی تفاوت‌های قابلِ توجهی با یک‌دیگر دارند. در بعضی جمعیت‌ها، نرها بسیار رنگارنگ بودند، تقریباً به رنگارنگیِ آن‌هایی که در آکواریوم پرورش داده شده بودند. حدسش این بود که گوپی‌های مادهٔ نیاکانی نرها را بر اساسِ رنگ‌هاشان انتخاب کرده بودند، همان گونه که قرقاول‌های ماده قرقاول‌های نر را انتخاب کرده‌اند. در دیگر مناطق، نرها زرق-و-برقِ کمتری داشتند، ولی باز هم از ماده‌ها رنگارنگ‌تر بودند. مانندِ ماده‌ها — البته به میزانِ کمتری — به خوبی می‌توانستند، با رنگِ ماسه‌های کفِ جویبارهایی که در آن‌ها می‌زیستند، خود را استتار کنند. اندلر، از طریقِ مقایسه‌هایی کمّی میانِ مناطقِ مختلفِ ونزوئلا و ترینیداد، نشان داد که جویبارهایی که نرهاشان کم زرق-و-برق‌تر بودند میزانِ درندگی هم در آن‌ها بالاتر بود. اما در جویبارهایی که میزانِ درندگی کمتر بود، نرها هم رنگارنگ‌تر بودند و نقاطِ رنگیِ بزرگ‌تر، پر زرق-و-برق‌تر، و بیشتری هم داشتند. در واقع، نرها می‌توانستند با فراغِ بال، در جهتِ رنگارنگ‌تر بودن، فرگشت یابند تا به چشمِ ماده‌ها جذاب‌تر شوند. از سویِ ماده‌ها، فشار برایِ فرگشتِ نرها به داشتنِ رنگ‌هایِ بیشتر، همیشه و در همهٔ مناطقِ جدا-از-هم، وجود داشت، فارغ از این که فشارِ مخالفی که درندگان وارد می‌کردند قوی بود یا ضعیف. ولی مانندِ همیشه، فرگشت سطحِ سازشی را، میانِ نیروهایِ انتخابیِ مختلف، پیدا می‌کند. نکتهٔ جالبی که دربارهٔ گوپی‌ها وجود داشت این بود که اندلر قادر بود که تفاوتِ این سطحِ سازش را در جویبارهایِ مختلف ببیند. اما او پا را از این هم فراتر نهاد و یک سری آزمایش انجام داد.

فرض کنید که می‌خواهید آزمایشی ایده‌آل را برایِ نشان دادنِ فرگشتِ نحوهٔ استتار طراحی کنید. چه کار می‌کردید؟ حیواناتی که مستتر هستند به «پس‌زمینه»شان شباهت دارند. آیا می‌توانید آزمایشی را طراحی کنید که در آن حیوانات، درستِ جلویِ چشمان‌تان، به پس‌زمینه‌ای شباهت یابند که خود، به صورتِ آزمایشی، برای‌شان فراهم کرده‌اید؟ ترجیحاً دو پس‌زمینهٔ متفاوت با دو جمعیتِ جداگانه. هدف این است که، مانندِ چیزی که در فصلِ ۳ مشاهده کردیم، کاری کنیم شبیه به انتخابِ دو نسلِ ذرت با محتوایِ روغنِ کم و زیاد. اما در این آزمایش‌ها، انسانْ عاملِ انتخاب‌کننده نیست،

بلکه این کار را درندگان و گوپی‌هایِ ماده انجام می‌دهند. تنها چیزی که دو سریِ موردِ آزمایش را از هم جدا می‌کند پس‌زمینهٔ متفاوتی است که برایِ ماهی‌ها انتخاب می‌کنیم.

حیوانی استتارکننده، مثلاً گونه‌ای حشره، را در نظر بگیرید و آن‌ها را، به صورتِ تصادفی، در قفس‌هایِ مختلف — یا فضایِ بسته، حوضچه[1]، یا هر فضایِ دیگری که مناسب‌شان باشد — قرار دهید که پس‌زمینه‌هایی با رنگ‌ها یا طرح‌هایی مختلف داشته باشند. برایِ مثال، می‌توانیدِ پس‌زمینهٔ نیمی از محیطِ بسته را، مانندِ جنگل، به رنگِ سبز و نیمهٔ دیگرِ آن را، مانندِ صحرا، به رنگِ قهوه‌ای با رگه‌هایِ قرمز در آورید. پس از این که حیوانات را در محیط‌هایِ بستهٔ سبز و قهوه‌ای قرار دادید، آن‌ها را به حالِ خود واگذارید که، به هر تعداد نسلی که وقت دارید، تولیدِ مثل کنند. بعد، برگردید و بررسی کنید که آیا به گونه‌ای فرگشت یافته‌اند که شبیهِ پس‌زمینه‌شان (به ترتیب، سبز و قهوه‌ای) شوند یا خیر؟ البته، فقط زمانی چنین نتیجه‌ای می‌گیرید که درنده‌ای را هم در آن محیط‌ها قرار دهید. مثلاً، در آن‌ها آفتاب‌پرست بگذارید. در همهٔ محیط‌ها؟ البته که نه. فراموش نشود که دارید آزمایش می‌کنید. پس، در نیمی از محیطِ سبز و در نیمی از محیطِ قهوه‌ای، یک درنده قرار دهید. هدف از این آزمایش این است که درستیِ این پیش‌بینی را بررسی کنیم که حشراتی که در کنارِ یک درنده هستند به طوری فرگشت می‌یابند که سبز یا قهوه‌ای شوند؛ یعنی به پس‌زمینه‌شان شباهت پیدا می‌کنند. اما در محیط‌هایی که درنده‌ای وجود ندارد، اگر تغییری کنند، به شکلی فرگشت می‌یابند که از پس‌زمینه‌شان متمایزتر شوند، و بدین ترتیب، بیشتر توی چشمِ ماده‌ها بیایند.

مدت‌ها مشتاق بودم که دقیقاً همین آزمایش را با مگسِ میوه (مگسِ سرکه[2]) انجام دهم؛ چرا که دورهٔ تولیدِ مثلِ بسیار کوتاهی دارند. ولی حیف که هیچ وقت این کار را نکردم. به همین خاطر، از این که می‌بینم جان اندلر این آزمایش را انجام داده است خرسندم. فقط او، به جایِ حشره، از ماهیِ گوپی استفاده کرده است. بدیهی است که از آفتاب‌پرست، به عنوانِ درنده، استفاده نکرده بود،

---

[1] pond

[2] fruit fly

بلکه از نوعی ماهی، به نامِ سیکلیدِ پایک[1]، *کرنیسیکلا آلتا*[2]، استفاده کرده بود که، در طبیعت، درندهٔ خطرناکی برایِ این ماهی‌هاست. همچنین، از پس‌زمینه‌هایِ سبز و قهوه‌ای هم استفاده نکرده بود، بلکه ابتکارِ بیشتری به خرج داده بود. او متوجه شده بود که عمدهٔ استتارِ گوپی‌ها به لطفِ خال‌هایِ رویِ بدن‌شان است، مخصوصاً آن‌هایی که بزرگ هستند و طرح‌شان به طرحِ کفِ ماسه‌ای جویبارهایِ بومی‌شان شباهت دارد. بعضی جویبارها ماسه‌هایِ بزرگ و ریگ‌مانندی دارند و بعضی دیگر ماسه‌هایی ریز. او از این دو، به عنوانِ پس‌زمینه، استفاده کرد و، حتماً موافق هستید که نقشی که او به دنبالش بوده بسیار پیچیده‌تر و جالب‌تر از نقشِ سبز و قهوه‌ایِ پیشنهادیِ من است.

اندلر گل‌خانه‌ای بزرگ را انتخاب کرد تا بتواند محیطِ آبِ شیرینِ گوپی‌ها را شبیه‌سازی و ده حوضچه را در آن ایجاد کند. او کفِ همهٔ حوضچه‌ها را با ماسه پوشاند، اما پنج تایِ آن‌ها را با ماسه‌هایِ ریگ‌مانند و پنج تایِ دیگر را با ماسه‌هایِ ریزتر و ظریف‌تر. حتماً تا آخرِ قضیه را خوانده‌اید. پیش‌بینی می‌شود که وقتی گوپی‌ها، که ماسه‌هایِ حوضچه‌شان با هم فرق می‌کند، در معرضِ درندگانِ زیادی قرار بگیرند، با گذشتِ زمانی که برایِ فرگشت‌شان لازم است، از یک‌دیگر متفاوت شوند و هر یک به سمتی سوق پیدا کنند که با ماسه‌هاشان تطابقِ بیشتری پیدا کنند. وقتی که هیچ درنده‌ای وجود نداشته باشد یا تعدادشان اندک باشد، پیش‌بینی می‌شود که نرها به سمتِ تویِ چشم آمدن و جذاب‌تر شدن برایِ ماده‌ها پیش روند.

اندلر، به جایِ این که، در نیمی از حوضچه‌ها، درنده قرار دهد و، در نیمی دیگر، هیچ درنده‌ای قرار ندهد، باز هم گزینهٔ پیچیده‌تری را انتخاب کرد. او سه سطحِ درندگی را <برایِ حوضچه‌ها> تعیین کرد. دو تا از حوضچه‌ها، یکی دارایِ ماسهٔ ریز و دیگری دارایِ ماسهٔ درشت، هیچ درنده‌ای نداشتند. در چهار تا از حوضچه‌ها، دو تا از آن‌هایی که ماسهٔ ریز و دو تا از آن‌هایی که ماسهٔ درشت داشتند، سیکلیدِ پایک ریخت که ماهیانِ خطرناکی بودند. سپس، در چهار حوضچهٔ

---

[1] pike cichlid

[2] *Crenicichla alta*

دیگر، گونه‌ای دیگر از ماهی، با نامِ علمیِ *ریوولوس هارتی*[1]، قرار داد. این ماهی، علی رغمِ نامِ انگلیسی‌اش، ماهیِ قاتل[2] <در فارسی، «کپوردندانِ تخم‌گذار»>، تقریباً برایِ ماهیِ گوپی خطری ندارد. (نامِ این ماهی به «قتل و کشتار» ربطی ندارد؛ چرا که، در اصل، نامِ خود را از فردی به نامِ آقایِ کیل[3] گرفته است.) این نوع ماهی «درندهٔ ضعیف» محسوب می‌شود، اما سیکلیدِ پایک درنده‌ای قوی است. وقتی در شرایط‌مان درندگیِ ضعیف را نیز لحاظ کنیم، آزمایش کنترل‌شده‌تر می‌شود، تا زمانی که هیچ درندگی وجود نداشته باشد. اِندلر به این دلیل این رویه را در پیش گرفت که بتواند دو نوع شرایطِ طبیعی را شبیه‌سازی کند و می‌دانست که هیچ جویبارِ طبیعی‌ای نیست که هیچ گونه درنده‌ای نداشته باشد. از این رو، مقایسه بینِ درندگیِ قوی و درندگیِ ضعیف مقایسهٔ طبیعی‌تری است.

پس، شرایطِ آزمایش بدین قرار است: گوپی‌ها، به طورِ تصادفی، در ده حوضچه ریخته می‌شوند که پنج تایِ آن‌ها ماسهٔ درشت و پنج تایِ دیگر ماسهٔ ریز دارند. به هر ده کُلُنیِ (جمعیتِ) گوپی شش ماه فرصت داده شد، که بدونِ حضورِ هیچ درنده‌ای، آزادانه با یک‌دیگر جفت‌گیری کنند. بعد از این دوره، آزمایشِ اصلی شروع شد. اِندلر «درندهٔ خطرناک»ی در هر یک از دو حوضچهٔ دارایِ ماسهٔ درشت و دو حوضچهٔ دارایِ ماسهٔ نرم رها کرد. همچنین، شش «درندهٔ ضعیف» را در هر یک از دو حوضچهٔ دارایِ ماسهٔ درشت و دو حوضچهٔ دارایِ ماسهٔ ریز رها کرد. (برایِ شباهتِ بیشتر به تراکمِ جمعیتیِ این دو نوع ماهی در طبیعت، به جایِ یک ماهی، شش ماهی در هر یک از حوضچه‌ها رها کرد.) و دو حوضچهٔ باقی‌مانده، به همان روالِ قبل، بدونِ افزودنِ هیچ درنده‌ای، نگه داشته شدند.

پس از پنج ماه، اِندلر آمارِ همهٔ حوضچه‌ها را سرشماری کرد و خال‌هایِ رویِ بدنِ گوپی‌هایِ همهٔ حوضچه‌ها را شمارش و اندازه‌گیری کرد. نه ماه بعد، یعنی چهارده ماه پس از آغازِ

---

[1] *Rivulus hartii*

[2] killifish

[3] Kille

آزمایش، سرشماریِ دیگری انجام داد و، باز هم، خالِ بدنِ ماهی‌ها را شمارش و اندازه‌گیری کرد. و نتیجه چه بود؟ نتیجه خارق‌العاده بود، حتی پس از گذشتِ چنین زمانِ کوتاهی. اِندلر مقیاس‌هایِ گوناگونی را برایِ سنجشِ الگویِ رنگیِ ماهی‌ها به کار برد که یکی از آن‌ها «خال به ازایِ هر ماهی» بود. در آغاز که ماهی‌ها در حوضچه‌ها ریخته شدند (پیش از اضافه کردنِ درندگان)، تعدادِ خال‌ها بسیار متفاوت بود؛ چرا که ماهی‌ها از جویبارهایِ مختلف، که دارایِ تعداد درندهٔ متفاوتی بودند، انتخاب شده بودند. طیِ شش ماهی که درنده‌ای واردِ حوضچه‌ها نشده بود، متوسطِ تعدادِ خال به ازایِ هر ماهی، به شدت، افزایش یافت. احتمالاً، این تغییر به دلیلِ نحوهٔ انتخابِ نرها توسطِ ماده‌ها بوده است. سپس، وقتی که درندگان به حوضچه‌ها اضافه شدند، تغییری محسوس مشاهده شد. چهار حوضچه‌ای که درندهٔ خطرناک داشتند، متوسطِ تعدادِ خال شدیداً کاهش یافت. این تفاوت در سرشماری، که در ماهِ پنجم انجام شد، کاملاً مشهود بود. با وجودِ این، تعدادِ خال‌ها تا ماهِ چهاردهم، باز هم پایین‌تر رفت. اما، در دو حوضچه‌ای که درنده‌ای در آن‌ها وجود نداشت و در چهار حوضچه‌ای که میزانِ درندگی ضعیف بود، تعدادِ خال‌ها به صعودِ خود ادامه داد. این تعداد، در همان پنج ماهِ اول، به یک سطحِ ثابت رسید و، در کلِ چهارده ماهِ سرشماری، در همان سطحِ بالا باقی ماند. به نظر می‌رسد که تعدادِ خال در شرایطِ درندگیِ ضعیف شباهتِ زیادی به شرایطِ عاری از درندگی دارد و انتخابِ جنسیِ ماده‌ها، که متمایل به انتخابِ خال‌هایِ بیشتر است، دستِ بالاتر را دارد.

این از لحاظِ تعدادِ خال. ماجرایِ اندازهٔ خال‌ها هم به همین اندازه جالب است. در حضورِ درنده، چه ضعیف و چه قوی، ماسهٔ درشتْ تعدادِ ماهی‌هایِ خال‌بزرگ را افزایش می‌داد، اما در حوضچه‌هایی که ماسه‌ها ریزتر بودند، شرایط به نفعِ ماهیانی بود که خال‌هایِ ریزتری داشتند. تفسیرِ سادهٔ این یافته این است که اندازهٔ خال مطابقِ اندازهٔ ماسه‌هاست. جالب این جاست که، در حوضچه‌هایی که هیچ درنده‌ای وجود نداشت، اِندلر دقیقاً برعکسِ این موضوع را مشاهده کرد. ماسهٔ ریز به نفعِ خال‌هایِ بزرگ و ماسهٔ درشت به نفعِ خال‌هایِ کوچک، رویِ بدنِ گوپی‌هایِ نر، عمل کرد. در واقع، این ماهی‌ها اگر ماسه‌هایِ کفِ حوضچه‌شان را ***تقلید نکنند*** بیشتر به چشم می‌آیند و برایِ جذبِ ماده‌ها مناسب‌تر است. جالب است!

واقعاً جالب است! اما این نتایج در محیطِ آزمایشگاهی مشاهده شدند. آیا اندلر توانست، در طبیعت هم، به همین نتایج دست یابد؟ البته! او به جویباری طبیعی رفت که حاویِ سیکلیدِ پایکِ خطرناک بود و گوپی‌هایِ نرش نسبتاً تویِ چشم نبودند. او گوپی‌هایی را، از هر دو جنس، گرفت و آن‌ها را، در انشعابی از همان جویبار، که نه گوپیِ دیگری در آن بود و نه درندهٔ خطرناکی داشت، رها کرد. ولی، در این جویبار، درندهٔ ضعیف، یعنی کپوردندانِ تخم‌گذار، وجود داشت. او آن‌ها را به حالِ خود رها کرد تا زندگی و تولیدِ مثل کنند. بیست‌وسه ماه بعد، برگشت و گوپی‌ها را بررسی کرد تا ببیند چه اتفاقی افتاده است. حیرت‌آور است! پس از کمتر از دو سال، نرها، به اجبارِ ماده‌ها و، بی شک، به سببِ فراغت از درندگانِ خطرناک، به سمتِ پر زرق-و-برق بودن متمایل شده بودند.

یکی از ویژگی‌هایِ جالبِ علم این است که فعالیتی عمومی است. دانشمندان روش‌ها و نتایجِ خود را <در فضایِ عمومی> منتشر می‌کنند و این بدان معناست که هر کسِ دیگری، در هر کجایِ دنیا، می‌تواند آزمایشِ آن‌ها را تکرار کند. اگر نتیجهٔ یکسانی نگرفتند، کنجکاو خواهیم شد که دلیلِ آن چیست. معمولاً، گروه‌هایِ بعدی صرفاً آزمایش‌هایِ قبلی را تکرار نمی‌کنند، بلکه آن‌ها را گسترش می‌دهند. پژوهشِ فوق‌العادهٔ جان اندلر رویِ گوپی‌ها «تشنهٔ» ادامه و گسترش یافتن بود. یکی از کسانی که این کار را انجام داده است دیوید رِزنیک[1]، از دانشگاهِ کالیفرنیا[2]، در ریورساید[3]، است.

نه سال پس از این که اندلر از جویبارهایِ موردِ مطالعهٔ خود نمونه‌برداری و آن نتایجِ درخشان را حاصل کرده بود، رِزنیک و همکارانش به همان منطقه رفتند و، باز هم، از نوادگانِ جمعیتِ آزمایشیِ اندلر نمونه‌برداری کردند. در آن زمان، نرها حسابی پر زرق-و-برق شده بودند. روندی که ماده‌ها آن را پیش می‌بردند و اندلر شاهدِ آن بود همچنان، قدرتمندانه، در حالِ پیشروی

[1] David Reznick

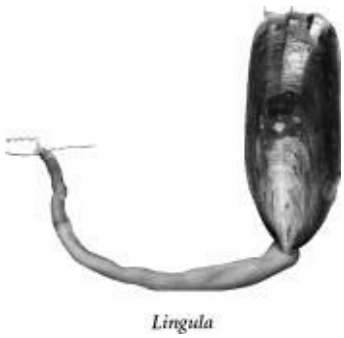
[2] University of California

[3] Riverside

بود. و ماجرا به این جا ختم نمی‌شود. حتماً روباه‌های نقره‌ای فصل ۳ را به خاطر دارید و یادتان هست که انتخاب مصنوعی برای رسیدن به یک ویژگی (اهلی بودن)، مجموعه‌ای از دیگر ویژگی‌ها را هم با خودش آورده بود، ویژگی‌هایی همچون تغییر در فصل جفت‌گیری، شکل گوش، دُم، رنگ خز، و دیگر موارد. همین اتفاق، برای گوپی‌هایی هم که تحت تأثیر انتخاب طبیعی بودند، رخ داده بود.

رزنیک و اندلر، از مقایسهٔ گوپی‌های جویبارهای مملو-از-درنده و گوپی‌های جویبارهای بی‌درنده یا جویبارهایی که درندگی ضعیفی داشتند، متوجه شده بودند که تفاوت‌های رنگی کوچک‌ترین بخش ماجراست. چندین دسته تفاوت دیگر نیز وجود دارد. گوپی‌های ساکن جویبارهایی که درندگی پایینی دارند دیرتر از گوپی‌های ساکن جویبارهایی که درندگی بالایی دارند به بلوغ می‌رسند و، هنگام رسیدن به سن بلوغ، جثهٔ بزرگ‌تری دارند. همچنین، <گوپی‌های دستهٔ اول>، با تناوب کمتری دسته‌های بچه‌ماهی می‌زایند؛ تعدادشان، در هر دسته، کمتر، اما جثه‌شان بزرگ‌تر است. وقتی که رزنیک نوادگان گوپی‌های حاصل آزمایش اندلر را آزمود، نتایجی که به دست آورد آن قدر خوب بودند که باورشان سخت بود. آن ماهیانی که آزاد بودند — به جای انتخابی که نیروی پیشران آن درندگان و هدف آن بقای فرد است — مطابق انتخاب جنسی ماده‌ها فرگشت پیدا کرده، رنگ‌های پر زرق-و-برق‌تری یافتند. علاوه بر این، تمام ویژگی‌های دیگری نیز که به آن‌ها اشاره کردم و به صورت عادی در جمعیت‌های وحشی فارغ-از-درنده یافت می‌شوند، در این ماهی‌ها نیز بروز پیدا کردند. گوپی‌هایی که دیرتر از گوپی‌های ساکن جویبارهای پر-از-درنده به بلوغ می‌رسیدند بزرگ‌تر بودند و تعداد بچه‌ماهی‌هاشان، <در هر زایمان>، کمتر، اما جثه‌شان بزرگ‌تر بود. حد تعادل آن‌ها به سمت نُرم حوضچه‌های عاری-از-درنده، که جذابیت جنسی برای‌شان اولویت داشت، حرکت کرده بود. و همهٔ این اتفاقات، طبق معیارهای فرگشتی، بسیار سریع رخ داده‌اند. بعداً، در این کتاب، خواهیم دید که تغییرات فرگشتی که اندلر و رزنیک مشاهده کرده بودند و انتخاب طبیعی محض (انتخاب جنسی محض) آن‌ها را پیش برده بود، با سرعتی قابل‌مقایسه با سرعت انتخاب مصنوعی حیوانات در محیط‌های آزمایشگاهی، فرگشت یافتند. این نیز نمونه‌ای شگفت‌انگیز از فرگشت درست جلوی چشمان ماست.

یکی از چیزهایِ عجیبی که دربارهٔ فرگشت آموخته‌ایم این است که هم می‌تواند خیلی سریع رخ دهد (همان گونه که در این فصل خواندیم) و هم می‌تواند، تحتِ شرایطی متفاوت (همان گونه که از فسیل‌هایِ به‌جا‌مانده فهمیده‌ایم)، بسیار کند پیش رود. کندترین فرگشت را می‌توان در حیواناتی مشاهده کرد که به آن‌ها «فسیلِ زنده[1]» می‌گوییم. آن‌ها، در معنایِ واقعیِ کلمه، مانندِ باکتری‌هایِ منجمدشدهٔ لِنسکی، به حیات بازگردانده نشده‌اند، بلکه موجوداتی هستند که تغییراتِ آن‌ها، از زمانِ نیاکانِ کهن‌شان، آن قدر اندک بوده است که گویی خودْ فسیل هستند.




**شکل ۱۸ - لینگولا**

فسیلِ زندهٔ موردِ علاقهٔ من *لینگولا*[2]، از راستهٔ بازوپایان[3]، است. لازم نیست که بدانید بازوپایان چگونه حیواناتی هستند. اگر رستوران‌هایِ غذاهایِ دریایی، پیش از انقراضِ بزرگِ پِرمیَن[4] (فاجعه‌بارترین انقراضِ تاریخ)، یعنی حدودِ یک‌چهارمِ میلیارد سالِ پیش، گل کرده بودند، اکنون بازوپایان پایهٔ ثابتِ منویِ این رستوران‌ها بودند. اگر نگاهی گذرا به آن‌ها بیندازیم، ممکن است آن‌ها را با نرم‌تنانِ دوکفه‌ای[5] (صدفِ سیاه[1] و گونه‌هایِ مرتبط به آن) اشتباه بگیرید، اما، در واقع،

---

[1] living fossil

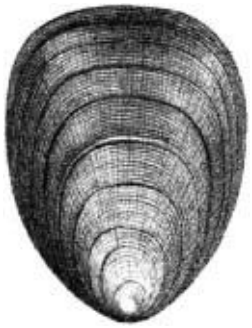
[2] *Lingula*

[3] brachiopod

[4] great Permian extinction

[5] bivalve molluscs

تفاوت‌های زیادی بینِ آن‌ها وجود دارد. صدف‌هایِ آن‌ها بالا و پایین است، در حالی که صدف‌هایِ صدفِ سیاه در چپ و راست قرار دارد. مطابقِ قولِ ماندگارِ استفان جِی گولد، در تاریخِ فرگشت، دوکفه‌ای‌ها و بازوپایان همچون کشتی‌هایی هستند که در تاریکی حرکت می‌کنند. انگشت‌شماری از بازوپایان از «مرگ-و-میرِ بزرگ» (باز هم، به قولِ گولد) جانِ سالم به در برده‌اند و *لینگولای*ِ امروزی (شکل ۱۸) چنان به *لینگولا*[2] (فسیلی که شکل ۱۹ آمده است) شبیه است که، در ابتدا، فسیلِ آن را هم *لینگولا*، که همان نامِ عمومیِ این صدف است، نام نهاده‌اند. قدمتِ این نمونهٔ خاص از *لینگولا* به دورهٔ اوردوویشَن، یعنی ۴۵۰ میلیون سالِ پیش، باز می‌گردد. اما فسیل‌هایی هم هستند که ابتدا *لینگولا* نام‌گذاری شده بودند و اکنون با نامِ *لینگولا* شناخته می‌شوند و قدمت‌شان به نیم میلیارد سالِ پیش، یعنی دورهٔ کامبرِیَن، باز می‌گردد. اما باید بگویم که خیلی نمی‌شود رویِ یک صدفِ فسیل‌شده مانور داد و بعضی جانورشناسان بر سرِ این موضوع بحث دارند که *لینگولا* را «فسیلِ زنده‌ای» کاملاً تغییرنیافته به شمار بیاورند.



**شکل ۱۹ - لینگوللا: صدفی که تقریباً با خویشاوندانِ امروزی‌اش مو نمی‌زند**

بسیاری از مسائلی که در مباحثاتِ فرگشتی به آن‌ها بر می‌خوریم صرفاً ناشی از این‌اند که حیوانات یا آن‌قدر بی‌ملاحظه‌اند که با سرعت‌هایِ مختلفی فرگشت می‌یابند و یا باز این‌قدر بی‌ملاحظه‌اند که اصلاً فرگشت نکنند. اگر قانونی در طبیعت وجود داشت که حکم می‌کرد مقدارِ

---

[1] mussels

[2] Lingulella

تغییرِ فرگشتی باید همیشه متناسب با زمانِ سپری‌شده باشد، مقدارِ شباهتِ بینِ گونه‌ها می‌توانست معیارِ دقیقی برایِ نشان دادنِ میزانِ خویشاوندیِ آن‌ها باشد. اما، در دنیایِ واقعی، باید با پرندگان، این «دونده‌هایِ سرعت» فرگشت، رقابت کنیم که خاستگاهِ خزنده‌ایِ خود را، در گرد-و-غبارِ عصرِ مزوزوئیک، پشتِ سر گذاشته‌اند (البته آن فاجعهٔ آسمانیِ اتفاقی، که تمامِ همسایگان‌شان را در نمودارِ درختیِ فرگشت نابود کرده است، نیز باعث شده است که بیش از پیش موجوداتی خاص تلقی‌شان کنیم). در سرِ دیگرِ پیوستار، باید با «فسیل‌هایِ زنده»ای مانندِ ***لینگولا*** سر کنیم، که اگر خیلی هم تغییر کرده باشد این تغییرات آن قدر جزیی است که اگر، با یک ماشینِ زمان، جفتی مناسب را، از میانِ نیاکانِ کهن‌اش، برایش پیدا کنیم، تقریباً می‌تواند با آن جفت‌گیری کند.

***لینگولا*** یگانه نمونهٔ مشهورِ فسیل‌هایِ زنده نیست. دیگر نمونه‌ها *لیمولوس*[1] (خرچنگِ نعل‌اسبی[2]) و تُهی‌خار[3] (که در فصلِ آینده با آن آشنا خواهیم شد) هستند.

---

[i] این گونه بدان بیاندیشید. تمامِ خطوطِ صافِ ممکن را در نظر بگیرید. میزانِ سازگاریِ هر یک از خطوط را، با نقاطِ رویِ نمودار، محاسبه کنید. این کار از طریقِ اندازه‌گیریِ فاصلهٔ هر نقطه از خط و جمعِ این فواصل با هم — البته بعد از به توان رساندنِ آن‌ها که دلیلی ریاضی پشتِ آن است، اما شرحِ آن ما را از بحث دور می‌کند — محقق می‌شود. از میانِ تمامِ خط‌هایِ صافِ ممکن، آن خطی که مجموعِ مربعِ فواصلِ نقاط تا آن، تقسیم بر تعدادِ نقاط، ***کمترین مقدار*** را دارد خطِ رگرسیونِ سازگار محسوب می‌شود. این خط به ما کمک می‌کند، که بدونِ این که نقاطِ نامرتب حواس‌مان را

---

[1] *Limulus*

[2] horseshoe “crab”

[3] coelacanths

پرت کنند، روندِ (trend) موجود را ببینیم. روش‌هایِ محاسبهٔ مختلفی وجود دارد که کارشناسانِ آمار به کمکِ آن‌ها میزانِ ***قابل‌اِعتماد بودنِ*** خط، به عنوانِ نشان‌گرِ روند، را محاسبه می‌کنند. به این محاسبات، تست‌هایِ معناداریِ آماری (statistical significance) می‌گویند. در این روش‌ها، از میزانِ پرتیِ نقاط نسبت به خط استفاده می‌شود.

[ii] اگر سوسمارهایِ پود کوپیستی، از زمانِ نیایِ مشترک‌شان در سی‌وهفت سالِ گذشته، با سرعتِ یکسانی فرگشت پیدا می‌کردند، تا دو برابرِ بیشتر زمان می‌برد.

[iii] ویژگی‌هایِ گوریل‌مانندِ مشابه، در جمجمه و دندان‌هایِ خویشاوندِ سالم و تنومندمان، *پارانتروپوس بویسی* (*Paranthropus boisei*) («انسانِ دانه‌شکن» (nutcracker man))، که به نام‌هایِ مستعارِ «زینج» (Zinj) و «دییر بوی» (Dear Boy، به معنی «پسر جان») نیز شناخته می‌شود) نشان می‌دهد که این گونه به احتمالِ قریب‌به‌یقین گیاه‌خوار بوده است.

[iv] این حرفْ استعاره‌ای نامربوط نیست؛ چرا که حلقه‌هایِ پریانِ قارچی، دقیقاً به دلیلِ مشابهی، به شکلِ دایره‌ایِ خود دست می‌یابند.

[v] آن خطِ راست را به یاد دارید که بیشترین سازگاری را با داده‌هایِ مربوط به کاهشِ اندازهٔ عاجِ فیل، از سالِ ۱۹۲۵ تا ۱۹۵۸، داشت؟ من این روش را شرح دادم و گفتم که مانندِ این است که همهٔ خط‌هایِ صافِ ممکن را امتحان کنیم و ببینیم کدام‌شان کمترین مجموعِ مربعاتِ فاصله با نقاطِ نمودار را دارد. اما شما هم می‌توانید، بدونِ محدود کردنِ خود به خطوطِ صاف، همین کار را بکنید. می‌توانید به تمامِ منحنی‌هایِ ممکن از نوعی خاص، که ریاضی‌دانان آن‌ها را تعریف کرده‌اند، نگاه کنید. هذلولی چنین نموداری است. در این مورد، به ترتیب همهٔ هذلولی‌هایِ ممکن را بررسی می‌کنیم و فاصلهٔ هر یک از نقاط را تا نمودار محاسبه می‌کنیم و، سپس، مجموعِ مربعِ فاصله‌ها را بر تعدادِ تمامِ نقاط تقسیم می‌کنیم. این کار را، برایِ همهٔ هذلولی‌ها انجام دهید و آن هذلولی را انتخاب کنید که کمترین مجموع را دارد. لِنسکی، برایِ رسیدن به مناسب‌ترین هذلولی، راهِ میان‌بری را در

پیش گرفت که معادلِ همین عملیاتِ خسته‌کننده است. حاصلِ آن همان چیزی است که در شکل رسم شده است.

[vi] الگویِ فرگشتِ پلکانی را می‌توان در موجوداتی همچون باکتری، که (بیشترِ اوقات) تولید مثلِ جنسی نمی‌کنند، انتظار داشت. در حیواناتی چون ما، که تولید مثلِ جنسی داریم، تغییراتِ فرگشتی معمولاً «در انتظارِ» بروزِ جهشی کلیدی «علّاف نمی‌مانند» (دشمنانِ فرگشت، که ژستِ همه‌چیزدانی به خود می‌گیرند، معمولاً به اشتباه چنین تصوری را بیان می‌کنند). در عوض، جمعیت‌هایی که تولیدِ مثلِ جنسی می‌کنند به منبعی آماده از تنوعِ ژنتیکی دسترسی دارند. با این که تنوعاتِ ژنتیکی، در اصل، در گذشته بروز پیدا کرده‌اند، عمده‌شان، در هر لحظه، در استخرِ ژنی حضور دارند. در گذشته، جهشِ ژنتیکی این تنوعات را به وجود آورده است، اما، در هر آمیزشِ جنسی، این احتمال وجود دارد که قرعه به نام‌شان بیافتد و دوباره ظهور پیدا کنند. انتخابِ طبیعی، به جایِ منتظر ماندن برایِ ظهورِ جهشی کلیدی، معمولاً در جهتِ تغییرِ تنوعِ موجود عمل می‌کند. در موردِ باکتری‌ها، که تولید مثلِ جنسی ندارند، ایدهٔ استخرِ ژنی کاملاً قابلِ‌اطلاق نیست. به این دلیل است که واقع‌گرایانه انتظارِ دیدنِ گام‌هایی محرز را داریم، ولی در جمعیتِ پرندگان، پستان‌داران، یا ماهی‌ها ممکن است چنین انتظاری نداشته باشیم.

## فصلِ ٦: حلقهٔ گم‌شده؟ عبارتِ «گم‌شده» یعنی چه؟

آفرینش‌باوران به مجموعه فسیل‌هایِ به‌جامانده علاقهٔ خاصی دارند؛ چرا که، مدام، خودشان در گوشِ یک‌دیگر خوانده‌اند که، <در مواجهه با آن‌ها>، مدام این «ذکر» را تکرار کنند که این مجموعه پر از «خلاء» است. مثلاً می‌گویند: «فسیل‌هایِ میانجی را نشانم بده!» آن‌ها با شوق-و-ذوق، آن هم شوق-و-ذوقی وافر، گمان می‌کنند که این «خلاء»ها مایهٔ شرم‌ساریِ فرگشت‌گرایان است. در واقع، بخت با ما یار بوده است که اساساً فسیل در اختیار داریم، چه رسد به این مجموعهٔ انبوهی که امروزه در دست‌مان است و، به کمک‌شان، تاریخِ فرگشت را ثبت می‌کنیم. آن قدر فسیل در اختیار داریم که، هر جور حسابش را بکنید، شاملِ میانجی‌هایِ بسیار خوبی است. در فصلِ ۹ و ۱۰، به این نکته اشاره خواهم کرد که، برایِ اثباتِ درستیِ فرگشت، نیازی به فسیل نداریم. حتی اگر یک دانه لاشه هم تبدیل به فسیل نشده بود، خدشه‌ای به شواهدِ موجود برایِ فرگشت وارد نمی‌شد. در واقع، این که به گنجینهٔ ارزشمندی، برایِ استخراجِ فسیل، دسترسی داریم و، هر روزه، فسیل‌هایِ بیشتری کشف می‌شوند، چیزی اضافه-بر-سازمان است. شواهدِ فسیلی، برایِ نشان دادنِ فرگشتِ بسیاری از حیواناتِ مهم، به طرزِ خارق‌العاده‌ای نیرومند است. با وجودِ این، بدونِ شک، خلاءهایی وجود دارند و آفرینش‌باوران هم، به طرزِ بیمارگونه‌ای عقل و جان به این خلاءها باخته‌اند.

بگذارید به مقایسهٔ کارآگاهی برگردیم که، پس از وقوعِ جرم، سرِ صحنه‌ای می‌رسد که شاهدی هم برایش وجود ندارد. بارونِت[1]، به ضربِ گلوله، کشته شده است. اثرِ انگشت، ردِ پا، دی.ان.ایِ حاصل از لکهٔ عرقِ به‌جامانده بر رویِ تپانچه، و وجودِ انگیزهٔ قوی، همگی، انگشتِ اتهام را متوجهِ خدمتکار می‌کنند. نتیجهٔ پرونده مثلِ روز روشن است و قاضی و همهٔ حضارِ دادگاه متقاعد شده‌اند که کارْ کارِ خدمتکار بوده است. اما، در دقیقهٔ نود، درست پیش از این که هیئتِ منصفه دادگاه را ترک کند و دربارهٔ حکمِ ناگزیر، که گناه‌کار بودنِ خدمتکار است، به شور بنشیند، مدرکِ

[1] baronet

دیگری رو می‌شود. یک نفر به خاطر می‌آورد که بارونت دوربین‌های مخفی‌ای را، برای حفاظت در برابرِ سرقت، نصب کرده بوده است. دادگاه، با اضطراب و نفس‌های حبس‌شده در سینه، فیلم را بررسی می‌کند. یکی از فیلم‌ها خدمتکار را نشان می‌دهد که کشوی آبدارخانه‌اش را باز می‌کند، تپانچه‌ای را از آن بیرون می‌آورد، آن را پر می‌کند، و با قدم‌هایی آهسته، مخفیانه و با برقی شیطانی در نگاهش، از اتاق به بیرون می‌خزد. تصور این است که چنین فیلمی شواهد را علیه خدمتکار تقویت می‌کند. اما ادامهٔ ماجرا را داشته باشید. وکیل مدافع خدمتکار زیرکانه اشاره می‌کند که نه در کتابخانه، محلِ وقوعِ قتل، و نه در راهروِ منتهی به آبدارخانه دوربینی نصب نشده بوده است. انگشتانش را، با حرارت و اطمینانی که معمولِ وکلاست، در هوا تکان می‌دهد و می‌گوید: در ویدئوی ضبط‌شده ***خلاء*** وجود دارد! ما چه می‌دانیم، پس از این که خدمتکار آبدارخانه را ترک کرده، چه اتفاقی افتاده است. واضح است که مدرکِ کافی برای مجرم شناخته شدنِ موکلم وجود ندارد».

وکیلِ دادستانی می‌گوید که دوربینِ دیگری نیز، در سالنِ بیلیارد، وجود دارد و نشان می‌دهد که خدمتکار، در حالی که اسلحه‌اش را آماده در دست گرفته است، از درِ بازِ سالن وارد می‌شود و، رویِ نوکِ پنجه، در امتدادِ راهرویی که به کتاب‌خانه منتهی می‌شود، به آرامی عبور می‌کند. حتماً می‌گویید که، با این فیلم، خلاءِ مربوطه لابد پر شده است. حتماً می‌گویید که دیگر قطعاً خدمتکار گناه‌کار شناخته می‌شود. اما زهی خیال باطل. وکیل مدافع، با لحنی پیروزمندانه، برگِ برندهٔ خود را رو می‌کند: «ما چه می‌دانیم که قبل یا بعد از عبورِ خدمتکار از درِ بازِ سالنِ بیلیارد چه اتفاقی افتاده است؟ حال ***دو*** خلاء در ویدئوی ارائه شده به وجود آمده است. خانم‌ها و آقایانِ عضوِ هیئتِ منصفه، بحث تمام است. حال، مدارک علیهِ موکلِ من حتی از قبل هم کمتر است».

مجموعه فسیل‌های به‌جامانده، همچون دوربینِ مداربسته در این ماجرایِ قتل، چیزی ***اضافه–بر–سازمان*** هستند و نمی‌توانیم داشتنِ آن‌ها را حقِ خود بدانیم. حتی بدونِ وجودِ دوربین‌های مخفی هم، بیش از اندازه مدرک برای مجرم شناخته شدنِ خدمتکار وجود داشته است و، پیش از کشفِ آن‌ها، هیأتِ منصفه می‌خواسته است که حکمِ گناه‌کار بودنِ او را صادر کند. به طریقِ مشابه، مدارکِ

حاصل از مطالعهٔ مقایسه‌ای بر رویِ گونه‌هایِ امروزی (فصلِ ۱۰) و توزیعِ جغرافیاییِ آن‌ها (فصلِ ۹) برایِ اثباتِ درستیِ فرگشت کفایت می‌کنند. اصلاً ***نیازی*** به فسیل نیست. بدونِ وجودِ آن هم تکلیفِ فرگشت مثلِ روز روشن است. پس، این تناقض‌گویی است که ***خلاءهای*** موجود در مجموعه فسیل‌هایِ به‌جامانده را انگشت‌نشان کنیم، چنان که گویی مدرکی علیهِ فرگشت‌اند. همان گونه که گفتم، بخت با ما یار بوده است که به فسیل‌ها دسترسی داریم.

چیزی که ***می‌توانست*** مدرکی علیهِ فرگشت — و، در واقع، مدرکی قاطع علیهِ آن — باشد کشفِ حتی یک فسیل در یک چینهٔ زمین‌شناختیِ نادرست است. قبلاً، در فصلِ ۴، دربارهٔ این موضوع صحبت کرده‌ایم. معروف است که وقتی از جِی. بی. اِس. هالدِین[1] پرسیدند چه چیزی می‌تواند نظریهٔ فرگشت را رد کند، پاسخ داده بود «فسیلِ خرگوش در پیش‌کامبرِیَن!». تا کنون، نه تنها چنین فسیلِ خرگوشی یافت نشده است، بلکه هیچ فسیلِ معتبری هم یافت نشده است که با زمانهٔ خود تطابق نداشته باشد. تمامِ فسیل‌هایی که در اختیار داریم (که تعدادشان هم واقعاً خیلی زیاد است)، بدونِ حتی یک موردِ استثناءِ معتبر، در چینهٔ متناظر با عصرِ خود یافت شده‌اند. بله، هر جا هم که فسیلی یافت نشده است، خلاءهایی به وجود آمده است، و البته که چنین چیزی قابلِ انتظار است. اما حتی یک دانه فسیل هم پیدا نشده است که نشان دهد جانوری فرگشت یافته است ***پیش از*** زمانی که فرگشت برایش امکان‌پذیر بوده است. این حقیقتی آشکار است (و معقول هم نیست که انتظار داشته باشیم در نظریهٔ آفرینش‌باوران اثری از آن ببینیم). همان گونه که در فصلِ ۴ هم کوتاه اشاره کردم، یک نظریهٔ خوب، یک نظریهٔ علمی، نظریه‌ای است که قابلِ رد شدن باشد اما رد نشده است. اگر فقط یک فسیل در دوره‌ای یافت شود که نمی‌بایست پیدا شود، نظریهٔ فرگشت، به سادگی، رد می‌شود. فرگشت با سربلندی از این آزمایش بیرون آمده است. کسانی که به درستیِ فرگشت شک دارند و امیدِ آن دارند که بتوانند حرفِ خود را ثابت کنند باید سخت‌کوشانه و به عبث در میانِ سنگ‌ها کاوش کنند تا بلکه فسیلی نابه‌هنگام را بیابند. شاید توانستند. حاضرید شرط ببندیم؟

---

[1] J. B. S. Haldane

بزرگ‌ترین خلاء، که آفرینش‌باوران هم از همهٔ خلاءها بیشتر دوستش دارند، خلئی است که پیش از، به اصطلاح، انفجارِ کامبرِیَن، وجود دارد. اندکی قبل‌تر از یک میلیارد سالِ پیش، در دورهٔ کامبرِیَن، بیشترِ شاخه‌هایِ حیوانیِ بزرگ (شاخه‌ها عام‌ترین واحدهایِ تقسیم‌بندیِ حیوانات هستند) «ناگهان» در مجموعه فسیل‌هایِ به‌جامانده سر-و-کله‌شان پیدا می‌شود. «ناگهان»، در این جا، یعنی فسیلی از این حیوانات در سنگ‌هایِ مربوط به پیش از کامبرِیَن یافت نشده است، نه این که مراد از این واژه «آنی» و «لحظه‌ای» بودن باشد؛ چرا که این دوره‌ای که موضوعِ بحثِ ماست ۲۰ میلیون سال را در بر می‌گیرد. بیست میلیون سال، در برابرِ نیم میلیارد سال، کوتاه به نظر می‌رسد. اما، طبیعتاً، از منظرِ فرگشت، آن ۲۰ میلیون سال در آن عصر و ۲۰ میلیون سال در این عصر، فرصتِ یکسانی محسوب می‌شود. به هر حال، باز این زمانْ ناگهانی تلقی می‌شود و، همان گونه که در یکی از کتاب‌هایِ قبلی‌ام ذکر کرده‌ام، در دورهٔ کامبرِیَن، به تعدادِ زیادی از شاخه‌هایِ حیوانی بر می‌خوریم که،

> در همان اولین ظهورشان، فرگشتِ پیچیده‌ای را پشتِ سر گذاشته‌اند. چنان که گویی این فسیل‌ها، بدونِ هیچ سابقهٔ فرگشتی، همین جور در آن صخره‌ها قرار داده شده‌اند. بدیهی است که این ظهورِ ناگهانی به مذاقِ آفرینش‌باوران خوش آمده است.

آخرین جمله‌ام نشان می‌دهد که به فراست دریافته‌ام آفرینش‌باوران از انفجارِ کامبرِیَن خوش‌شان می‌آید. در سالِ ۱۹۸۶، این فراست را نداشتم که پیش‌بینی کنم آن‌ها با شعف حرفِ خودم را برایم نقل کنند، توضیحاتِ مدقّانه‌ای را که داده بودم، با ظرافت، از آن حذف کنند و، بارها و بارها، از آن بهره‌برداری کنند. ناگهان به ذهنم رسید که عبارتِ «چنان که گویی این فسیل‌ها، بدونِ هیچ سابقهٔ فرگشتی، همین جور در آن صخره‌ها قرار داده شده‌اند[1]» را در اینترنت جست-و-جو کنم و دستِ‌کم ۱۲۵۰ نتیجه برایِ آن بالا آمد. خواستم این فرضیه را، که عمدهٔ این نتایج نقلِ‌قولِ خارج-از-سیاقِ[2]

---

[1] "It is as though they were just plnted there, without any evolutionary history"

[2] quote-mining

آفرینش‌باوران است، به صورتِ تقریبی، بررسی کنم. از این رو، به منظورِ مقایسه، عبارتی را که در کتابِ ***ساعت‌سازِ نابینا*** درست بعد از آن جمله آمده بود جست-و-جو کردم. این عبارت از این قرار بود: «اما همهٔ فرگشت‌گرایان، از هر قشری، توافق دارند که این خلاء به‌راستی خلئی ژرف در فسیل‌هایِ ثبت‌شده است». سرجمع ۶۳ نتیجه برایِ آن پیدا شد. حال آن را با ۱۲۵۰ نتیجهٔ یافته‌شده برایِ جملهٔ قبلی مقایسه کنید. نسبتِ ۱۲۵۰ به ۶۳ می‌شود ۱۹/۸. می‌توانیم این نسبت را شاخصِ نقلِ قولِ خارج-از-سیاق نام نهیم.

قبلاً، به طورِ مفصل، به انفجارِ کامبرِیَن پرداخته‌ام، مخصوصاً در کتابِ دیگرم ***شکافتنِ رنگین‌کمان***[1]. در این جا، با آوردنِ مثال از پهن‌کرم‌تباران[2]، به ذکرِ نکته‌ای جدید اکتفا می‌کنم. این شاخهٔ بزرگ از کرم‌ها کَپَلَک‌هایِ انگلی[3] و کرم‌هایِ نواری[4] را در بر می‌گیرد که، در پزشکی، اهمیتِ ویژه‌ای دارند. اما کرم‌هایِ آزادزی[5] توربلاریا[6]، که بیش از چهار هزار گونه را شامل می‌شود (این تعداد تقریباً با تعدادِ همهٔ گونه‌هایِ پستان‌دار برابری می‌کند)، کرم‌هایِ موردِ علاقهٔ من‌اند. همان گونه که دو تصویری که در کنارِ هم، در شکل ۲۰، آمده‌اند نشان می‌دهند، کرم‌هایِ توربلاریا زیباییِ خارق‌العاده‌ای دارند. آن‌ها، هم در آب و هم رویِ خشکی، به طورِ معمول، یافت می‌شوند و گمان می‌رود که خیلی وقت است که در این محیط‌ها رایج هستند. پس، حتماً انتظار دارید که سابقهٔ فسیلیِ غنی‌ای را به جا گذاشته باشند. متأسفانه، تقریباً هیچ فسیلی از آن‌ها نمانده است. جز مشتی فسیلِ ردپاییِ مبهم، حتی یک فسیل هم از کرم‌هایِ پهن یافت نشده است. از دیدِ کرم‌ها، پهن‌کرم‌تباران «در همان اولین ظهورشان، فرگشتِ پیچیده‌ای را پشتِ سر گذاشته‌اند. چنان که گویی این فسیل‌ها، بدونِ

---

[1] Unweaving the Rainbow

[2] flatworms; Platyhelminthes

[3] parasitic flukes

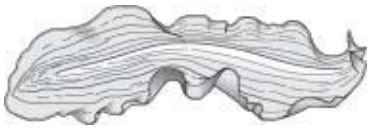
[4] tapeworms

[5] free-living

[6] turbellarian

هیچ سابقهٔ فرگشتی، همین جور در آن صخره‌ها قرار داده شده‌اند». اما، در این مورد، «همان اولین ظهورشان» دورهٔ کامبرِیَن نیست، بلکه دورهٔ معاصر است. متوجه هستید که معنیِ این اتفاق چیست یا، دست‌کم، از دیدِ آفرینش‌باوران باید چه معنایی داشته باشد؟ آفرینش‌باوران باور دارند که کِرم‌هایِ پهن[1] همراه با سایرِ موجودات در یک هفتهٔ واحد آفریده شده‌اند. پس، زمانی که برایِ فسیل شدن داشته‌اند دقیقاً با زمانِ سایرِ حیوانات برابر بوده است. همهٔ آن سده‌هایی که حیواناتِ صدف‌دار و استخوان‌دار داشته‌اند هزارتا هزارتا فسیل پس می‌انداختند، این کرم‌هایِ پهن هم داشته‌اند به خوبی و خوشی در کنارشان زندگی می‌کرده‌اند، اما بدونِ این که ردپایِ قابلِ‌توجهی از خودشان، در سنگ‌ها، به جای بگذارند. پس، حال، با توجه به این که گذشتهٔ کرم‌هایِ پهن یک «*خلاءِ بزرگ*» محسوب می‌شود و با این که، بنا به گفتهٔ خودِ آفرینش‌باوران، کرم‌هایِ پهن هم به مدت زمانی یکسان با سایر جانداران زندگی می‌کرده‌اند، چه نکتهٔ خاصی در موردِ سابقهٔ حیواناتی که از خود ***فسیل به جا می‌گذارند*** وجود دارد؟ اگر قرار است بگوییم که خلاءِ پیش از انفجارِ کامبرِیَن شاهدی است بر به وجود آمدنِ ناگهانیِ عمدهٔ حیوانات در آن دوره، با همین «منطق» باید بتوان ثابت کرد که کرم‌هایِ پهن همین دیروز به وجود آمده‌اند. اما چنین چیزی با این باورِ آفرینش‌باوران، این‌که کرم‌هایِ پهن در هفته‌ای یکسان با دیگر مخلوقات به وجود آمده‌اند، در تناقض است. نمی‌شود هم خدا را خواست و هم خرما را. این استدلال، در چشم‌به‌هم‌زدنی، ادعایِ آفرینش‌باوران را — که خلاءِ پیش‌کامبرِیَن در فسیل‌هایِ به‌جامانده شواهدِ مبنی بر درستیِ فرگشت را تضعیف می‌کند — از اعتبار ساقط می‌کند.

[1] flatworms



**شکل ۲۰ - توربلاریا: فسیلی از آن نمانده، ولی می‌بایست همیشه وجود می‌داشته است**

چرا، از دیدگاهِ فرگشتی، از دورهٔ پیش از کامبرِیَن، این همه فسیل‌هایِ اندکی به جا مانده است؟ خوب، احتمالاً، هر عاملی که طیِ کلِ زمانِ زمین‌شناختی تا به امروز کرم‌هایِ پهن را تحتِ تأثیر قرار داده است بر کلِ حیواناتِ پیش از دورهٔ کامبرِیَن نیز قابلِ تعمیم است. شاید عمدهٔ حیواناتِ پیش از دورهٔ کامبرِیَن، مانندِ کرم‌هایِ پهنِ امروزی، بدنِ نرمی داشته‌اند. همچنین، شاید مانندِ توربلاریاهایِ امروزی نسبتاً کوچک بوده‌اند. به دیگر سخن، برایِ فسیل شدن مناسب نبوده‌اند. سپس، حدودِ نیم میلیارد سالِ پیش، اتفاقی افتاد که به حیوانات امکان داد آزادانه به فسیل تبدیل شوند؛ مثلاً ظهورِ اسکلت‌هایی سخت و حاویِ موادِ معدنی.

عبارتی که قبلاً برایِ «خلاءِ موجود در فسیل‌هایِ به‌جامانده» به کار می‌رفت «حلقهٔ گم‌شده» بود. این عبارت در انگلستانِ اواخرِ دورهٔ ملکه ویکتوریا رواجِ بسیار داشت و تا قرنِ بیستم هم به جا ماند. این عبارت ریشه در درکی نادرست از نظریهٔ داروین داشت و به عنوانِ فحش و توهین به کار می‌رفت، درست همان گونه که امروزه عوام از عبارتِ «نئاندرتال[1]» استفاده می‌کنند که البته نابجاست. یکی از جملاتِ نمونهٔ *فرهنگِ واژگانِ آکسفورد* <در توضیحِ این واژه> نقلِ‌قولی از دی. ایچ. لارِنس[2]، به سالِ ۱۹۳۰، است. در آن، لارِنس از زنی سخن می‌گوید که، <در نامه‌ای>، به او گفته بود که نامِ او «بویِ تعفن می‌دهد» و، همچنین، نوشته بود «تو که ترکیبی از حلقهٔ گم‌شده و شامپانزه هستی».

[1] neanderthal

[2] D.H. Lawrence

معنایِ اصلیِ آن، که نادرستیِ آن را در ادامه نشان خواهم داد، به طورِ ضمنی به این اشاره داشت که نظریهٔ داروین فاقدِ حلقهٔ ارتباطی‌ای مهم بینِ انسان و دیگر نخستی‌سانان[1] است. یکی دیگر از نقلِ‌قول‌هایِ نمونه،که در این فرهنگِ واژگان آمده است، نقلِ‌قولی از دورهٔ ملکه ویکتوریاست بدین قرار: «دربارهٔ حلقهٔ گم‌شده، چیزی میانِ آدم و بوزینه، چیزهایی شنیده‌ام». تا بدین روز، انکارکنندگانِ تاریخ، در حالی که فکر می‌کنند دارند شما را به بادِ استهزاء می‌گیرند، طوطی‌وار می‌گویند: «اما شما که هنوز نتوانسته‌اید حلقهٔ گم‌شده را پیدا کنید». معمولاً، برایِ محکم‌کاری، چیزهایی هم دربارهٔ مردِ پیلت‌داون[2] بلغور می‌کنند. هیچ کس نمی‌داند که، برایِ دروغِ مردِ پیلت‌داون، باید گردنِ چه کسی را گرفت، اما کارِ هر که بوده است، باید بداند که این کارش پیامدهایِ بزرگی به همراه داشته است.[i] این که اولین فسیلِ انسان‌کَپی[3] تقلبی از آب در آمد بهانه‌ای شد برایِ انکارکنندگانِ تاریخ که فسیل‌هایِ بی‌شماری را هم که تقلبی نیستند نادیده بگیرند و، هنوز هم که هنوز است، دست از شلوغ‌بازی دربارهٔ آن بر نمی‌دارند. اگر چشم‌شان را به واقعیت باز می‌کردند، می‌دیدند که اکنون مجموعه‌ای غنی از فسیل‌هایِ میانجی در اختیار داریم که ما انسان‌هایِ امروزی را به جدِ مشترک‌مان با شامپانزه‌ها مرتبط می‌کنند. در واقع، فسیل‌هایِ زیادی در شاخهٔ انسانی داریم. جالب این جاست که تا بدین روز هیچ فسیلی یافت نشده است که آن جد (که نه شامپانزه بوده است و نه انسان) را به شامپانزه‌هایِ مدرن ارتباط دهد. شاید دلیلش آن است که شامپانزه‌ها در جنگل زندگی می‌کنند و شرایطِ جنگل برایِ ایجادِ فسیل مناسب نیست. به هر حال، اگر هم قرار است کسی دربارهٔ حلقه‌هایِ گم‌شده شکایت بکند، این شامپانزه‌ها هستند که این حق را دارند، نه ما انسان‌ها!

---

[1] primates

[2] Piltdown

[3] man-ape

پس، این یکی از معانیِ «حلقهٔ گم‌شده» است: خلاءِ ادعاییِ موجود بینِ انسان و دیگر حیوانات. «حلقهٔ گم‌شده»، به این معنی، خیلی به زبانِ نرم بخواهیم بگوییم، دیگر گم‌شده نیست. در فصلِ بعد، که منحصراً به فسیل‌هایِ انسانی می‌پردازد، دوباره به این مبحث خواهم پرداخت.

معنیِ دیگرِ آن کمبودِ، به اصطلاح، «گونه‌هایِ میانجی» بینِ گروه‌هایِ عمده است، مثلاً بینِ خزندگان و پرندگان یا میانِ ماهی‌ها و دوزیستان. <آفرینش‌باوران مدام می‌گویند «فسیل‌هایِ> میانجی‌تان را ارائه کنید!». فرگشت‌گرایان معمولاً، برایِ پاسخ به این چالش، استخوان‌هایِ *آرکئوپتریکس*[1] را، که «میانجیِ» معروفِ میانِ «خزندگان» و پرندگان است، جلویِ انکارکنندگانِ تاریخ می‌اندازند. در ادامه نشان خواهم داد که این کارْ کارِ اشتباهی است. *آرکئوپتریکس* پاسخی به یک چالش نیست؛ چرا که اصلاً چالشی، که ارزشِ پاسخ دادن داشته باشد، وجود ندارد. عَلَم کردنِ یک فسیل معروف و واحد، چون *آرکئوپتریکس*، گزَک به دستِ مغالطه‌گران می‌دهد. در واقع، دربارهٔ بسیاری از فسیل‌ها می‌توان، با مدرک، اثبات کرد که هر یک از آن‌ها میانجی‌ای بینِ دو گونهٔ مختلف هستند. چالشِ ادعایی که، با *آرکئوپتریکس*، می‌توان به آن پاسخ داد بر پایهٔ ایده‌ای بنا نهاده شده که اکنون دیگر منسوخ شده است. قبلاً، این ایده به نامِ «زنجیرهٔ بزرگِ هستی» شناخته می‌شده است و، در ادامهٔ این فصل، تحتِ عنوانی با همین نام، به آن خواهم پرداخت.

احمقانه‌ترینِ این گونه «چالش‌هایِ حلقهٔ گم‌شده» این دو مورد هستند (یا نمونه‌هایِ مشتق از آن‌ها، که تعدادشان هم کم نیست): موردِ نخست چنین است «اگر انسان به واسطهٔ میمون‌ها از قورباغه‌ها، و به واسطهٔ قورباغه‌ها از ماهی، به وجود آمده است، پس چرا هیچ «قورمون»ی در فسیل‌ها یافت نمی‌شود؟». قبلاً به یک آفرینش‌باورِ مسلمان برخورده بودم که، با غضب، از من می‌پرسید که چرا «کروکوردک[2]»ی وجود ندارد. و موردِ دوم بدین شرح است: «وقتی که دیدم یک میمون آدم

---

[1] Archaeopteryx

[2] . ترکیبِ دو واژهٔ «کروکدیل» و «اردک»

بزاید، فرگشت را خواهم پذیرفت». این حرف، ضمن این‌که همهٔ اشتباهاتِ دیگران را در خود دارد، حاویِ یک پندارِ غلطِ دیگر نیز هست: این‌که تغییراتِ فرگشتیِ بزرگ یک‌شبه رخ داده‌اند.

اتفاقاً، در میانِ نظراتِ بسیار زیادی زیرِ مقاله‌ای در *ساندیِ تایمز*[1] (لندن)، که دربارهٔ یکی از مستندهایِ تلویزیونیِ من دربارهٔ داروین، نوشته شده بود، هر دویِ این مغالطه‌ها، در کنارِ هم، به چشم می‌خوردند:

> دیدگاهِ داوکینز دربارهٔ دین احمقانه است؛ چرا که فرگشت هم چیزی فراتر از یک دین نیست. در آن، مجبورید باور داشته باشید که همهٔ ما از یک سلول به وجود آمده‌ایم. . . و این که حلزون می‌تواند به میمون تبدیل شود و قس علی هذا. ها ها ها! فرگشت از همهٔ دین‌ها خنده‌دارتر است!!!
>
> *جویس*[2]*، وارویک‌شایر*[3]*، بریتانیا*

> داوکینز باید توضیح دهد که چرا تا کنون علم نتوانسته است حلقه‌هایِ گم‌شده را پیدا کند. ایمان به علمی بی‌پایه–و–اساس بیشتر به قصهٔ شاهِ پریان شباهت دارد تا ایمان به خدا.
>
> *باب*[4]*، لاس وگاس*[5]*، ایالاتِ متحده*

---

[1] Sunday Times

[2] Joyce

[3] Warwickshire

[4] Bob

[5] Las Vegas

در این فصل، به همهٔ این مغالطات، که به یک‌دیگر مرتبط‌اند، خواهیم پرداخت. اما کار را با احمقانه‌ترین‌شان شروع می‌کنیم؛ چرا که پاسخ به آن مقدمه‌ای است برایِ پاسخ به دیگر مغالطات.

## «کروکوردک را به من نشان بده!»

«چرا در فسیل‌هایِ به‌جامانده اثری از قورمون[1] نیست؟» البته که میمون‌ها از نوادگانِ قورباغه‌ها نیستند. هیچ فرگشت‌گرایِ عاقلی چنین حرفی نمی‌زند. همچنین، نخواهد گفت که اردک‌ها از نوادگانِ کروکودیل (یا برعکس) هستند. میمون‌ها و قورباغه‌ها جدی مشترک دارند که، مطمئناً، نه هیچ شباهتی به قورباغه داشته است و نه به میمون. شاید شباهتِ اندکی به سمندر داشته است و، واقعاً، فسیل‌هایِ سمندرگونه‌ای داریم که متعلق به دورهٔ موردِ نظر باشند. اما نکتهٔ اصلی این نیست. هر یک از میلیون‌ها گونهٔ حیواناتِ موجود با سایرِ حیوانات جدی مشترک دارد. اگر کسی درکش از فرگشت این قدر معیوب است که انتظارِ دیدنِ <فسیلِ> قورمون یا کروکوردک را دارد، باید به طعنه دربارهٔ عدمِ وجودِ سگ‌اسبِ‌آبی و فیل‌پانزه هم سخن بگوید. اصلاً چه دلیلی دارد که خودش را محدود به پستان‌داران بکند؟ چرا نباید انتظارِ دیدنِ کانگوسوسک (میانجیِ میانِ کانگورو و سوسک) یا هشت‌لَنگ (میانجیِ میانِ هشت‌پا و پلنگ) را داشت؟ تعدادِ حیواناتی که می‌توان نام‌شان را این چنین کنارِ هم قطار کرد تمامی ندارد.[ii] البته که اسب‌هایِ آبی از نسلِ سگ‌ها (یا برعکس) نیستند. شامپانزه‌ها هم از نسلِ فیل‌ها (یا برعکس) نیستند. درست همین طور که میمون‌ها از نسلِ قورباغه‌ها نیستند. هیچ گونهٔ امروزی‌ای از نسلِ گونهٔ امروزیِ دیگری نیست (البته اگر چندشاخگی‌هایِ خیلی متأخر را به حساب نیاوریم). همان طور که می‌شود فسیل‌هایی را یافت که به جدِ مشترکِ قورباغه و میمون شباهت داشته باشد، می‌توان فسیل‌هایی را نیز یافت که به جدِ مشترکِ فیل و شامپانزه شباهت

---

[1] . ترکیبِ دو واژهٔ «قورباغه» و «میمون»

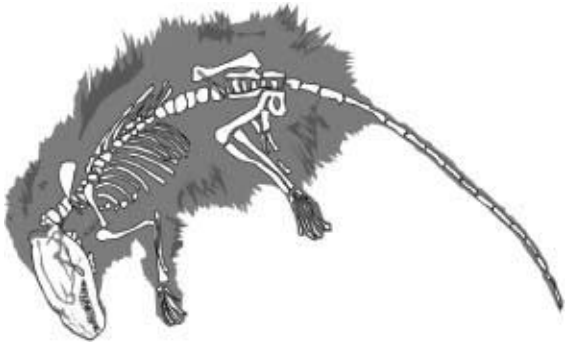
داشته باشند. یکی از این <اجدادِ مشترک> *ائومایا* (نخست‌مادر)[1] نام دارد که در اوایلِ کِرتاسه (اندکی بیش از ۱۰۰ میلیون سالِ پیش) می‌زیسته است.

همان طور که در شکل ۲۱ می‌بینید، *ائومایا* نه هیچ شباهتی به شامپانزه دارد و نه به فیل. شباهتِ مبهمی به حشره‌خوار داشته است و احتمالاً بیشتر به جدِ مشترک‌شان، که تقریباً با آن هم‌عصر بوده است، شبیه بوده است. همان گونه که می‌بینید، تغییراتِ فرگشتیِ بسیاری، در هر دو مسیری که مبدأشان نیایِ *ائومایا*مانند است رخ داده است: یعنی از آن نیایِ *ائومایا*مانند به فیل (که یکی از نوادگانش است) و از همان نیایِ ائومایامانند به شامپانزه (که یکی دیگر از نواده‌هایش است). اما، به هیچ وجه، به آن نمی‌توان «فیل‌پانزه» گفت. اگر چنین بود، می‌شد به آن «سگ‌گاوِ دریایی» هم گفت؛ چرا که آن نیایِ مشترکِ شامپانزه و فیل، نیایِ مشترکِ سگ و گاوِ دریایی هم هست. و حتی می‌شد به آن «موریابی» هم گفت؛ چرا که همان گونه نیایِ مشترکِ موریانه‌خوار و اسبِ آبی هم هست. اصلاً خودِ ایدهٔ «سگ‌گاوِ دریایی» (یا «فیل‌پانزه»، «موریابی»، «کانگوگدن»، یا «بوفاشیر») شدیداً غیرِفرگشتی و مضحک است. این حرف در موردِ «قورمون» هم صدق می‌کند. مایهٔ ننگ و شرم‌ساری است که آغازگرِ این مهمل‌گویی، جان مَک‌کِی[2]، مبلغِ دوره‌گردِ استرالیایی، است که طیِ سال‌هایِ ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹، در قالبِ «زمین‌شناس»، به مدرسه‌هایِ مختلفِ بریتانیا می‌رفت و به کودکانِ معصوم می‌گفت که اگر فرگشت درست بود، در میانِ فسیل‌هایِ به‌جامانده باید «قورمون» هم پیدا می‌شد.

---

[1] *Eomaia*

[2] John Mackay



**شکل ۲۱ - ائومایا**

مثالِ دیگری را، که به همین اندازه مضحک و چرند است، می‌توان در کتابِ هارون یحیی[۱]، توجیه‌گرِ مسلمان، یافت که ***اطلسِ آفرینش***[۲] نام دارد. این کتاب، که کتابی قطور است و با ولخرجیِ زیادی تولید شده است و مزیّن به تصاویری پر زرق-و-برق است، شدیداً غیرِعلمی و گمراه‌کننده است. بدیهی است که چاپِ چنین کتابی خدا تومان خرج بر می‌دارد و، به همین دلیل، مایهٔ بسی شگفتی است که چنین کتابی، به رایگان، میانِ ده‌ها هزار معلم و استادِ علومِ تجربی، از جمله خودِ من، توزیع شده است. با وجودِ هزینهٔ هنگفتی که صرفِ این کتاب شده است، اشتباهاتش آن را انگشت‌نما کرده است. برایِ اثباتِ این حرفِ غلط که بیشترِ فسیل‌هایِ عهدِ باستان تفاوتِ چندانی با گونه‌هایِ امروزی ندارند، یحیی عکسِ یکی از دریاماران[۳] را به عنوانِ «مارماهی[۴]» (این دو آن قدر از یک‌دیگر متمایزاند که در دو ردهٔ[۵] مختلف از مهره‌داران دسته‌بندی می‌شوند) معرفی کرده است، ستارهٔ دریایی[۶] را «ستارهٔ شکننده[۷]» (که در واقع به دو ردهٔ متفاوت از خارپوستان[۸] تعلق دارند)، کرمِ

---

[1] Harun Yahya

[2] *Atlas of Creation*

[3] sea snake

[4] eel

[5] class

[6] starfish

[7] brittlestar

[8] echinoderms

گردگیر[1] را زنبقِ دریایی[2] (که یک خارپوست است و این دو گونه، نه تنها از دو شاخه[3]، بلکه از دو زیرسلسلهٔ[4] متفاوت هستند. به طوری که، فقط در حیوان بودن با هم شباهت دارند، و اگر تلاش هم می‌کردند، نمی‌توانستند بیشتر از این از هم متفاوت شوند) و، از همه جالب‌تر، یک طعمهٔ ماهیِ قلاب‌دار[5] را به عنوانِ بال‌مودار معرفی می‌کند (تصویرِ رنگی ۸).

اما، علاوه بر این اشتباهات، که در مضحکی و تعصب بی‌نظیراند، یکی از فصولِ کتاب به «حلقه‌هایِ گم‌شده» اختصاص داده شده است. خیلی جدی، تصویری در کتاب ارائه شده است که نشان دهد هیچ گونه میانجی‌ای بینِ ماهی و ستارهٔ دریایی وجود ندارد. اصلاً نمی‌توانم باور کنم که نویسندهٔ این کتاب واقعاً فکر می‌کند که فرگشت‌گرایان انتظار دارند، بینِ چنین موجوداتِ متفاوتی چون ستارهٔ دریایی و ماهی، یک میانجی پیدا کنند. از این رو، راهی برایم نمی‌ماند جز این که شک کنم که او مخاطبِ خودش را خیلی خوب می‌شناسد و دارد، از رویِ عمد و بدذاتی، از ناآگاهیِ آنان سوءِاستفاده می‌کند.

## «وقتی که یک میمون آدم زایید، فرگشت را باور خواهم کرد!»

باز تکرار می‌کنم: انسان‌ها از نوادگانِ میمون[6] نیستند. ما با میمون‌ها نیایی مشترک داریم. فقط چنین است که نیایِ مشترک‌مان بیشتر به میمون شبیه بوده است تا انسان و واقعاً اگر، حدودِ ۲۵ میلیون سالِ پیش، به آن بر می‌خوردیم، آن را میمون قلمداد می‌کردیم. اما با این که انسان حاصلِ فرگشتِ نیایی

---

[1] sabellid (annelid) worm

[2] crinoid sea lily

[3] phylum

[4] sub-kingdom

[5] caddis fly

[6] monkey

است که به طورِ منطقی می‌توانیم آن را میمون بخوانیم، هیچ حیوانی یک‌هو گونهٔ دیگری را نمی‌زاید یا دستِ کم انسان یک‌هو از گونهٔ متفاوتی مانندِ میمون، یا حتی شامپانزه، زاییده نمی‌شود. فرگشت این طوری نیست. فرگشت، در واقع، نه تنها فرآیندی تدریجی است، بلکه اگر قرار است چیزی را توجیه کند ***باید تدریجی*** باشد. جهشی بلند در تنها یک نسل — مانندِ انسان زاییدنِ میمون — به اندازهٔ دیدگاهِ آفرینشِ الهی نامحتمل است و دقیقاً به همین دلیل هم هست که آن را رد می‌کنیم: از لحاظِ آماری بیش-از-حد نامحتمل است. چه قدر خوب می‌شد اگر کسانی که با فرگشت در می‌افتند ذره‌ای به خود زحمت می‌دادند و بدیهیاتِ مسلّمِ چیزی را که به نزاعِ با آن برخاسته‌اند یاد می‌گرفتند.

## میراثِ مخربِ زنجیرهٔ بزرگِ هستی

اساسِ مطالبهٔ نادرستِ «حلقه‌هایِ گم‌شده» عمدتاً به اسطوره‌ای قرونِ وسطایی باز می‌گردد که تا عصرِ داروین ذهنِ مردان را به خود مشغول کرده بود و، پس از آن نیز، سرسختانه، دست از گمراه کردنِ آن‌ها بر نمی‌داشت. این اسطوره اسطورهٔ زنجیرهٔ بزرگِ هستی[1] نام دارد. بر اساسِ آن، هر چیزی که در جهان وجود دارد، رویِ پله‌هایِ یک نردبان، صاحبِ جایگاه است. در رأسِ این نردبان خدا، سپس فرشتگانِ مقرب، بعد فرشتگانی که مراتبِ پایین‌تری دارند، سپس انسان، بعد حیوان‌ها، سپس گیاهان، و بعد سنگ و دیگر مخلوقاتِ بی‌جان قرار دارند. با توجه به این که قدمتِ آن به زمانی بر می‌گردد که نژادپرستی عادی تلقی می‌شد، تقریباً نیازی هم نیست بگویم که همهٔ انسان‌ها هم هم‌مرتبه نبودند. اما راستی، باید به این نکته اشاره کنم که ذکور یک پلهٔ کامل از اناثِ هم‌نوع‌شان بالاتر بودند (به همین دلیل هم به خودم این اجازه را دادم که در جملهٔ نخستِ این بخش بگویم «ذهنِ ***مردان*** را به خود مشغول کرده بود»). اما وقتی که ایدهٔ فرگشت ظهور پیدا کرد، این سلسله مراتبِ

[1] the Great Chain of Being

ادعاییِ موجود در قلمروِ حیوانات بود که بیشترین ظرفیت را برایِ گمراه کردنِ مردم داشت. به نظر طبیعی می‌آمد که فرض کنیم حیواناتِ «دون‌مرتبه» به حیواناتِ «والامرتبه‌تر» فرگشت یابند. اگر چنین می‌بود، باید انتظار می‌داشتیم که «حلقه‌هایی ارتباطی» را میانِ همهٔ موجوداتِ سراسرِ نردبان پیدا کنیم. نردبانی که پله‌هایی از آن مفقود بودند نمی‌توانست برایِ کسی قانع‌کننده باشد. تصویرِ این نردبانِ بی‌پله سرچشمهٔ بیشترِ شک‌هایی بود که دربارهٔ «حلقه‌هایِ گم‌شده» مطرح می‌شد. اما، همان گونه که اکنون نشان خواهم داد، کلِ اسطورهٔ نردبانِ <هستی> تصوری اشتباه و غیرِ فرگشتی است.

آن قدر ساده عباراتِ «حیواناتِ والامرتبه» و «حیواناتِ دون‌مرتبه» از دهان‌مان خارج می‌شود که وقتی می‌فهمیم که — بر خلافِ چیزی که ممکن است تصور شود — این مفاهیم نه تنها هیچ گونه جایگاهی در تفکرِ فرگشتی ندارند، بلکه کاملاً متضادِ آن بوده‌اند و هستند. تصور می‌کنیم که شامپانزه‌ها حیواناتی والامرتبه و کرم‌هایِ خاکی حیواناتی دون‌مرتبه هستند. فرض می‌کنیم که همیشه معنیِ ضمنیِ این مفهوم را می‌دانسته‌ایم و فرگشت هم به روشن‌تر شدنش کمک می‌کند. اما چنین نیست. حتی، به هیچ وجه، نمی‌شود معنایِ روشنی را هم برایِ آن متصور شد. یا اگر معنایی هم برایِ آن متصور شویم، آن قدر برداشت‌هایِ متفاوتی از آن ممکن است که این ایده را گمراه‌کننده، و حتی مهلک، می‌کند.

در این جا، فهرستی از برداشت‌هایِ نسبتاً گمراه‌کننده، که، مثلاً، از عبارتِ «میمون مرتبهٔ والاتری نسبت به کرمِ خاکی دارد»، ممکن است برداشت شوند فراهم شده است.

۱ «میمون‌ها از کرم‌هایِ خاکی فرگشت یافته‌اند». این تصور نادرست است؛ همان گونه که تصورِ فرگشتِ انسان از شامپانزه نادرست است. میمون و کرمِ خاکی نیایِ مشترکی دارند.

۲ «نیایِ مشترکِ میمون و کرمِ خاکی بیشتر به کرمِ خاکی شباهت داشته است تا به میمون». البته این حرف بیشتر با عقل جور در می‌آید. به طرزِ نیمه‌دقیقی می‌توان از عبارتِ

«بَدَوی[1]» نیز استفاده کرد، البته اگر آن را به معنیِ «شبیه به نیاکان» به کار ببریم. همچنین، این حرف کاملاً درست است که بعضی حیواناتِ امروزی، از این منظر، بدوی‌تر از دیگر حیوانات‌اند. اگر بیشتر به این حرف فکر کنید، معنیِ دقیق‌ترش این است که، از میانِ یک جفت گونه، گونهٔ بدوی‌تر، از زمانِ نیایِ مشترک، تغییرِ کمتری کرده است (بدونِ استثناء، اگر به اندازهٔ کافی به عقب برگردید، ***همهٔ گونه‌ها***، با هم نیایی مشترک دارند). اگر یکی از این گونهٔ موردِ مقایسه، نسبت به دیگری، تغییرِ زیادی نکرده باشد، استفاده از واژهٔ «بدوی» نادرست خواهد بود.

خوب است نکتهٔ مرتبطِ دیگری را نیز در این جا مطرح کنیم: سنجشِ میزانِ شباهت کارِ دشواری است. و، افزون بر این، هیچ ***الزامی*** وجود ندارد که نیایِ مشترکِ دو حیوان به یکی، بیش از دیگری، شبیه باشد. اگر دو حیوان، مثلاً شاه‌ماهی[2] و ماهیِ مرکب[3]، را با هم مقایسه کنید، ***این امکان وجود دارد*** که یکی از آن‌ها شباهتِ بیشتری به نیایِ مشترک‌شان داشته باشد، اما این بدین معنا نیست که ***لزوماً*** باید چنین باشد. هر دو گونه، دقیقاً، وقتِ برابری برایِ متفاوت شدن نسبت به نیاشان داشته‌اند. پس، اگر یک فرگشت‌گرا، پیش از مقایسه، انتظارِ خاصی داشته باشد، می‌داند که لزومی ندارد که هیچ حیوانِ امروزی‌ای بدوی‌تر از دیگری باشد. ممکن است تصور کنیم که هر دوِ این حیوانات، از زمانِ نیایِ مشترک‌شان، به یک اندازه، تغییر کرده‌اند، اما در جهاتِ مختلف. اتفاقاً، خیلی اوقات این انتظار برآورده نمی‌شود (مثلِ مثالِ میمون و کرمِ خاکی)، اما هیچ دلیلِ موجهی وجود ندارد که چنین انتظاری داشته باشیم. افزون بر این، لزومی ندارد که اجزایِ مختلفِ بدن، به سرعتِ یکسانی، فرگشت یابند. ممکن است یک حیوان از کمر به پایین فرگشتِ چندانی پیدا نکرده باشد، اما از کمر به بالا بسیار فرگشت‌یافته باشد. از شوخی گذشته، ممکن است حیوانی از لحاظِ

---

[1] primitive

[2] herring

[3] squid

دستگاهِ عصبی[1] بدوی باشد، اما حیوانی دیگر از لحاظِ اسکلت‌بندی. مخصوصاً دقت کنید که «بدوی»، به معنیِ «شبیه به نیاکان»، لزوماً به معنیِ «ساده بودن» (یا «دارایِ پیچیدگیِ کمتر») نیست. پایِ اسب ساده‌تر از پایِ انسان است (مثلاً، به جایِ پنج انگشت، تنها یک «انگشت» دارد)، اما پایِ انسان بدوی‌تر است؛ چرا که نیایِ مشترک‌مان با اسب، مانندِ ما، پنج انگشت داشته است. پس، پایِ اسب تغییرِ بیشتری داشته است. حال که این حرف را زدیم، وقتش رسیده است که به برداشتِ بعدی بپردازیم.

۳ «***میمون‌ها باهوش‌تر (زیباتر، دارایِ ژنوم‌هایِ بزرگ‌تر، دارایِ نقشهٔ بدنی پیچیده‌تر و ...تر) از کرم‌هایِ خاکی هستند***». چنین برتربینیِ طبقاتی، در حیطهٔ جانورشناسی، اگر قرار باشد به طورِ علمی اعمال شود، فاجعه به بار می‌آورد. تنها به این دلیل این برداشت را ذکر کردم که معمولاً با دیگر برداشت‌ها اشتباه گرفته می‌شود و بهترین راهِ رفعِ این سردرگمی عیان کردنِ آن است. می‌توانید حیوان‌ها را بر اساسِ مقیاس‌هایِ بیشتری تقسیم‌بندی کنید، نه صرفاً بر اساسِ همین چهار مقیاسی که ذکر کردم. حیواناتی که، از لحاظی، مرتبهٔ بالاتری نسبت به دیگران دارند، ممکن است، از لحاظی دیگر، در جایگاهِ پایین‌تری قرار بگیرند. پستان‌داران قطعاً مغزِ بزرگ‌تری از سمندرها دارند، اما ژنوم‌شان از بعضی سمندرها کوچک‌تر است.

۴ «***میمون‌ها بیشتر به انسان شباهت دارند تا کرم‌هایِ خاکی***». در این مثالِ خاص، که سخن از میمون و کرمِ خاکی در میان است، این حرف غیرِ قابلِ انکار است. اما چه اهمیتی دارد؟ چه دلیلی دارد که انسان را معیاری برایِ قضاوت دربارهٔ دیگر ارگانیسم‌ها قرار دهیم؟ یک زالویِ[2] رنجیده‌خاطر هم ممکن است بگوید فضیلتِ کرمِ خاکی به این است که بیشتر به زالو شبیه است تا انسان. علی رغمِ طبقه‌بندیِ انسان در

---

[1] nervous system

[2] leech

جایگاهی میانِ حیوان و فرشته در زنجیرهٔ بزرگِ هستیِ سنتی، هیچ توجیهِ فرگشتی‌ای وجود ندارد که فرض کنیم «هدفِ» فرگشتْ رسیدن به انسان است یا بگوییم که انسان کلامِ آخرِ فرگشت است. این که این فرضِ خودستایانه چقدر، به کَرّات، پیش می‌رود جالب است. ساده‌ترین و ناشیانه‌ترین نوعش را می‌توان در این حرفِ گله‌مندانه و رایج یافت: «اگر شامپانزه‌ها به ما انسان‌ها فرگشت یافته‌اند، پس، چطور است که هنوز شامپانزه وجود دارد؟ قبلاً هم به این مورد اشاره کرده بودم و شوخی هم نمی‌کنم. بارها و بارها و بارها به این سؤال بر خورده‌ام و گاه افرادِ به‌ظاهر تحصیل‌کرده هم آن را مطرح می‌کنند.[iii]

۵ ***«میمون‌ها [و دیگر حیواناتِ «والامرتبه»] در زنده ماندن بهتر از کرم‌هایِ خاکی [و دیگر حیواناتِ «دون‌مرتبه»] هستند».*** این حرف بویی هم از عقلانیت نبرده است و به هیچ وجه حقیقت ندارد. همهٔ گونه‌هایِ زنده، دستِ کم تا این عصر، بقا یافته‌اند. بعضی میمون‌ها، مانندِ میمونِ بسیار زیبایِ تامارینِ شیریِ طلایی[1]، در خطرِ انقراض هستند. توانایی بقایِ آن‌ها بسیار ضعیف‌تر از کرمِ خاکی است. سوسک و موشِ صحرایی، با این که خیلی از آدم‌ها آن‌ها را از گوریل و اورانگوتان[2] (که به شدت در آستانهٔ انقراض‌اند) «دون‌مرتبه»تر به حساب می‌آورند، به خوبی نشو-و-نما می‌کنند.

امیدوارم به اندازهٔ کافی توضیح داده باشم که چرت-و-پرت بودنِ طبقه‌بندیِ سلسله‌مراتبیِ حیواناتِ امروزی را (چنان که گویی معنیِ «والامرتبه» و «دون‌مرتبه»تر مبرهن است) نشان دهد و امیدوارم نشان داده باشم که چقدر این حرف غیرِفرگشتی است. بی‌شمار رتبه‌بندی را می‌توانید متصور شوید و گاه ممکن است رتبه‌بندیِ حیوانات، دستِ کم اساسِ بعضی از آن‌ها، منطقی باشد، اما این رتبه‌بندی‌هایِ مختلف با هم همبستگیِ چندانی ندارند و، به هیچ عنوان، هیچ کدام‌شان استحقاقش

---

[1] golden lion tamarin

[2] orangutan

را ندارد که «مقیاسی فرگشت»ی تلقی شود. پیش‌تر تمایلِ تاریخی به ارتکابِ اشتباهاتی ناشیانه (همچون «چرا هیچ قورمونی وجود ندارد؟») را بررسی کردیم. اما میراثِ مهلکِ زنجیرهٔ بزرگِ هستی مدام به این چالش که «پس میانجی‌هایِ بینِ گروه‌هایِ حیوانیِ عمده کجا هستند؟» کمک کرده است و، چیزی که تقریباً به همین اندازه فاقدِ اعتبار است این بوده که این میراث باعث شده است فرگشت‌گرایان در **پاسخ** به این پرسش‌ها، به عَلَم کردنِ فسیل‌هایی خاص، مانندِ *آرکئوپتریکس*[1] (فسیلی که به عنوانِ «میانجیِ بینِ خزندگان و پرندگان» معروف است) تمایل پیدا کنند. با وجودِ این، نکتهٔ دیگری هم پشتِ مغالطهٔ *آرکئوپتریکس* نهفته است و، به طورِ کلی، حائزِ اهمیت است. پس، با استفاده از *آرکئوپتریکس* به عنوانِ مثالِ خاصی از این موردِ کلی، چند بند را به بیانِ این نکته اختصاص می‌دهم.

از قدیم رسم بوده که جانورشناسان مهره‌داران را به چند دسته تقسیم‌بندی می‌کردند، دسته‌هایی عمده به نامِ پستان‌داران، پرندگان، خزندگان، و دوزیستان. بعضی جانورشناسان، که به آن‌ها «کِلادیست[2]» می‌گویند،[iv] اصرار دارند که یک دستهٔ درست-و-حسابی باید متشکل از حیواناتی باشد که همگی نیایی مشترک (که متعلق به همان رده[3] است) دارند و هیچ نواده‌ای خارج از آن گروه ندارند. پرندگان، به عنوانِ یک رده، نمونهٔ خوبی هستند.[v] همهٔ پرندگان از نوادگانِ نیایی مشترک هستند که خود نیز می‌تواند پرنده خوانده شود و دارایِ همان ویژگی‌هایِ کلیدی است که پرندگانِ امروزی هم آن‌ها را دارند، ویژگی‌هایی چون پر، بال، نوک، و غیره. اما، از این منظر، نمی‌توان گفت که حیواناتی که به آن‌ها خزنده[4] گفته می‌شود متعلق به یک رده هستند. علتش آن است که، دستِ کم در آرایه‌شناسی (تاکسونومیِ)[5] سنتی، این رده واضحاً پرندگان را ***در بر***

---

[1] *Archaeopteeryx*

[2] cladist

[3] class

[4] reptile

[5] taxonomy

***نمی‌گیرد*** (پرندگان ردهٔ منحصر به خود را دارند). با وجودِ این، بعضی از حیواناتی که، مطابقِ آرایه‌شناسیِ سنتی، در ردهٔ «خزندگان» دسته‌بندی می‌شوند (مثلاً کروکودیل‌ها و دایناسورها) خویشاوندیِ نزدیک‌تری با پرندگان دارند تا دیگر «خزندگان» (مثلاً سوسمارها و لاک‌پشت‌ها). حقیقتاً، بعضی دایناسورها با پرندگان خویشاوندیِ نزدیک‌تری دارند تا با دیگر دایناسورها. از این رو، «خزندگان» رده‌ای ساختگی است؛ چرا که، به صورتِ تصنعی، پرندگان را ***در بر نمی‌گیرد***. از منظری سخت‌گیرانه، اگر بخواهیم خزندگان رده‌ای واقعاً طبیعی تلقی شوند، باید پرندگان را نیز در ردهٔ خزندگان آورد. جانورشناسانِ کلادی اصلاً از ردهٔ <کلیِ> «خزندگان» استفاده نمی‌کنند و این جانوران را به دسته‌هایِ شاه‌خزندگان[1] (کروکودیل‌ها، دایناسورها، پرندگان)، پولک‌خزندگان[2] (مارها، سوسمارها، و سوسمارِ پل‌دماغیِ (*سفِندون*)[3] کمیاب نیوزلند)، و تِستودین‌ها[4] (لاک‌پشت‌ها و لاک‌پشت‌هایِ زمینی) تقسیم بندی می‌کنند. جانورشناسانِ غیرِ کلادی مشکلی با واژهٔ «خزندگان» ندارند؛ چرا که، با وجودِ مشمول نکردنِ تصنعیِ پرندگان، برایِ توصیف واژهٔ مفیدی است.

اما پرندگان چه ویژگی‌ای دارند که ما را وسوسه می‌کنند آن‌ها را از ردهٔ خزندگان جدا کنیم؟ چه چیزی باعث می‌شود که بتوانیم «رده»ای را تحتِ عنوانِ پرندگان توجیه کنیم، با این که، از دیدِ فرگشتی، در واقع، یکی از زیرشاخه‌هایِ خزندگان هستند؟ علتش این واقعیت است که همسایگانِ نزدیکِ پرندگان رویِ درختِ حیات، که درست اطرافِ خزندگان را احاطه می‌کرده‌اند، منقرض شده‌اند، اما، از میانِ آن گونه‌ها، فقط پرندگان بوده‌اند که توانسته‌اند رشد-و-نمو کنند. نزدیک‌ترین خویشاوندانِ پرندگان را می‌توان در میانِ دایناسورها جست که مدت‌هاست منقرض شده‌اند. اگر انواعِ مختلفی از میانِ دایناسورها زنده مانده بودند، پرندگان این گونه به چشم

---

[1] Archosaurs

[2] Lepidosaurs

[3] *Sphendodon*

[4] Testudines

نمی‌آمدند: دیگر به درجه‌ای ارتقاء نمی‌یافتند که رده‌ای از مهره‌داران را به خود اختصاص دهند و سؤالاتی همچون «پس حلقه‌های گم‌شدهٔ میانِ خزندگان و پرندگان کجا هستند؟» مطرح نمی‌شد. *آرکئوپتریکس* همچنان فسیلی زیبا، برایِ نگهداری در موزه، تلقی می‌شد، اما نقشِ اولِ امروزیِ خود را، به عنوانِ پاسخی آماده و تکراری به چالشی (که اکنون دیگر می‌دانیم چالشی پوچ است)، از دست می‌داد. دیگر کسی نمی‌گفت «<فسیل‌هایِ> میانجی‌تان را ارائه کنید». اگر انقراض به نحوهٔ دیگری رقم می‌خورد، هم اکنون دایناسورهایِ زیادی زندگی می‌کردند و بعضی‌هاشان دایناسورهایی دارایِ پر، نوک، و توانایی پرواز می‌بودند که پرنده خوانده می‌شدند. و، در واقع، هر روزه، تعدادِ بیشتری فسیل‌هایِ دایناسوریِ پَردار کشف می‌شوند. پس، این مطلب هم مدام روشن‌تر می‌شود که هیچ گونه چالشِ «حلقه‌هایِ گم‌شده را ارائه کنید!» وجود ندارد که کسی بخواهد آن را با فسیلِ *آرکئوپتریکس* پاسخ دهد.

حال به بعضی از گذارهایِ عمده در فرگشت می‌پردازیم که ادعا می‌شود «حلقه‌هایی گم‌شده» دارند.

## سر بر آورده از دریا

به غیرِ از موشک هوا کردن، تصورِ چیزی جسورانه‌تر یا دگرگون‌کننده‌تر از ترکِ زندگی در آب و گام نهادن در خشکی وجود ندارد. این دو زیستگاه، از جهاتِ متعدد، چنان از یک‌دیگر متفاوت‌اند که نقلِ مکان از یکی به دیگری مستلزمِ تغییر در تقریباً تمامِ اجزایِ بدن است. آبشش‌ها[1]، که به خوبی از عهدهٔ اکسیژن گرفتن از آب بر می‌آیند، در خشکی به هیچ دردی نمی‌خورند و شُش نیز در آب فایده‌ای ندارد. روش‌هایی که، در آب، به پیشرویِ سریع، خوش‌فرم، و کارآمد کمک می‌کنند، در خشکی، به طرزِ خطرناکی، زمخت و ناکارآمد هستند و برعکس. تعجبی ندارد که «ماهیِ بیرون‌افتاده

[1] gills

از آب[1]» <به معنیِ کسی که احساس می‌کند به جایی تعلق ندارد> و «مثلِ آدمی که دارد غرق می‌شود[2]» ضرب‌المثل شده‌اند. و تعجبی هم ندارد که علاقهٔ خاصی به «حلقه‌هایِ گم‌شده»، در این بخش از فسیل‌هایِ به‌جامانده، وجود دارد.

اگر به اندازهٔ کافی به عقب بازگردید، همه چیز در دریا، این آبی و شور *مادرِ قوت-و-قوّت‌دهنده* برایِ تمامِ هستی، زندگی می‌کرده است. در زمان‌هایِ مختلفی از تاریخِ فرگشت، افرادی از گروه‌هایِ حیوانیِ مختلف، که اهلِ ریسک و ماجراجویی بودند، از آب به خشکی و، گاه، حتی به خشک-و-سوزان‌ترین صحراها نقلِ مکان کردند و «آبِ دریایِ شخصیِ» خود را، در قالبِ خون و مایعاتِ سلولی، به همراهِ خود آورند. افزون بر خزندگان، پرندگان، پستان‌داران، و حشراتی که در اطرافِ خود می‌بینیم، گروه‌هایِ دیگری که توانسته‌اند از پسِ سفرِ پرخطر از «رحمِ آبیِ» دریا به خشکی بر بیایند شاملِ این موجودات می‌شوند: عقرب[3]، حلزون[4]، سخت‌پوستان[5] (مانندِ خرخاکی[6] و خرچنگ‌هایِ خشکی[7])، هزارپاییان[8] و لب‌پایان[9]، عنکبوت و هم‌خانواده‌هایش، و دستِ کم سه شاخه از کرم‌ها. گیاهان را نیز نباید از قلم انداخت؛ این یگانه آغازگرِ استفاده از کربنِ قابلِ‌استفاده که اگر پیش از دیگر گروه‌ها خشکی را فتح نکرده بود، مهاجرتِ هیچ یک ممکن نمی‌شد.

---

[1] fish out of water

[2] like a drowning man

[3] scorpion

[4] snail

[5] crustaceans

[6] woodlice

[7] land crabs

[8] multipedes

[9] centipedes

خوش‌بختانه، مراحلِ گذارِ مهاجرت‌هایِ دسته‌جمعی و سیرِ آمدنِ ماهی به خشکی، به زیبایی، در فسیل‌هایِ به‌جامانده ثبت شده‌اند. مراحلِ گذارِ برعکسِ این نیز ثبت شده‌اند؛ یعنی بازگشتِ نیاکانِ وال[1] و فیلِ دریایی[2]، از خانه‌شان بر رویِ خشکی که به زحمت به چنگ آورده بودند، و رفتن به دریا که مأمنِ نیاکان‌شان بود. در هر دو مورد، حلقه‌هایی که زمانی مفقود بودند اکنون فراوان‌اند و زینت‌بخشِ موزه‌ها هستند.

وقتی که می‌گوییم «ماهی» به خشکی آمد، باید این نکته را در نظر بگیریم که «ماهی» نیز، مانندِ «خزندگان»، دسته‌بندی‌ای طبیعی نیست. ماهیان نیز به کمکِ حذفِ <دیگر گونه‌ها> تعریف می‌شوند. دستهٔ ماهیان همهٔ مهره‌داران را در بر می‌گیرد، به جز آن دسته‌ای که به خشکی مهاجرت کرده‌اند. از آن جا که آغازِ فرگشتِ مهره‌داران در آب رخ داده است، تعجبی ندارد که بیشترِ شاخه‌هایِ به‌جامانده از شجرهٔ مهره‌داران همچنان در آب زندگی می‌کنند. و هنوز هم به آن‌ها «ماهی» می‌گوییم، حتی وقتی که نسبتِ خیلی دوری با «ماهی» داشته باشند. نسبتِ ماهیِ قزل‌آلا[3] و تُن به انسان نزدیک‌تر است تا به کوسه[4]، اما همهٔ این موجودات را «ماهی» می‌خوانیم. و شُش‌ماهی[5] و تُهی‌خار به انسان نزدیک‌تراند تا به ماهیِ قزل‌آلا و تُهی‌خار (و، البته، به کوسه)، ولی، باز هم، آن‌ها را «ماهی» قلم‌داد می‌کنیم. حتی کوسه‌ها هم به انسان خویشاوندِ نزدیک‌تری‌اند تا به مکنده‌ماهی[6] و بی‌فک‌ماهی[7] (تنها بازماندگان گروهی متنوع از ماهی‌هایِ بدونِ فک که زمانی فراوان بودند)، اما، باز هم، به همهٔ آن‌ها «ماهی» می‌گوییم. همهٔ مهره‌دارانی که نیاکان‌شان، هیچ وقت، خطرِ رفتن به خشکی

---

[1] whale

[2] dungong

[3] trout

[4] shark

[5] lungfish

[6] lamprey

[7] hagfish

را به جان نخریدند به «ماهی» شباهت دارند، مانندِ ماهی شنا می‌کنند (بر خلافِ دلفین‌ها[1]، که به جایِ این که مانندِ ماهی‌ها از طریقِ حرکتِ به طرفین شنا کنند، از طریقِ بالا و پایین بردنِ ستونِ فقرات‌شان شنا می‌کنند)، و همگی، به گمانِ من مزه‌ای شبیه به ماهی دارند.

از دیدِ فرگشت‌گرایان، همان گونه که در مثالِ خزندگان و پرندگان هم دیدیم، گروه‌بندیِ گروهی از حیوانات «طبیعی» تلقی می‌شود که همهٔ اعضایش خویشاوندیِ نزدیک‌تری به یک‌دیگر داشته باشند تا به حیواناتی که عضوِ گروه‌شان نیستند. همان گونه که دیدیم، «پرندگان» گروهی طبیعی قلم‌داد می‌شوند؛ چرا که دارایِ متأخرترین نیایِ مشترکی هستند که با هیچ غیرِ پرنده‌ای مشترک نیست. بر اساسِ همین تعریف، «ماهیان» و «خزندگان» گروه‌هایِ طبیعی تلقی نمی‌شوند. متأخرترین نیایِ مشترکِ همهٔ «ماهیان» نیایِ بسیاری از حیواناتِ غیرِ ماهی هم هست. اگر کوسه‌ها را، که خویشاوندِ دورمان هستند، در نظر نگیریم، ما پستان‌داران به گروهی طبیعی تعلق داریم که شاملِ همهٔ ماهیانِ استخوانیِ[2] امروزی می‌شود («استخوانی» به این معنی که این ماهیان در مقابلِ «غضروف‌ماهیان»ی[3] چون کوسه قرار می‌گیرند). اگر همهٔ ماهی‌هایِ استخوانی و پرتوباله[4] (مانندِ سالمون[5]، قزل‌آلا، تُن، و فرشته‌ماهی[6]: در کل، تقریباً همهٔ ماهی‌هایی که ممکن است به آن‌ها بر بخورید و کوسه نیستند) را به کناری نهیم، گروهِ طبیعی که ما انسان‌ها به آن تعلق داریم شاملِ تمامِ مهره‌دارانِ خشکی‌زی و، همچنین، ماهی‌هایِ گوشتی‌باله[7] می‌شود. نسلِ ما برخاسته از ماهیانِ گوشتی‌باله است و، اکنون، به باله‌هایِ گوشتی می‌پردازیم.

---

[1] dolphin

[2] bony fish

[3] cartilaginous

[4] ray-finned fishes

[5] salmon

[6] angel fish

[7] lobe-finned fishes

گوشتی‌بالگان، امروزه، به شُش‌ماهیان و تُهی‌خاران تنزل یافته‌اند (به عنوانِ ماهی «تنزل» یافته‌اند، اما بر رویِ زمین گسترش یافته‌اند: ما، مهره‌دارانِ خشکی‌زی، شُش‌ماهیانی هستیم که راه‌شان را جدا کرده‌اند). به این خاطر به آن‌ها «گوشتی‌بالگان» می‌گوییم که باله‌هایشان بیشتر به پا شبیه است تا به باله‌های پرتوگونهٔ ماهیانِ مشابه.اصلاً عبارتِ ***چهارپایانِ کهن***[1] عنوانِ کتابِ محبوبی دربارهٔ تُهی‌خاران[2]، به قلمِ جِی. اِل. بی. اسمیت[3]، زیست‌شناسِ اهلِ آفریقایِ جنوبی، است. وقتی نخستین گونهٔ زندهٔ تهی‌خاران را ماهی‌گیری اهلِ آفریقایِ جنوبی، در سالِ ۱۹۳۸، به صورتِ اتفاقی صید کرد، اسمیت بود که توجهِ جهانیان را به تُهی‌خاران معطوف نمود. او می‌نویسد: «اگر دایناسوری را کفِ خیابان می‌دیدم به این اندازه متعجب نمی‌شدم». تُهی‌خاران، قبلاً، از رویِ فسیل‌ها، شناخته‌شده بودند، اما تصور می‌شد، که از زمانِ دایناسورها، منقرض شده باشند. اسمیت، با هیجانِ بسیار، به شرحِ لحظه‌ای می‌پرازد که برایِ نخستین بار چشمش به این کشفِ شگفت‌انگیز افتاده بود. کاشفِ آن، مارگارت لاتیمر[4]، اسمیت را برایِ بیانِ دیدگاهِ کارشناسانه‌اش فرا خوانده بود (اسمیت بعدها این ماهی را *لاتیمریا*[5] نامید). او می‌نویسد:

> ما یک‌راست به موزه رفتیم. وقتی که رسیدیم، خانمِ لاتیمر بیرون بود. مراقبِ موزه ما را به اتاقِ داخلِ موزه راهنمایی کرد و در آن جا، خدایِ من؛ خودِ خودش بود؛ ماهیِ تُهی‌خار! با این که از قبل خودم را، برایِ این لحظه، آماده کرده بودم، تا این که چشمم به آن افتاد چنان که گویی بارقه‌ای به چشمانم اصابت کرده بود. حسِ عجیبی به من دست داد و بی‌قرار شده بودم. بدنم مور-مور می‌شد. چنان خشکم زده بود که

---

[1] Old Fourlegs

[2] coelacanths

[3] J. L. B. Smith

[4] Margaret Latimer

[5] *Latimeria*

گویی سنگ شده بودم. آری، ذره‌ای تردید وجود نداشت. آن ماهی، پولک[1] به پولک، استخوان به استخوان، باله[2] به باله، یک تُهی‌خارِ واقعی بود. چنان که گویی یکی از موجوداتِ ۲۰۰ میلیون سالِ پیش دوباره زنده شده باشد. همه چیز برایم رنگ باخته بود و فقط و فقط نظاره می‌کردم. سپس، تقریباً هراسان، به آن نزدیک شدم و آن را لمس کردم؛ نوازش کردم. همسرم نیز، در سکوت، به تماشا نشسته بود. خانمِ لاتیمر نیز از راه رسید و، به گرمی، از ما استقبال کرد. آن زمان بود که دوباره به حرف آمدم. کلمه‌به‌کلمه به خاطرم نیست، اما هر چه گفتم به این معنی بود که «آری، حقیقت دارد. واقعاً درست است. این ماهی، بی‌تردید، یک تُهی‌خار است». حتی من هم نمی‌توانستم شک به دلم راه دهم.

تُهی‌خاران بیشتر با ما خویشاوند هستند تا با دیگر ماهیان. از زمانِ نیایِ مشترک‌مان تغییراتی نسبی کرده‌اند، اما این تغییرات به اندازه‌ای نبوده است که آن‌ها را از گروهی از حیوانات که، به طورِ عام و از دیدِ یک ماهی‌گیر، ماهی تلقی می‌شوند بیرون براند. اما این ماهیان و شُش‌ماهی‌ها، یقیناً، خویشاوندی‌شان به ما انسان‌ها نزدیک‌تر است تا به ماهیِ قزل‌آلا و تُن و عمدهٔ ماهی‌هایِ دیگر. تُهی‌خاران و شُش‌ماهی‌ها نمونه‌هایی از «فسیلِ زنده» هستند.

با وجودِ این، ما از نوادگانِ شُش‌ماهی یا تُهی‌خار نیستیم. ما با شُش‌ماهی نیایی مشترک داریم که بیشتر به شُش‌ماهی شباهت داشت تا ما. اما به هیچ کدام‌مان هم آن قدرها شبیه نبود. شاید شُش‌ماهی‌ها فسیل‌هایی زنده باشند، اما، با وجودِ این، خیلی هم شباهتی به نیاکان‌مان ندارند. برایِ یافتنِ آن‌ها، باید به فسیل‌هایِ واقعیِ به‌جامانده در سنگ‌ها رو بیاوریم. و، به ویژه، باید بیشتر به فسیل‌هایِ دورهٔ دِوونیَن توجه کنیم که گذارِ میانِ ماهی‌هایِ آبزی و نخستین مهره‌دارانی را که پا به

[1] scale

[2] fin

خشکی گذاشتند در خود دارد. حتی، در میانِ فسیل‌هایِ واقعی هم، باید خیلی زیادی خوش‌بین باشیم که واقعاً به دیدنِ نیاکان‌مان دل خوش کنیم. اما می‌توانیم امید داشته باشیم که به خویشاوندانی از نیاکان‌مان بر بخوریم که به اندازهٔ کافی به نیاکان‌مان نزدیک باشند که، از طریقِ آن‌ها، بتوانیم بفهمیم که نیاکان‌مان تقریباً چه شکلی بوده‌اند.

یکی از مشهورترین خلاءهایِ موجود در فسیل‌هایِ به‌جامانده (این خلاء اندازه‌ای شهره است که برایش نامی انتخاب کرده‌اند: «خلاء رومِر[1]». ای. اِس. رومر[2] یک دیرینه‌شناسِ[3] مشهورِ آمریکایی بود) از حدودِ ۳۶۰ میلیون سالِ پیش (آخرِ دورهٔ دِوونیَن) تا حدودِ ۳۴۰ میلیون سالِ پیش (اوایلِ کَربُنیفِروس، معروف به«مقیاس‌هایِ ذغال‌سنگی») امتداد دارد. پس از خلاءِ رومر، به <فسیلِ> موجوداتی واضحاً دوزیست بر می‌خوریم که در مرداب‌ها[4] زندگی می‌کرده‌اند. این دوره آکنده از حیواناتی سمندرگونه است که برخی از آن‌ها به بزرگیِ کروکودیل بوده‌اند و شباهتی سطحی به آن داشته‌اند. گویا این دوره دورهٔ غول‌پیکران بوده است؛ چرا که سنجاقک‌هایی[5] در آن یافت می‌شوند که بال‌شان به بزرگیِ دستِ من بوده است و بزرگ‌ترین حشراتِ تاریخ‌اند.[vi] دورهٔ کَربُنیفِروس را، که تقریباً از ۳۴۰ میلیون سالِ پیش شروع می‌شود، می‌توان تقریباً معادلِ دوزیستِ عصرِ دایناسورها تلقی کرد. اما، پیش از آن، خلاءِ رومر، قرار دارد. و رومر، در <فسیل‌هایِ> این دوره، فقط به ماهی بر می‌خورد، ماهی‌هایی گوشتی‌باله و ساکنِ آب. پس، میانجی‌ها کجا بودند و چه چیزی باعث شد که دست به سفر به خشکی بزنند؟

---

[1] Romer's Gap

[2] A. S. Romer

[3] palaeontologist

[4] swamp

[5] dragonfly

در دورهٔ کارشناسی‌ام در آکسفورد، درس‌گفتارهای هارولد پوسی[1] به قوهٔ تخیلم پر–و–بال می‌داد. او فردِ بسیار باسوادی بود و، علی رغمِ کلاس‌های خشک و طولانی‌اش، این استعداد را داشت که دیدش را از استخوان‌های خشک فراتر ببرد و حیواناتی دارای پوست–و–خون را متصور شود که در نقطه‌ای دور افتاده مجبور به گذرانِ زندگی بوده‌اند.[vi i] وقتی عاملِ دست و پا در آوردنِ ماهی‌های گوشتی‌باله را شرح می‌داد، که این شرح از خودِ رومر گرفته شده بود، برای منی که دانشجو بودم بسیار منطقی به نظر می‌رسید. حتی امروزه هم با عقل جور در می‌آید، با این که این شیوهٔ تفکر نزدِ دیرینه‌شناسانِ امروزی کمرنگ‌تر است تا زمانِ رومر. رومر و پوسی خشک‌سالی‌هایی سالانه را متصور بودند که طیِ آن‌ها دریاچه‌ها، حوضچه‌ها، و جویباران[2] خشک می‌شدند و، سالِ بعد، دوباره پرآب می‌شدند. ماهیانِ آبزی، وقتی که خود را از دریاچه یا حوضچه‌هایی کم‌عمق، که در معرضِ خشکیِ قریب‌الوقوع بودند، خود را به مکان‌هایی عمیق‌تر می‌کشاندند، که در آن‌ها، تا فصلِ پرآبِ بعدی، شانسِ زنده ماندن داشتند، می‌توانستند از توانایی موقتیِ تاب آوردن در خشکی هم سود ببرند. از این منظر، نیاکانِ ما به خشکی پا نگذاشتند، بلکه بیشتر از خشکی، به عنوانِ پلی موقتی، برای فرار <از خشکی> و پیوستنِ دوباره به آب استفاده می‌کردند. بسیاری از حیواناتِ امروزی هم همین کار را می‌کنند.

متأسفانه، رومر نظریه‌اش را با مقدمه‌ای معرفی کرد که هدفش این بود که نشان دهد دورهٔ دوونَین دوره‌ای خشک و بی‌آب بوده است. پیامدش این بود که وقتی شواهدِ متأخرتر این فرض را زیرِ سؤال بردند، چنین می‌نمود که کلِ نظریهٔ رومر زیرِ سؤال رفته است. اگر مقدمه‌اش را حذف می‌کرد، بهتر می‌بود؛ چرا که نیازی هم به آن نبود. همان گونه که در کتابِ *داستانِ نیاکان* هم گفته‌ام، حتی اگر عصرِ دوونَین کمتر از چیزی که رومر می‌پنداشته دچارِ خشک‌سالی بوده است، باز هم این نظریه صادق خواهد بود.

---

[1] Harold Pusey

[2] stream

ولی بگذارید دوباره به سر وقتِ فسیل‌ها برسیم. آن‌ها در بعضی صخره‌هایِ اواخرِ دِوونیَن، دوره‌ای که درست پیش از کَربُنیفِروس قرار دارد، یافت می‌شوند. ردپاهایِ فراوانی از «حلقه‌هایِ گم‌شده» در این دوره وجود دارد، حیوان‌هایی که تا حدودی تا اندازه‌ای پیش رفتند که بخشی از خلاءِ بینِ ماهی‌هایِ گوشتی‌باله (که در دریاهایِ دِوونیَن به وفور یافت می‌شدند) و دوزیستان را (که بعداً سر-و-کله‌شان در مرداب‌هایِ کَربُنیفِروس پیدا شد) پر کنند. در قسمتِ ماهی این خلاء، *اوستنوپترون* <استوارباله>[1]، در سالِ ۱۸۸۱، در مجموعه‌ای از فسیل‌ها، در کانادا، یافت شد. به نظر می‌آید که این ماهی شکارچیِ سطحِ آبی بوده است و احتمالاً هیچ وقت نیازی به آمدن به خشکی نداشته است، با این که در بازسازی‌هایِ اولیه چنین تصور می‌شده است. با وجودِ این، شباهاتی آناتومیک به دوزیستانِ ۵۰ میلیون سال پس از خود داشت که این موارد شاملِ استخوان‌هایِ جمجمه[2]، دندان‌ها، و، مهم‌تر از همه، باله‌ها می‌شد. با این که احتمالاً <این باله‌ها> نه برایِ راه رفتن، بلکه برایِ شنا، به کار می‌رفتند، استخوان‌هایشان به الگویِ نوعیِ چهاراندامان[3] (نامی که به همهٔ مهره‌دارانِ خشکی‌زی اطلاق می‌شود) شباهت دارد. در بالهٔ جلو یک استخوانِ بازویِ تک به دو استخوان متصل شده است که رادیوس (زندِ بالایی)[4] و اولنا (زندِ زیرین)[5] نام دارند و به استخوان‌هایِ پرشمار و ریزی وصل شده‌اند. ما که از چهاراندامان هستیم، به این استخوان‌های ریزْ استخوان‌هایِ مچِ دست، استخوانِ کف‌دستی، و انگشت می‌گوییم. و بالهٔ پشت نیز الگویِ چهاراندام‌گونهٔ مشابهی دارد.

آن گاه، در سالِ ۱۹۳۲، در گرین‌لَند[6]، نزدیکِ بخشِ دوزیستِ این خلاء (یعنی حدودِ ۲۰ میلیون سال بعد)، در مرزِ میانِ دورهٔ دِوونیَن و کَربُنیفِروس، *ایکتیوستگا* (ماهیِ تاق)[1] کشف شد. این

---

[1] *Eusthenopteron*

[2] skull bone

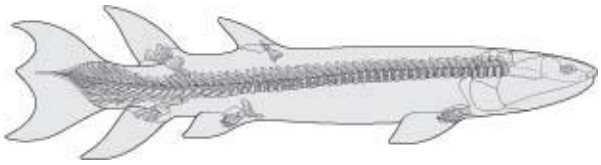
[3] tetrapod

[4] radius

[5] ulna

[6] Greenland

کشف هیجانِ زیادی را به دنبال داشت. در ضمن، حواس‌تان باشد که فکرِ یخ و سرما گمراه‌تان نکند. گرین‌لَند، در دورانی که *ایکتیوستگا* زندگی می‌کرده، رویِ استوا قرار داشته است. نخستین بار، اریک جارْویک[2]، دیرینه‌شناسِ سوئدی، در سالِ ۱۹۵۵، *ایکتیوستگا* را بازسازی کرد و، باز هم، آن را موجودی نزدیک‌تر به حیواناتِ خشکی‌زی ترسیم کرد (کارشناسانِ امروزی کمتر چنین رویکردی دارند). پِر آلبِرگ[3] متأخرترین بازسازیِ *ایکتیوستگا* را، در دانشگاهِ قدیمیِ جارْویک در اوپسالا[4]، انجام داد. او این جانور را جانوری ترسیم کرده است که بیشتر در آب است، اما احتمالاً، هر از گاهی، تاخت-و-تازی هم رویِ خشکی می‌کرده است. با وجودِ این، ایکتیوستگایِ او بیشتر به سمندری غول‌پیکر شباهت داشت تا ماهی و سری صاف داشت که فرمِ سرِ خاصِ دوزیستان است. بر خلافِ همهٔ چهاراندامانِ امروزی که پنج انگشتِ دست و پا دارند (دستِ کم در حالتِ جنینی، هر چند که ممکن است بعضی از آن‌ها را در بزرگ‌سالی از دست بدهند)، *ایکتیوستگا* هفت انگشتِ پا داشت. به نظر چهاراندامانِ اولیه، نسبت به ما امروزی‌ها، آزادیِ بیشتری را در «امتحان کردنِ» تعدادِ انگشتانِ مختلف حس می‌کردند. احتمالاً، زمانی فرآیندهایِ امبریولوژیک رویِ پنج انگشت ثابت شدند و مرحله‌ای طی شد که برگشت‌پذیریِ آن مشکل بود. البته، باید اقرار کرد که به این سختی‌ها هم نیست. گربه‌ها و، همچنین، انسان‌هایی هستند که شش انگشت دارند. این انگشت‌هایِ اضافه احتمالاً حاصلِ تکرارِ اشتباهی در امبریولوژی هستند.



**شکل ۲۲ - اوستِنوپترون**

---

[1] *Ichthyostega*

[2] Erik Jarvik

[3] Per Ahlberg

[4] Uppsala

**شکل ۲۳ - ایکتیوستگا**

*آکانتوستگا* (خارتاق)[1] یکی دیگر از کشف‌های هیجان‌انگیز بود که باز هم به گرین‌لَند گرمسیری و مرزِ میانِ دِوونیَن و کَربُنیفروس تعلق داشت. *آکانتوستگا* نیز جمجمه‌ای صاف و دوزیست‌گونه و دست و پاهایی چهاراندامان‌گونه داشت. اما این جانور نیز، حتی بیشتر از *ایکتیوستگا*، با چیزی که آن را معیارِ پنج‌انگشتی تلقی می‌کنیم، مغایر بود. آکانتوستگا هشت انگشت داشت. دانشمندانی که بیشترین نقش را در آگاهیِ ما از این موضوع داشته‌اند جِنی کِلَک[2] و مایکل کوتس[3]، از اساتیدِ دانشگاهِ کمبریج، هستند. آن‌ها باور دارند که *آکانتوستگا* نیز، مانندِ *ایکتیوستگا*، عمدتاً آبزی بوده اما شُش هم داشته است. همچنین، از رویِ پاهایش می‌توان با اطمینانِ بالا استنباط کرد که می‌توانسته از آن‌ها در آب و، همچنین، در صورتِ لزوم، در خشکی استفاده کند. آکانتوستگا نیز به سمندری غول‌پیکر شبیه بوده است. هر چه به قسمتِ ماهی‌ایِ این دسته نزدیک می‌شویم، به *پاندریکثیس (پاندرِماهیان)*[4] بر می‌خوریم. آن‌ها نیز متعلق به اواخرِ دورهٔ دِوونیَن هستند و، در مقایسه با *استوارباله*، اندکی بیشتر به دوزیستان و اندکی کمتر به ماهیان شباهت دارند. اما اگر آن را می‌دیدید مطمئناً آن را ماهی می‌خواندید تا سمندر.

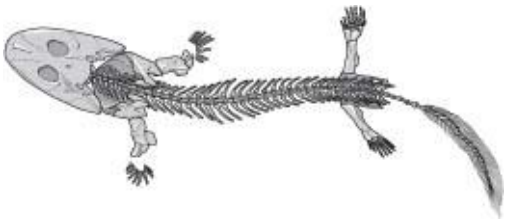
---

[1] *Acanthostega*

[2] Jenny Clack

[3] Michael Coates

[4] *Panderichthys*



**شکل ۲٤ - آکانتوستِگا**

**شکل ۲۵ - پاندِرماهیان**

پس، با خلاءِ بینِ *پاندِرماهیان* (ماهیانِ دوزیست‌گونه) و *آکانتوستِگا* (دوزیستانِ ماهی‌گونه) مواجه‌ایم. «حلقهٔ گم‌شدهٔ» بینِ آن‌ها چیست؟ گروهی از دانشمندانِ دانشگاهِ پنسیلوانیا[1]، از جمله نایل شوبین[2] و ادوارد داشلِر[3]، بر آن شدند تا آن را بیابند. شوبین این جست-و-جو را مبنایی برایِ تأملاتی جالب دربارهٔ فرگشتِ انسان قرار داد که آن‌ها را در کتابش، ***ماهیِ درونِ شما***[4]، بازگو کرده است. آن‌ها، با صبر و دقت، بررسی کردند که بهترین جا برایِ جست-و-جویِ این حلقهٔ گم‌شده کجاست ومنطقه‌ای صخره‌ای را از شمالگانِ کانادا <قسمتِ قطبیِ کانادا>[5] انتخاب کردند که دقیقاً متعلق به همان دوره از اواخرِ دِوونیَن بود. پس، به آن منطقه رهسپار شدند و، در آن‌جا، معدنِ طلایِ جانورشناسی را کشف کردند، یعنی *تیکتالیک*[6]! نامی که هرگز نباید به فراموشی سپرد. این واژه از واژه‌ای اینوئیت[7] گرفته شده است که به نوعی ماهیِ بزرگِ آبِ شیرین اطلاق می‌شد. بگذارید در

---

[1] University of Pennsylvania

[2] Neil Shubin

[3] Edward Daeschler

[4] Your Inner Fish

[5] Canadian Arctic

[6] Tiktaalkik

[7] Inuit

موردِ نامِ خاصِ آن، *رُزی*[1]، اشتباهی را که خودم کردم برای‌تان نقل کنم تا مراقب باشید. اولین باری که این نام به گوشم خورد و تصاویرِ آن را دیدم (همان تصاویری که در تصویرِ رنگی ۱۰ آمده‌اند)، فوراً ذهنم به سمتِ دورهٔ دِوونیَن، «ماسه‌سنگِ سرخِ کهن[2]»، رنگِ یکی از بخش‌هایِ دِوونیَن به همین نام، و رنگِ پِترا[3] («شهری سرخ همچون رُز و به عمری به بلندایِ تاریخ[4]») منحرف شد. دریغا؛ کاملاً در اشتباه بودم! تصویرِ <این حیوان> رنگِ رُزگونه‌اش را چند برابر می‌کند. این نام به افتخارِ فردِ خیّری انتخاب شده که در تأمینِ مالیِ سفر به شمالگانِ دِوونیَن سهیم بوده است. اندکی پس از کشفِ تیکتالیک، با دکتر داشلر[5]، در فیلادلفیا[6]، برنامهٔ ناهار داشتم. وی این افتخار را به من داد که *تیکتالیک رُزی*[7] را ببینم. در لحظهٔ دیدنش، جانورشناسِ درونم (یا شاید ماهیِ درونم) مات-و-مبهوت شد. تصور می‌کردم که، با لنزی سرخ همچون رز، به تماشایِ نیایِ خودم نشسته‌ام. این تصور، با همهٔ غیرِ واقعی بودنش، شاید نزدیک‌ترین ملاقاتِ ممکنِ من با نیایی مرده باشد که «عمری به بلندایِ تاریخ» دارد.

اگر *تیکتالیکی* واقعی و زنده را رو-در-رویِ خود ببینید، ممکن است از ترس از جا بپرید، چنان که گویی با کروکودیلی مواجه شده‌اید؛ چرا که صورتش به کروکودیل شباهت دارد. سری چون سرِ کروکودیل، متصل به بدنِ یک سمندر، که دُم و پشتی چون ماهی دارد. *تیکتالیک*، بر خلافِ تمامِ ماهی‌ها، گردن داشته است. می‌توانسته است سرش را بچرخاند. تقریباً از هر لحاظ،

---

[1] *roseae*

[2] Old Red Sandstone

[3] Petra

[4] a rose-red city as old as time

برگرفته از شعرِ پِترا (Petra)، سرودهٔ جان ویلیام بِرگِن (John William Burgon). مترجم

[5] Daeschler

[6] Philadelphia

[7] *Tiktaalik roseae*

*تیکتالیک* حلقهٔ گم‌شده‌ای تمام‌عیار است. تمام‌عیار چرا که دقیقاً چیزی بینِ ماهیان و دوزیستان است. و تمام‌عیار چرا که دیگر گم‌شده نیست. ما این فسیل را در اختیار داریم. می‌توانیم آن را ببینیم، لمس کنیم، و در درکِ قدمتش کم بیاوریم.

## باید دوباره به اعماقِ دریا بازگردم [viii]

مهاجرت از دریا به خشکی آغازگرِ بازطراحیِ هر یک از جنبه‌هایِ حیات، از تنفس گرفته تا تولیدِ مثل، بود. این سفر نوعی پیشتازیِ ماجراجویانه در «فضایِ» زیست‌شناسی بود. با وجودِ این، گویی به طرزی گستاخانه، تعدادِ زیادی از حیواناتی که کاملاً خشکی‌زی شده بودند بعدها روی برگرداندند و تمامِ ابزارِ زیست بر رویِ خشکی را، که با مشقتِ فراوان به دست آورده بودند، به کناری نهادند و فوج فوج به آب بازگشتند. فُک‌ها و شیرهایِ دریایی تنها بخشی از راه را برگشتند. این حیوانات به ما نشان می‌دهند که میانجی‌هایی که در مسیرِ رسیدن به مواردی استثنائی، همچون وال و فیلِ دریایی، وجود داشته‌اند چگونه می‌توانسته‌اند باشند. وال‌ها (از جمله تمامِ «وال‌هایِ کوچک»ی که به آن‌ها دلفین می‌گوییم)، فیل‌هایِ دریایی، و خویشاوندانِ نزدیک‌شان، یعنی گاوهایِ دریایی[1]، خشکی‌زی بودن را، به کل، رها کردند و به سبکِ زندگیِ کاملاً دریاییِ نیاکانِ بسیار قدیمی‌شان روی آوردند. آن‌ها حتی برایِ زاد-و-ولد هم به خشکی نمی‌آیند. اما، از آن جا که هیچ وقت نتوانستند به چیزی معادلِ آبشش‌هایِ پیشینیانِ دریایی‌شان دست یابند، همچنان هوا را تنفس می‌کنند. دیگر حیواناتی که، دستِ کم به مدتی محدود، به زندگی در آب بازگشتند از این قرارند: حلزونِ تالاب[2]، عنکبوتِ آب[3]، سوسکِ آب[4]، کروکودیل، سمورِ آبی[1]، دریاماران، حشره‌خوارِ آبی[2]، باکلان‌هایِ نا-پَرِ

[1] manatee

[2] pond snail

[3] water spider

[4] water beetle

گالاپاگوس[۳]، ایگوآناهایِ آبیِ گالاپاگوس[۴]، صاریغِ آبزی[۵] (کیسه‌دارانی[۶] آبی که از آمریکایِ جنوبی آمده‌اند)، پلاتیپوس[۷]، پنگوئن، و لاک‌پشت.

وال‌ها مدت‌ها برایِ ما معمّا بودند، اما اخیراً اطلاعاتِ نسبتاً پر و پیمانی از فرگشتِ آن‌ها در اختیار داریم. شواهدِ ژنتیکِ مولکولی (برایِ درکِ ماهیتِ این گونه شواهد به فصلِ ۱۰ مراجعه کنید) نشان می‌دهند که نزدیک‌ترین خویشاوندانِ زندهٔ ما وال‌ها و اسب‌هایِ آبی[۸] و، در ردیفِ بعد، خوک‌ها[۹] و نشخوارکنندگان[۱۰] هستند. نکتهٔ عجیب‌تر این که شواهدِ مولکولی نشان می‌دهد که اسب‌هایِ آبی به وال‌ها خویشاوندِ نزدیک‌تری‌اند تا به حیواناتِ دارایِ سمِ شکاف‌دار[۱۱] (حیواناتی چون خوک‌ها و نشخوارکنندگان) که شباهتِ ظاهریِ بیشتری به آن‌ها دارند. این یکی دیگر از نمونه‌هایِ ناهم‌خوانیِ نزدیکیِ خویشاوندی و میزانِ شباهتِ ظاهری است. پیشتر، وقتی که بحثِ ماهیان مطرح بود، گفتیم که آن‌ها قرابتِ خویشاوندیِ بیشتری به ما دارند تا به دیگر ماهیان. در این مورد، این ناهماهنگی از این حقیقت ناشی می‌شود که نسلِ ما آب را، به مقصدِ خشکی، ترک گفت و، به همین دلیل، در فرگشت در مسیرِ دیگری گام برداشت و خویشاوندِ نزدیکِ <قبلی>مان، یعنی شُش‌ماهی و تُهی‌خار، را پشتِ سر گذاشت و به خویشاوندانِ ماهی‌ای دورترمان شباهتِ بیشتری پیدا

---

[1] otter

[2] water shrew

[3] Galapagos flightless cormorant

[4] Galapagos marine iguana

[5] yapok

[6] maruspial

[7] platypus

[8] hippo

[9] pig

[10] ruminant

[11] cloven-hoofed

کرد؛ چرا که همگی در آب مانده بودند. حال با پدیده‌ای مشابه، اما برعکس، مواجه‌ایم. اسب‌های آبی، دست کم تا اندازه‌ای، به زندگی روی خشکی ادامه دادند و، به همین دلیل، همچنان به خویشاوندان دور و خشکی‌زی‌شان (نشخوارکنندگان) شباهت دارند، اما خویشاوندان نزدیک‌شان (وال‌ها) به دریا بازگشتند و آن قدر تغییر کردند که هیچ زیست‌شناسی قادر به دیدن نزدیکی آن‌ها به یک‌دیگر نشد، به جز متخصصان ژنتیک مولکولی. مانند زمانی که نیاکان ماهی آن‌ها، در آغاز، در جهت دیگر پیش رفتند، بازگشت نیاکان وال‌ها به دریا چیزی شبیه رفتن به فضا یا دست کم چیزی شبیه به پرواز یک بالن بود و، بدین طریق، از «نیروی گرانشی» که محدودشان می‌کرد و آن‌ها را پابند خشکی می‌کرد رها کرد.

در همان زمان، عمدتاً به لطف گنجینهٔ فسیل جدیدی که از پاکستان به دست آمده بود، خلاءهای موجود در بانک فسیل مربوط به فرگشت وال، که زمانی نسبتاً تُنُک بود، به طور قانع‌کننده‌ای پر شده بود. اما کتاب‌های جدید دیگری هستند که به خوبی به ماجرای فسیل وال‌ها پرداخته‌اند، مثلاً کتاب دونالد پروثرو[1]، تحت عنوان ***فرگشت: فسیل‌ها چه چیزی را به ما می‌گویند و اهمیت آن چیست؟***[2] و کتابی جدیدتر، نوشتهٔ جری کوین: ***دلیل درستی فرگشت***[3]. از این رو، تصمیم گرفتم که از بازگویی جزئیات ذکر شده در این کتاب‌ها بپرهیزم. در عوض، به این اکتفا کردم که یکی از نمودارهایی را که در کتاب پروثرو آمده است در این جا بیاورم (شکل ۲۶). این نمودار دنباله‌ای از فسیل‌ها را نشان می‌دهد که، بر اساس زمان، مرتب شده‌اند. ملاحظه کنید که چقدر این تصویر با دقت رسم شده است. ممکن است وسوسه شویم که دنبالهٔ فسیل‌ها را، با رسم کمان‌هایی از فسیل‌های قدیمی به فسیل‌های جوان‌تر، رسم کنیم. در واقع، کتاب‌های قدیمی همین کار را می‌کردند. اما هیچ کس نمی‌تواند بگوید که، مثلاً، *آمبولوستوس* (راهرونهنگ)[4] از

---

[1] Donald Prothero

[2] Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters

[3] Why Evolution is True

[4] *Ambulocetus*

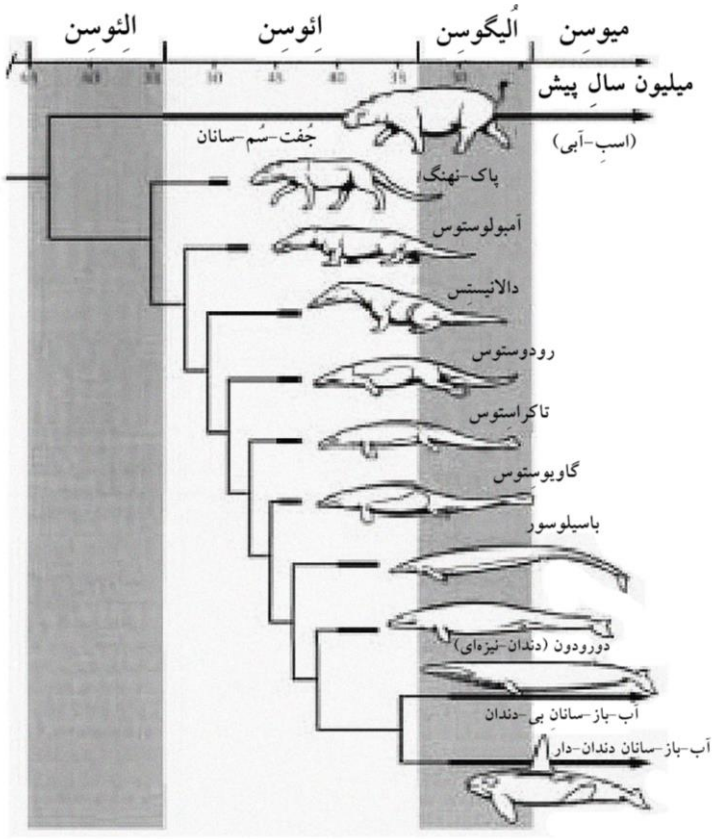
نوادگانِ *پاکیستوس* (پاک‌نهنگ)[1] است. یا، مثلاً، *باسیلوسور*[2] از نوادگانِ *رودوستوس* (رودونهنگ)[3] است. در عوض، این نمودار رویه‌ای محافظه‌کارانه‌تر را در پیش می‌گیرد و می‌گوید که، مثلاً، وال از نوادگانِ یکی از خویشاوندانِ هم‌عصرِ *آمبولوستوس* است که احتمالاً به *آمبولوستوس* شبیه بوده است (و شاید حتی خودِ *آمبولوستوس* بوده باشد). فسیل‌هایِ نشان داده شده مراحلِ مختلفِ فرگشتِ وال را نشان می‌دهند. ناپدید شدنِ تدریجیِ پاهایِ پشت، تبدیلِ پاهایِ جلو از پاهایی مناسبِ راه رفتن به باله‌هایی مناسبِ شنا، و صاف شدنِ دُم و تبدیلِ آن به بالهٔ دُمی از جمله تغییراتی هستند که، به زیبایی از بالا به پایین، نشان داده شده‌اند.

---

[1] *Pakicetus*

[2] *Basilosaurus*

[3] *Rodhocetus*




**شکل ۲۶ - وال‌هایِ فسیل‌شده: فرگشتِ وال از حیواناتی خشکی‌زی، نمایشِ فسیل‌هایِ میانجیِ متعدد که امروزه از بسترهایِ اِئوسنِ آفریقا و پاکستان به دست آمده‌اند. (ترسیم کننده: کارل بوئِل[1])**

دربارهٔ سابقهٔ فسیلیِ وال‌ها چیزِ بیشتری نمی‌گویم؛ چرا که، در کتاب‌هایی که ذکر کردم، به خوبی دربارهٔ آن‌ها بحث شده است. یکی دیگر از پستان‌دارانی که <به اندازهٔ وال‌ها> جمعیت و گوناگونی ندارند اما کاملاً در دستهٔ پستان‌دارانِ دریایی قرار می‌گیرند گاوِ دریایی‌سانان[2] (فیلِ دریایی و گاوِ دریایی) هستند. سابقهٔ گاوِ دریایی‌سانان به خوبی در فسیل‌هایِ به‌جامانده ثبت نشده بوده، اما

[1] Carl Buell

[2] sirenians

اخیراً «حلقهٔ گم‌شدهٔ» بسیار زیبا و چشم‌گیری برایِ آن کشف شده است. *پزوسایرن*[1] (فسیلِ «گاوِ دریاییِ راه‌رو[2]»)، که از جامائیکا[3] به دست آمده است، تقریباً با *آمبولوستوس* («والِ راه‌روِ[4]» ائوسن) هم‌دوره است. پزوسایرن بسیار به یک گاوِ دریایی یا فیلِ دریایی شباهت دارد، با این تفاوت که پاهایِ جلو و پشتِ آن کاملاً مناسبِ راه رفتن هستند، در حالی که گاوِ دریایی و فیلِ دریایی، در قسمتِ جلو، باله دارند و پاهایِ پشتی را از دست داده‌اند. تصویرِ صفحهٔ روبرو اسکلتِ فیلِ دریاییِ‌ای امروزی (شکل ۲۷) و *پزوسایرن* (شکل ۲۸) را نشان می‌دهد.

بر اساسِ شواهدِ فراوان، از جمله شواهدِ مولکولی که اهمیتی ویژه دارند، همان گونه که والِ‌ها با اسب‌هایِ آبی نسبت دارند، گاوِ دریاییِ‌سانان نیز خویشاوندِ فیل‌ها محسوب می‌شوند. اما احتمالاً نحوهٔ زیستِ *پزوسایرن* مانندِ اسبِ آبی بوده و بیشترِ عمرش را در آب می‌گذرانده است. این حیوان از پاهایش برایِ راه رفتن در کفِ <دریا> و شنا استفاده می‌کرده است. جمجمهٔ آن، بدونِ شک، مانندِ جمجمهٔ گاوِ دریاییِ‌سانان است. ممکن است *پزوسایرن* نیایِ واقعیِ گاوِ دریایی و فیلِ دریاییِ امروزی باشد، ممکن هم هست نباشد، اما بدونِ شک گزینهٔ خوبی برایِ این نقش است.

این کتاب در آستانهٔ چاپ شدن بود که نشریهٔ *نیچر*[5] <به معنیِ «طبیعت»> خبرِ کشفِ تازهٔ جالبی را از فسیلی، در شمالگانِ کانادا، منتشر کرد. این فسیل خَلَئی را در فسیل‌هایِ نیاکانِ فُک‌ها[6]، شیرهایِ دریایی[7]، و گرازِ دریایی[8] (که مجموعاً «فُک[9]» تلقی می‌شوند) پر می‌کرد: یک اسکلتِ

---

[1] *Pezosiren*

[2] walking manatee

[3] Jamaica

[4] walking whale

[5] Nature

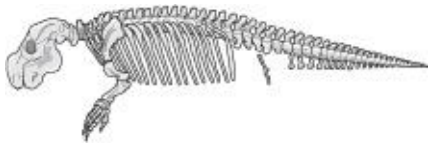
[6] seal

[7] sea lion

[8] wal

[9] pinnipeds

تکی، به نامِ *پیوییلا داروینای*[1]، که تقریباً ۶۵ درصدِ آن کامل است، متعلق به اوایلِ میوسنِ (حدودِ ۲۰ میلیون سالِ پیش) است. این زمان به اندازهٔ کافی به عصرِ حاضر نزدیک است، چنان که نقشهٔ جهان نیز، در آن زمان، به شکلِ امروزی‌اش شباهت داشت. پس، این فُک یا شیرِ دریاییِ اولیه (در آن زمان، هنوز از یک‌دیگر مجزا نشده بودند) حیوانی شمالگانی بوده که در آب‌هایِ سرد می‌زیسته است. شواهد نشان می‌دهند که *پیوییلا داروینای*، مانندِ بیشترِ فُک‌هایِ امروزی (به جز فُکِ دریاچهٔ بایکال[2])، در دریا زندگی نمی‌کرده است، بلکه در آبِ شیرین زندگی و صیدِ ماهی می‌کرده است (مثلِ بیشترِ سمورهایِ آبی، به جز سمورهایِ آبیِ دریازیِ[3] کالیفرنیا). *پیوییلا* باله نداشت، بلکه پاهایش انگشتانی به‌هم‌پیوسته داشت. احتمالاً مانندِ سگ‌ها رویِ خشکی می‌دویده (بسیار بی‌شباهت به فُک‌هایِ امروزی)، اما بیشترِ عمرش را در آب سپری می‌کرده است و، در آن، مانندِ سگ‌ها شنا می‌کرده است (بی‌شباهت به سبک‌هایِ زندگیِ، به ترتیب، فُک‌ها و شیرهایِ دریاییِ امروزی). *پیوییلا* به خوبی خلاءِ بینِ خشکی و آب را، در نیاکانِ فُک‌ها، پر می‌کند. این حیوان نیز یکی دیگر از نمونه‌هایِ زیبایی است که به فهرستِ رو-به-رشدِ «حلقه‌هایی» که دیگر گم‌شده نیستند اضافه شده است.

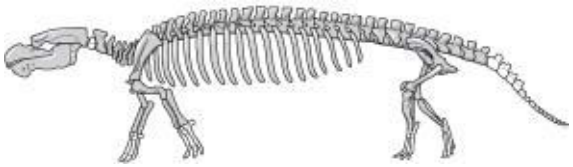


**شکل ۲۷ - فیل‌هایِ دریاییِ امروزی**

[1] *Puijila darwini*

[2] Lake Baikal seal

[3] sea otter



**شکل ۲۸- پزوسایرِن: فیلِ دریاییِ کهن**

حال می‌خواهم به سر وقتِ گروهِ دیگری از حیوانات بروم که از خشکی به آب باز گشتند. این مورد خیلی جالب است؛ چرا که بعضی از آن‌ها بعداً عکسِ این فرآیند را در پیش گرفتند و، برایِ بارِ دوم، به آب باز گشتند! لاک‌پشت‌هایِ دریایی[1]، از یک جنبهٔ خیلی مهم، نسبت به وال‌ها و فیل‌هایِ دریایی، بازگشتِ کمتری به زندگیِ آبی داشتند؛ چرا که هنوز بر رویِ ساحل تخم‌گذاری می‌کنند. مانندِ تمامِ مهره‌دارانی که به آب بازگشتند، لاک‌پشت‌ها هم تنفسِ هوا را رها نکردند، اما از این جنبه، بعضی‌هاشان یک سر-و-گردن از وال‌ها بهتر عمل می‌کنند. این لاک‌پشت‌ها، توسطِ دو «مجرا» — که در پشت‌شان قرار دارد و رگ‌هایِ خونیِ بسیاری به آن راه دارد — اکسیژنِ مازادِ آب را استخراج می‌کنند. در واقع، یکی از لاک‌پشت‌هایِ رودخانه‌ایِ استرالیا، عمدهٔ اکسیژنِ خود را (به قولِ استرالیایی‌ها) با از کون نفس کشیدن تأمین می‌کند.[2]

---

[1] sea turtles

[2] این بدان معنی نیست که فقط استرالیایی‌ها عبارتِ «از کون نفس کشیدن» را به کار می‌برند. حتی ما ایرانی‌ها هم این اصطلاح را داریم. اما، در واقع، طنزی در نوشتار و خوانشِ اصلِ انگلیسیِ این جمله نفهته بود که انتقالِ آن به فارسی ممکن نبود. استرالیایی‌ها (و بریتانیایی‌ها)، برایِ اشاره به «کون»، از واژهٔ «arse» استفاده می‌کنند، ولی آمریکایی‌ها از واژهٔ «ass» و، در اصلِ این جمله هم، همچون انگلیسیِ استرالیایی، از واژهٔ «arse» استفاده شده بود. دیگر این که، خوانشِ این جمله به لهجهٔ استرالیایی، با خوانشِ آن به لهجهٔ بریتانیایی و مخصوصاً آمریکایی، تفاوت دارد و زمانی خنده‌دار می‌شود که آن را با تقلیدِ لهجهٔ استرالیایی بخوانیم. لیک خواندنِ جمله‌ای فارسی با لهجه‌ای بیگانه ممکن نیست. مترجم

پیش از ادامهٔ بحث، باید به نکتهٔ مهمی دربارهٔ واژگانِ تخصصی اشاره کنم که مصداقِ غم‌انگیزی است از حرفِ جورج برنارد شاو[1] که «انگلیس و آمریکا دو کشوری هستند که زبانِ مشترک عاملِ جدایی‌شان شده است». در بریتانیا، به لاک‌پشت‌هایی که در دریا زندگی می‌کنند «turtle»، به لاک‌پشت‌هایی که در خشکی زندگی می‌کنند «tortoise»، و به آن‌هایی که در آب‌هایِ شیرین و لب‌شور زندگی می‌کنند «terrapin» گفته می‌شود. در آمریکا، به همهٔ این لاک‌پشت‌ها «turtle» گفته می‌شود، چه در خشکی زندگی کنند و چه در آب. واژهٔ «land turtle» (به معنیِ «لاک‌پشتِ زمینی») به گوشِ من عجیب می‌آید، اما برایِ فردِ آمریکایی‌ای که «tortoise» زیرمجموعه‌ای از لاک‌پشت‌هایی است که در خشکی و آب زندگی می‌کنند عجیب نیست. بعضی آمریکایی‌ها از واژهٔ «tortoise»، به معنایِ صرفاً آرایه‌شناختیِ آن و برایِ اشاره به تمامِ لاک‌پشت‌سانان[2] (نامِ علمیِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی امروزی)، استفاده می‌کنند. در بریتانیا، تمایلِ عام بر این است که هر کِلونیَنی[3] را «tortoise» بخوانند، چه عضوی از خانوادهٔ لاک‌پشت‌سانان باشد چه نباشد (همان گونه که خواهیم دید، فسیلِ موجوداتِ به ظاهر «tortoise»ی وجود دارد که خشکی‌زی بوده‌اند، اما عضوی از خانوادهٔ لاک‌پشت‌سانان نبوده‌اند). در ادامه، سعی می‌کنم از واژگانی استفاده کنم که از سردرگمیِ خوانندگانِ بریتانیایی و آمریکایی (و ایضاً استرالیایی، که، باز هم، از واژگانِ متفاوتی استفاده می‌کنند) جلوگیری شود، اما کارِ سختی است. خیلی مؤدبانه بخواهم بگویم، وضعِ اصطلاحاتِ این زمینه حسابی قاراشمیش است! جانورشناسان، فارغ از نوعِ زبانِ انگلیسیِ موردِ استفاده‌شان، برایِ همهٔ این موجودات (لاک‌پشت، لاک‌پشتِ زمینی، لاک‌پشت‌هایِ رودخانه‌ای، و لاک‌پشت‌های که در آب‌هایِ لب‌شور[4] زندگی می‌کنند) از واژهٔ «کِلونیَن» استفاده می‌کنند.

---

[1] George Bernard Shaw

[2] Testudinidae

[3] chelonian

[4] brackish water

بارزترین ویژگیِ کِلونَین‌ها لاک‌شان است. این لاک چگونه فرگشت پیدا کرد و میانجی‌هاشان چه شکلی بوده‌اند؟ حلقه‌هایِ گم‌شده‌شان را کجا می‌توان یافت؟ لاکِ نصفه‌ونیمه چه فایده‌ای می‌تواند داشته باشد؟ (از یک آفرینش‌باورِ متعصب چنین سؤالی بر می‌آید.) جالب است که، اخیراً، فسیلی یافت شده است که به شیوایی به این سؤال پاسخ می‌دهد. نخستین «نقش‌آفرینیِ» این فسیل در نشریهٔ *نیچِر* و درست قبل از زمانی بود که می‌خواستم این کتاب را تحویلِ ناشر بدهم. این فسیلْ فسیلِ لاک‌پشتی آب‌زی و متعلق به دورهٔ تِریاس است که در چین کشف شده است و سنِ آن ۲۲۰ میلیون سال تخمین زده شده است. نامِ آن *اودونتوشلی سِمیتِستاسیا* (لاک‌پشتِ دندان‌دارِ نیم‌لاک‌دار) [1] است که، همان طور که ممکن است از نامش استنباط کرده باشید، بر خلافِ لاک‌پشت‌هایِ امروزی، دندان داشته است. این لاک‌پشت، در واقع، لاکِ[2] نصفه‌ونیمه هم داشته است. همچنین، دمِ آن نیز بسیار بزرگ‌تر از لاک‌پشت‌هایِ امروزی بوده است. همهٔ این ویژگی‌ها این فسیل را «حلقهٔ گم‌شده»ای منحصر به فرد می‌سازند. شکمِ آن، بسیار شبیه به لاک‌پشت‌هایِ دریاییِ امروزی، با نوعی لاک، یا به اصطلاح زیرلاک[3]، پوشیده شده است. اما پشتش کاملاً فاقدِ لاکی است که به پشت‌لاک[4] معروف است. احتمالاً پشتش، مانندِ سوسمار، نرم بوده است. با وجودِ این، در قسمتِ میانی و بالایِ ستونِ فقراتش، مثلِ کروکودیل، قسمت‌هایی سخت و استخوانی داشته است و دنده‌هایش نیز صاف شده بودند؛ چنان که گویی داشته‌اند «سعی می‌کرده‌اند» که فرگشتِ پشت‌لاک را شروع کنند.

و در این جا اختلافِ نظری جالب وجود دارد. نگارندگانِ پژوهشی که *لاک‌پشتِ دندان‌دار* را به جهانیان معرفی کرد، یعنی لی[5]، وو[1]، ریپِل[2]، وانگ[3]، و ژائو[4] (برایِ اختصار، آن‌ها را «نویسندگانِ

---

[1] Odontochelys semitestacea

[2] shell

[3] plastron

[4] carapace

[5] Li

چینی» می‌خوانم، با این که ریپِل چینی نبود) باور داشتند که حیوانی که کشف کرده بودند میانه‌های راهِ دست‌یابی به لاک بوده است. بعضی نیز این ادعا را رد می‌کنند که *اودونتوشلی* نشان‌دهندهٔ فرگشتِ لاک در آب است. نشریهٔ *نیچرِ سنت* پسندیده‌ای دارد که از گروهی از کارشناسانان، به غیرِ نویسندگانِ مقاله، درخواست می‌کند که دیدگاه‌شان را نسبت به جالب‌ترین مقالاتِ هفته بنویسند. این مقالات در ستونی به نامِ «خبرها و دیدگاه‌ها[5]» چاپ می‌شود. دو زیست‌شناسِ کانادایی، به نام‌هایِ روبرت ریس[6] و جیسون هِد[7]، نوشتنِ تفسیرِ مربوط به مقالهٔ *لاک‌پشتِ دندان‌دار* را، برایِ بخشِ «خبرها و دیدگاه‌ها»، بر عهده داشتند و تفسیرِ جدیدی را از آن ارائه دادند. شاید کلِ لاک، پیش از بازگشتِ نیاکانِ *لاک‌پشتِ دندان‌دار* به آب، فرگشت یافته بوده است. و شاید *لاک‌پشتِ دندان‌دار* لاکش را، پس از بازگشت به آب، از دست داده باشد. ریس و هِد اشاره کردند که بعضی از لاک‌پشت‌هایِ دریاییِ امروزی، مثلاً لاک‌پشتِ چرمیِ غول‌پیکر[8]، پشتِ‌لاکِ خود را کاملاً یا عمدتاً از دست داده است. پس، نظریهٔ آن‌ها کاملاً محتمل است.

برایِ پاسخ به پرسشِ «لاکِ نصفه‌ونیمه چه فایده‌ای می‌تواند داشته باشد؟»، اندکی از بحثِ اصلی خارج می‌شوم. در این موردِ خاص، چه دلیلی دارد که *لاک‌پشتِ دندان‌دار* در زیرِ شکمش «زره» دارد اما پشتش بدونِ حفاظ است؟ شاید به این خاطر که خطر معمولاً از زیر متوجهِ آن‌ها بوده است. از این حرف چنین استنباط می‌شود که آن‌ها عمدتاً نزدیک به سطحِ آب شنا می‌کرده‌اند و،

---

[1] Wu

[2] Rieppel

[3] Wang

[4] Zhao

[5] News and Views

[6] Robert Reisz

[7] Jason Head

[8] leatherback turtle

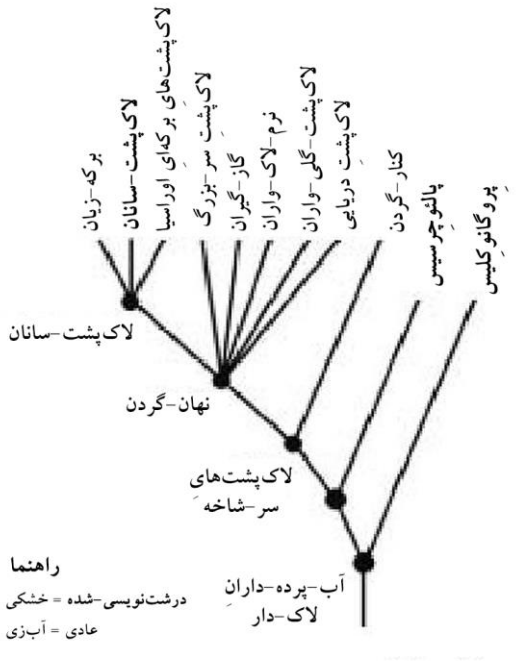
البته، به هر حال برایِ هواگیری مجبور به آمدن به سطح بوده‌اند. امروزه، کوسه‌ها معمولاً از زیر حمله می‌کنند. آن‌ها می‌توانسته‌اند خطرِ مهلکی برایِ *لاک‌پشتِ دندان‌دار* باشند و دلیلی ندارد که تصور کنیم عاداتِ شکاریِ کوسه‌ها در گذشته با امروز فرق داشته است. یکی دیگر از مثال‌هایِ مشابه، که یکی از عجیب‌ترین دستاوردهایِ فرگشت است، جفت چشم‌هایِ اضافیِ *شبح‌ماهیِ زوبینی*[1] می‌باشد (شکل ۲۹). احتمالاً هدف از این چشم‌ها کشفِ حمله از پایین بوده است. چشمانِ اصلیِ آن به سمتِ بیرون است، مانندِ ماهی‌هایِ معمولی. اما نهفته در زیرِ هر یک از دو چشمِ اصلی، یک چشمِ کوچک هم وجود دارد، که لنز، شبکیه، و همه چیز هم دارد. اگر *شبح‌ماهیِ زوبینی* می‌تواند زحمتِ رشدِ یک جفت چشمِ کامل را به خود بدهد (منظورم را که متوجه می‌شوید؛ پس ملانقطی‌بازی در نیاورید)، که احتمالاً هدفش رصدِ حمله‌هایی است که از زیر ممکن است به او بشود، کاملاً محتمل به نظر می‌آید که *لاک‌پشتِ دندان‌دار* نیز، برایِ دفعِ حملاتی که از همان جهت ممکن است به او بشود، زرهی را ایجاد کند. پس داشتنِ زیرلاک با عقل جور در می‌آید. و اگر کسی بگوید «قبول، اما چرا، برایِ محکم‌کاری، یک پشت‌لاک رویِ پشتش ایجاد نشود؟»، پاسخش ساده خواهد بود. لاک سنگین و مایهٔ زحمت است. رشد و، همچنین، این جا و آن جا بردنش هزینه‌بر است. در فرگشت همیشه پایِ بده-بستان در میان است. برایِ لاک‌پشتِ زمینی، حاصلِ بده-بستانِ زرهی تنومند و سنگین، هم بر پشت و هم در زیر، است. برایِ لاک‌پشت‌هایِ دریایی حاصلِ بده-بستان بینِ زیرلاکی قوی اما زرهی سبک‌تر بر پشت است. و می‌توان احتمال داد که *لاک‌پشتِ دندان‌دار*[2] در این روند جلوتر رفته است.

[1] *Bathylychnops*

[2] *Odontochelys*

**شکل ۲۹ - چشمانِ اضافیِ شبح‌ماهیِ زوبینی**

اما اگر حرفِ نویسندگانِ چینی درست باشد که می‌گویند *لاک‌پشتِ دندان‌دار* در مسیرِ فرگشتِ لاکی کامل بوده است و لاکش در آب فرگشت یافته است، نتیجهٔ منطقیِ آن می‌تواند این باشد که لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ امروزی، که لاکی تمام-و-کمال دارند، از نوادگانِ لاک‌پشت‌هایِ آبی هستند. در ادامه خواهیم دید که احتمالاً این دیدگاه درست است. اما واقعاً اتفاقِ کنجکاوی‌برانگیزی است؛ چرا که به این معناست که لاک‌پشت‌هایِ زمینی حاصلِ *مهاجرتِ دومی* از آب به خشکی هستند. هیچ کس ادعا نکرده است که وال‌ها و فیل‌هایِ دریایی، پس از لشکرکشی به آب، دوباره به خشکی ***باز گشته‌اند***. حکایتِ محتملِ دیگری که برایِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی می‌توان متصور شد این است که همیشه رویِ خشکی زندگی می‌کرده‌اند و، به طورِ مستقل و همزمان با خویشاوندانِ آبزی‌شان، لاک‌شان فرگشت یافته است. چنین چیزی به هیچ وجه ناممکن نبوده است، اما، اتفاقاً، شواهدِ متقنی داریم که لاک‌پشت‌هایِ دریایی واقعاً، برایِ بارِ دوم، به خشکی باز گشتند تا بارِ دیگر لاک‌پشتِ زمینی شدن را دنبال کنند.




**شکل ۳۰ - شجره‌نامهٔ لاک‌پشت‌هایِ زمینی و لاک‌پشت‌هایِ آبی**

اگر شجره‌نامهٔ[1] همهٔ لاک‌پشت‌هایِ زمینی و لاک‌پشت‌هایِ آبیِ امروزی را بیرون بیاورید، بر اساسِ مقایسه‌هایِ مولکولی و دیگر مقایساتِ مشابه، تقریباً همهٔ شاخه‌ها آبی خواهند بود (خطِ عادی). لاک‌پشت‌هایِ زمینی با خطِ درشت نشان داده شده‌اند و، همان گونه که می‌بینید، تمامِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی شاملِ یک شاخه‌اند: لاک‌پشت‌سانان. این شاخه در میانِ شاخه-شاخه‌هایِ بی‌شمارِ کِلونَین‌ها گم است. دیگر خویشاوندان‌شان همگی آبزی هستند. لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ امروزی شاخه‌ای تک-و-تنها بر رویِ توده‌ای از لاک‌پشت‌هایِ آبی است. نیاکانِ آبیِ آن‌ها به لاک‌پشت تبدیل شدند و دوباره به سویِ خشکی لشکرکشی کردند. این حرف با این فرضیه سازگار است که لاکِ <لاک‌پشت‌ها>، در آب و در موجودی چون *لاک‌پشتِ دندان‌دار*، فرگشت یافته است. اما حال با مشکلِ دیگری مواجه هستیم. با نگاه به شجره‌نامه متوجه خواهید شد که، علاوه بر لاک‌پشت‌سانان (تمامِ لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ امروزی)، دو فسیل از سرده‌هایِ حیواناتی لاک‌دار، به

[1] family tree

نام‌های *پروگانوکلیس*[1] و *پالئوکرسیس*[2] ، وجود دارد. به دلایلی که در بند بعد به آن‌ها اشاره خواهیم کرد، آن‌ها به عنوان حیواناتی خشکی‌زی در نمودار معرفی شده‌اند. آن‌ها درست بیرون از شاخه‌های لاک‌پشت‌های آبی قرار دارند. به نظر می‌آید که این دو سرده از قدیم‌الایام خشکی‌زی بوده‌اند.

پیش از کشف *لاک‌پشت دندان‌دار*، این دو فسیل قدیمی‌ترین کلونَین‌های شناخته‌شده بودند. مانند *لاک‌پشت دندان‌دار*، آن‌ها نیز در اواخر تریاس می‌زیسته‌اند، اما حدود ۱۵ میلیون سال بعد از *لاک‌پشت دندان‌دار*. بعضی از صاحب‌نظران آن‌ها را به عنوان موجودات ساکن آب‌های شیرین بازسازی کرده‌اند، اما، در واقع، شواهد اخیر نشان می‌دهد که آن‌ها، همان گونه که خط درشت روی نمودار نشان می‌دهد، خشکی‌زی بوده‌اند. ممکن است برای‌تان سؤال شود که چه طور از روی فسیل حیوانات می‌توانیم تشخیص دهیم که آن حیوانات آبزی بوده‌اند یا خشکی زی، مخصوصاً زمانی که آن فسیل‌ها کامل نباشند؟ گاهی اوقات این مسئله کاملاً مشخص است. ماهی‌خزنده‌سانان[3] خزندگان هم‌عصر دایناسورها بودند که دارای باله بودند و بدن‌هایی داشتند که به راحتی در آب حرکت می‌کرد. فسیل آن‌ها به دلفین‌ها شباهت داشت و، مطمئناً، مانند دلفین‌ها در آب زندگی می‌کرده‌اند. در مورد لاک‌پشت‌ها قضیه به این روشنی نیست. ممکن است خودتان نیز حدس زده باشید که مهم‌ترین ویژگی که محل زیست این لاک‌پشت‌ها را رو می‌کند پاهاشان است. پاهای باله‌ای واقعاً با پاهایی که برای راه رفتن هستند فرق‌هایی دارند. والتر جویْس[4] و ژاک گاتیر[5]، از پژوهشگران دانشگاه ییل[6]، این شهود عام را پایهٔ کار خود قرار دادند و ارقامی را برای پشتیبانی از آن ارائه دادند.

---

[1] *Proganochelys*

[2] *Palaeochersis*

[3] Ichthyosaurs

[4] Walter Joyce

[5] Jacques Gauthier

[6] Yale University

آن‌ها سه استخوانِ کلیدی را در دستِ هفتادویک گونه از کِلونَین‌هایِ زنده اندازه گرفتند. وسوسه می‌شوم که محاسباتِ جالبِ آن‌ها را شرح دهم، اما به همین نکته بسنده می‌کنم که نتیجه‌ای که گرفتند واضح بود. این حیوانات پاهایی برایِ راه رفتن داشتند، نه پاهایی باله‌ای. در انگلیسیِ بریتانیایی، آن‌ها «tortoise» بودند، نه «turtle». آن‌ها خشکی‌زی اما از خویشاوندانِ دورِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی بودند.

گویا در این جا به مشکل بر می‌خوریم. اگر، همان گونه که نویسندگانِ مقالهٔ *لاک‌پشتِ دندان‌دار* باور داشتند، فسیل‌هایِ نیم‌لاک‌دار گویایِ این باشند که لاکِ آن‌ها در آب فرگشت یافته است، آن گاه چگونه می‌توانیم پیدایشِ دو سردهٔ لاک‌پشتِ زمینی را، که دارایِ لاکِ کامل هستند، در ۱۵ میلیون سالِ بعد توجیه کنیم؟ تا پیش از کشفِ *لاک‌پشتِ دندان‌دار*، بدونِ لحظه‌ای درنگ می‌گفتم *پروگانوکلیس* و *پالئوکرسیس* نمونه‌هایی از لاک‌پشت‌هایِ نیاکانیِ خشکی‌زیِ ***پیش از*** بازگشت به آب بوده‌اند. لاکِ رویِ خشکی فرگشت یافته است. بعضی از لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ لاک‌دار به آب باز گشتند، همان طور که فُک‌ها، و وال‌ها، و فیل‌هایِ دریایی هم بعد از آن‌ها چنین کردند. بقیه به زندگی بر رویِ خشکی ادامه دادند اما منقرض شدند. و، سپس، بعضی از لاک‌پشت‌هایِ دریایی به خشکی باز گشتند و تمامِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی از نسلِ آنان‌اند. این پاسخی بود که شاید می‌دادم. در واقع، در اولین پیش‌نویسِ این فصل، که پیش از اعلامِ کشفِ *لاک‌پشتِ دندان‌دار* تهیه شده بود، همین حرف را زده بودم. اما *لاک‌پشتِ دندان‌دار* دوباره ایجادِ تردید می‌کند. حال، سه احتمال وجود دارد که هر سه هم، به یک اندازه، جالبِ توجه هستند.

۱. شاید *پروگانوکلیس* و *پالئوکرسیس* از بازماندگانِ حیواناتِ خشکی‌زی‌ای باشند که قبلاً نمایندگانی از خود، از جمله *لاک‌پشتِ دندان‌دار*، را به دریا فرستاده‌اند. از این فرضیه برداشت می‌شود که لاکِ اول رویِ خشکی فرگشت یافته است و *لاک‌پشتِ دندان‌دار* آن را در آب از دست داده است، اما زیرلاکِ شکمیِ خود را حفظ کرده است.

۲. شاید، همان طور که نویسندگانِ چینی می‌گویند، اول زیرلاک رویِ شکم و، بعد، پشت‌لاک، در آب، شکل گرفته باشد. در این حالت، چه برداشتی می‌توانیم از

*پروگانوکلیس* و *پالئوکرسیس* داشته باشیم که، *پس از این که لاک‌پشت دندان‌دار* با نیم‌لاکش در آب زندگی کرده بود، در خشکی زندگی می‌کردند؟ ممکن است *پروگانوکلیس* و *پالئوکرسیس*، به طورِ مستقل، لاکِ خود را فرگشت داده باشند. اما یک احتمالِ دیگر هم وجود دارد:

۳. شاید *پروگانوکلیس* و *پالئوکرسیس* نمایندهٔ بازگشتِ زودتری از آب به خشکی باشند. واقعاً تصورِ چنین چیزی مایهٔ شگفتی نیست؟

اکنون اطمینانِ بالایی داریم که لاک‌پشت‌ها، در مسیرِ فرگشت‌شان، بازگشتی دوباره به خشکی داشته‌اند. یک نوعِ خاص از لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ اولیه به محیطِ آبیِ نیاکانِ ماهی‌ایِ خود، که از خودشان هم قدیمی‌تر بودند، بازگشتند و به لاک‌پشت‌هایِ دریایی بدل شدند. سپس، دوباره، در قالبِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی‌ای جدید، یعنی لاک‌پشت‌سانان، به خشکی بازگشتند. از این نکته آگاهیم و بسیار از آن مطمئنیم. اما حال با این استنباط مواجه‌ایم که ممکن است این بازگشت ***دو بار*** رخ داده باشد! نه تنها برایِ زمینه‌سازیِ پیدایشِ لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ امروزی، بلکه مدت‌ها پیش از آن که منجر به پیدایشِ *پروگانوکلیس* و *پالئوکرسیس* در عصرِ تریاس شده بود.

در یکی دیگر از کتاب‌هایم از دی.ان.ای به عنوانِ «کتابِ ژنتیکیِ مردگان» یاد کردم. به خاطرِ نحوهٔ کارِ انتخابِ طبیعی، از منظری می‌توان گفت که دی.ان.ایِ یک حیوان شرحِ نوشتاریِ وادی‌هایی است که نیاکانش در آن، به دستِ طبیعت، انتخاب شده‌اند. کتابِ ژنتیکیِ مردگانِ یک ماهی حکایت از دریاهایِ نیاکانی دارد. برایِ ما و بیشترِ پستان‌داران، اولین فصل‌هایِ کتاب‌مان کلاً در دریا اتفاق می‌افتند و فصل‌هایِ بعدی در خشکی. کتابِ وال‌ها، فیل‌هایِ دریایی، ایگوآناهایِ دریایی، پنگوئن‌ها، فُک‌ها، شیرهایِ دریایی، و لاک‌پشت‌ها بخشِ سومی نیز دارد که حکایتِ بازگشتِ حماسیِ آن‌ها را به سرزمینی نقل می‌کند که محلِ آزمون و خطایِ گذشتگان‌شان بوده است، یعنی دریا. اما در موردِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی، بخشِ چهارمی هم وجود دارد که دو بار، به طورِ مستقل و در دو موقعیتِ کاملاً متفاوت، حکایت از ظهوری نهایی — شاید هم نهایی نباشد — باز هم بر رویِ زمین، دارد. آیا ممکن است کتابِ ژنتیکیِ مردگانِ حیوانی دیگر هم سرگذشتی از چند دور-

برگردانِ فرگشتی باشد؟ به عنوانِ سخنِ آخر باید بگویم که نمی‌توانم از فکر کردن به لاک‌پشت‌هایِ آبِ شیرین و لاک‌پشت‌هایِ آبِ لب‌شور، که خویشاوندیِ نزدیک‌تری به لاک‌پشت‌هایِ زمینی دارند، دست بردارم. آیا نیاکان‌شان مستقیماً از دریا به آب‌هایِ لب‌شور و، سپس، به آب‌هایِ شیرین نقلِ مکان کردند؟ آیا آنان نمونه‌ای از مرحله‌ای میانجی، در مسیرِ بازگشت از دریا به خشکی، هستند؟ یا آیا ممکن است نمونهٔ دیگری باشند از بازگشت به آبِ نیاکانی که لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ امروزی بوده‌اند؟ آیا کِلونَین‌ها، در زمانِ فرگشتی، مدام در حالِ نقلِ مکان بینِ خشکی و آب بوده‌اند؟ آیا این امکان وجود دارد که نوشته‌هایِ این کتابِ کهن، بیشتر از چیزی که ذکر کرده‌ام، بازنویسی شده باشند؟

## پی‌نوشت

در ۱۹ مهِ ۲۰۰۹، در حالی که داشتم نسخهٔ چاپ‌شدهٔ این کتاب را بازخوانی می‌کردم، «حلقه‌ای گم‌شده» میانِ نخستی‌سانانِ شبیه به لِمور[1] و میمون، در نشریهٔ علمیِ آنلاینِ *پلاس وان*[2]، معرفی شد. این <گونه>، که *داروینیوس ماسیلی*[3] نام گرفت، ۴۷ میلیون سالِ پیش، در جنگل‌هایِ بارانیِ[4] آلمانِ کنونی، می‌زیسته است. مطابقِ ادعایِ نویسندگانِ مقاله، این فسیلْ کامل‌ترین فسیلی است که از نخستی‌سانان کشف شده است: نه تنها استخوان‌ها، بلکه پوست، مو، بعضی از اعضایِ داخلی، و آخرین وعدهٔ غذایی‌اش نیز به جا مانده‌اند. *داروینیوس ماسیلی* به طرزِ انکارناپذیری زیبا و خارق‌العاده است (تصویرِ رنگی ۹)، اما باز هم سر-و-کلهٔ ابرهایی پیدا می‌شود که راه را

[1] lemure

[2] PLOS One

[3] Darwinius masillae

[4] rain forest

بر روشن‌اندیشی می‌بندند. *اِسکای نیوز*[1] نوشته بود که این فسیل «هشتمین مورد از عجایبِ جهان» به شمار می‌رود که «بالاخره نظریهٔ فرگشتِ چارلز داروین را تأیید می‌کند». عجب! به نظر می‌رسد که ذره‌ای از قدرتِ باورِ خیالی و نسبتاً بی‌معنیِ «حلقهٔ گم‌شده» کم نشده است.

---

[i] باورِ عمومی این است که این دیرینه‌شناسِ ناشی چارلز داوسون (Charles Dawson) بوده است، اما استیون جِی گولد این ایدهٔ کنجکاوی‌برانگیز را مطرح کرد که احتمالاً آن فرد پی‌یِر تیلار دو شاردون (Pierre Teilhard de Chardin) بوده است. ممکن است تیلار را بشناسید. او دین‌شناسی یسوعی (Jesuit) بود که یکی از کتاب‌هایی که بعداً نوشته بود، *پدیدهٔ انسان* (*The Phenomenon of Man*)، منفی‌ترین ارزیابیِ تاریخ را از پیتر مِداوارِ (Peter Medawar) بی‌همتا دریافت کرد (این ارزیابی در *هنرِ مواد انحلال‌پذیر* و *جمهوری پلوتو* (*The Art of the Soluble and Pluto's Republic*) نیز به چاپ رسید).

[ii] واژهٔ «بی‌نهایت» را به معنایِ عام و معمولاً سوءِ استفاده شدهٔ آن به کار می‌برم که کاربردی بلاغی دارد، یعنی به معنیِ «بسیار بسیار بزرگ». تعدادِ واقعی تعدادِ ترکیب‌هایِ جفتیِ هر یک از گونه‌ها با یک‌دیگر است و این تعداد آن قدر به بی‌نهایت نزدیک است که استفاده از واژهٔ «بی‌نهایت»، در عمل، تفاوتی ایجاد نمی‌کند.

---

[1] Sky News

[iii] واژهٔ «تحصیل‌کرده» من را به یادِ حرفِ شدیداً هوشیارانهٔ پیتر مِداوار می‌اندازد که می‌گوید «گسترشِ تحصیلاتِ متوسطه و، اخیراً، تحصیلاتِ دانشگاهی جمعیتِ عظیمی را پدید آورده است که عمدتاً طبعِ ادبی و علمیِ بالایی دارند، اما چنان فراتر از ظرفیت‌شان به آن‌ها آموزش داده شده است که توانایی تفکرِ تحلیلی (analytical thought) را از دست داده‌اند». این حرف را باید با طلا نوشت! از آن نوشته‌هایی است که من را بر آن می‌دارد که سر به کوی و خیابان نهم و آن را با کسی، فرقی هم نمی‌کند که باشد، در میان بگذارم. آن قدر خوب است که حیف است پیشِ خودمان نگهش داریم.

[iv] گرفته شده از واژهٔ «کِلاد»، به معنیِ گروهی از ارگانیسم‌ها که تصور می‌شود همهٔ نوادگانِ فرگشتیِ نیایی مشترک را در بر می‌گیرند.

[v] دستِ کم مطابقِ آماری که جانورشناسان داده‌اند و، در این برهان، از پرندگان به عنوانِ نمونهٔ خوبی برایِ رده استفاده می‌کنم. تحقیقاتی که اخیراً بر رویِ فسیل‌ها انجام شده است از دایناسورهایی پَردار رونمایی می‌کند و کسی می‌تواند ادعا کند که برخی از حیواناتِ امروزی، که پرنده می‌خوانیم‌شان، از نوادگانِ گروهِ دیگری از دایناسورهایِ پَردار هستند. اگر کاشف به عمل بیاید که متأخرترین نیایِ مشترکِ همهٔ پرندگانِ امروزی حیوانی است که نمی‌توان آن را در ردهٔ پرندگان دسته‌بندی کرد، مجبورم این ادعایم را، که پرندگان ردهٔ خوبی تلقی می‌شوند، اصلاح کنم.

[vi] در ضمن، این احتمال مطرح شده که دلیلِ این غول‌پیکری مقدارِ بالاترِ اکسیژنِ موجود در جَو، در آن زمان، بوده است. حشرات شُش ندارند و از طریقِ لوله‌هایِ هوایِ ریزی تنفس می‌کنند که از سراسرِ بدن‌شان هوا را به درون می‌کشند. لوله‌هایِ هوا نمی‌توانند، به خوبیِ رگ‌هایِ خونی، سیستمِ توزیعِ <هوایِ> پیچیده و جامعی را ایجاد کنند و این احتمال وجود دارد که، به سببِ آن، اندازهٔ جثه کوچک‌تر شود. این حد در اتمسفری که ٪۳۵ اکسیژن داشته باشد —— در عوضِ ٪۲۱ اکسیژنی که ما برایِ تنفس در اختیار داریم —— بالاتر خواهد بود. این واقعیت می‌تواند توجیهِ قانع‌کننده‌ای برایِ

وجودِ سنجاقک‌هایِ غول‌پیکر باشد، اما لزوماً توجیهِ درستی نیست. اتفاقاً من همیشه برایم سؤال است که چرا، وقتی این همه اکسیژن در هوا وجود دارد، همیشه چیزی آتش نمی‌گیرد؟ شاید این اتفاق قبلاً می‌افتاده است. شاید آتش‌سوزیِ جنگل رایج‌تر از امروزه بوده است و فسیل‌ها هم نشان از تعدادِ زیادی گونه‌هایِ گیاهیِ مقاوم-به-آتش دارد. دلیلِ افزایشِ مقدارِ اکسیژنِ <جَو>، در دوره‌هایِ کَربُنیفروس و پِرمیَن به طورِ قطعی مشخص نیست. شاید با ذخیره شدنِ کربنِ فراوان، در قالبِ ذغال‌سنگ، در زیرِ زمین ارتباطی داشته باشد.

[vii] از آن جا که استادی سنتی بود و باور داشت که وظیفه‌اش تدریس به دانشجویان است، در فرهنگِ امروزی، که پژوهش را معیارِ ارزیابی قرار می‌دهد، دوام نمی‌آورد. با این که حتی یک مقاله هم به نامش چاپ نشده است، میراثی که از او به یادگار مانده است نسل‌هایی از دانشجویانِ قدردانی است که از خرد یا دستِ کم بخشی از دانشِ او بهره برده‌اند.

[viii] این حرف به نظر درست می‌آید. *فرهنگِ نقل‌قول‌هایِ آکسفورد* احتمال می‌دهد که واژهٔ «دریاها» (seas)، که مکرراً نقل‌قول شده است، اشتباهی چاپی بوده است که در نسخهٔ اصلیِ میسفیلد، متعلق به سالِ ۱۹۰۲، رخ داده است. این اشتباه نمونه‌ای بسیار خوب از میم‌هایِ جهش‌یافتهٔ موفق است.

پی‌نوشتِ ویراستار: میم (meme) یا مِم (mème) ایده، رفتار یا روشی است که از طریقِ فرهنگ از فردی به فردِ دیگر منتشر می‌شود (اغلب با هدفِ انتقالِ یک پدیدهٔ مشخص، موضوع یا معنایی که توسطِ آن بازنمایی می‌شود). یک مم به عنوانِ واحدی عمل می‌کند برای انتقالِ ایده‌هایِ فرهنگی، نمادها، یا رسم‌هایی که قابلِ انتقال هستند از ذهنی به ذهنِ دیگر از طریقِ نوشتار، سخنرانی، ژست‌ها، مناسک یا سایر پدیده‌هایِ تقلیدپذیر با مضمونی قابلِ تقلید. واژهٔ «مم» نوواژه‌ای است که توسطِ ریچارد داوکینز وضع شده است. این واژه از کتابِ داوکینز به نامِ ***ژنِ خودخواه*** در سال ۱۹۷۶ برآمده است. واژهٔ میم شکلِ کوتاه‌شدهٔ واژهٔ یونانیِ *میما* به معنیِ «امرِ تقلیدشده» برگرفته از *مایمایستای* «تقلید کردن» برگفته از میموس است. داوکینز این واژه را وضع کرد تا اصولِ

نظریهٔ تکامل را برای ایضاحِ نشرِ عقاید و پدیده‌هایِ فرهنگی بکار گیرد. نمونه میم‌هایی که در کتابِ ***ژنِ خودخواه*** معرفی شده‌اند شاملِ تصنیف‌ها، احادیث و ضرب‌المثل‌ها، مد و تکنولوژی ساخت طاق‌هاست. *دانشنامهٔ اینترنتیِ ویکی‌پدیا*

[ix] طبقِ چیزی که به من گفته‌اند، این واژه خیلی در یونانی معنایِ درستی نمی‌دهد. اگر *پروگانوکلیس (Progonochelys)* بود، کاملاً معنایِ درستی می‌داشت. معنایِ آن چیزی در مایه‌هایِ «لاک‌پشتِ زمینیِ نیاکانی» یا «لاک‌پشتِ زمینیِ اولیه» است و به نظرِ من احتمالاً نویسندگانی که، برایِ اولین بار، این نام را انتخاب کردند، منظورشان همین بوده است. متأسفانه، قواعدِ نام‌گذاریِ جانورشناختی بسیار سخت‌گیرانه است و، به محضِ این که نامی در نشریاتِ مربوط به نام‌گذاری جا گرفت، حتی اگر اشتباهِ محض هم باشد، تغییرِ آن ناممکن است. شاخهٔ آرایه‌شناسی از این اشتباهاتِ فسیل‌شده پر است. یکی از مثال‌هایِ موردِ علاقهٔ من *کایا (Khaya)*، نامِ سردهٔ درختِ ماهونِ آفریقایی (African mahogany)، است. مطابقِ روایتی نامعتبر (که خیلی دلم می‌خواهد آن را باور کنم)، معنی‌اش «نمی‌دانم» است، با این معنایِ نهفتهٔ مفروض که «برایِ من اهمیتی ندارد و چرا دست از پرسیدنِ سؤالاتِ احمقانه دربارهٔ نامِ گیاهانِ مختلف دست بر نمی‌داری؟».

## فصلِ ۷: افرادِ گم‌شده؟ دیگر گم‌شده نیستند

داروین ، در معروف‌ترین اثرِش، ***خاستگاهِ گونه‌ها***، دربارهٔ فرگشتِ انسان تنها این ده واژهٔ سرنوشت‌ساز را به کار برد: «نور بر خاستگاهِ انسان و گذشتهٔ او افکنده خواهد شد».[۱] این جمله‌بندیِ او در ویراستِ اولِ کتاب است و من هم همیشه از همین ویراست نقلِ‌قول می‌کنم، و هر وقت از ویراست‌هایِ دیگر نقلِ قول می‌کنم همیشه یادآوری می‌کنم. در ویراستِ ششم، که آخرین ویراستِ کتاب است، داروین به خود اجازه داد که یک نکته را بیشتر بسط دهد و جملهٔ قبل را این‌گونه تغییر داد: « نورِ بسیار بر خاستگاهِ انسان و گذشتهٔ او افکنده خواهد شد». قلمش را تصور می‌کنم که رویِ ویراستِ پنجمِ کتاب ثابت مانده است و این مردِ بزرگ دارد تأمل می‌کند که آیا اجازهٔ استفاده از واژهٔ اضافیِ «بسیار[۲]» را به خود بدهد یا نه. حتی با این واژهٔ اضافی هم، این جمله نوعی کوتاهیِ حساب‌شده در بیانِ حقیقت است.

داروین، از عمد، پرداختن به موضوعِ فرگشتِ انسان را به کتابی دیگر، یعنی ***تبارِ انسان***[۳]، موکول می‌کند. احتمالاً جایِ شگفتی نیست که دو جلد از این کتاب بیشتر به زیرعنوانِ آن، ***انتخاب در ارتباط با سکس***[۴]، پرداخته است (و این موضوع را بیشتر در پرندگان بررسی کرده است) تا فرگشتِ انسان. به این دلیل جایِ شگفتی ندارد که، وقتی داروین در حالِ نوشتنِ این کتاب بود، هیچ گونه فسیلی وجود نداشت که ارتباطِ ما را با نزدیک‌ترین خویشاوندان‌مان در میانِ کَپی‌ها[۵] نشان دهد. داروین، برایِ تحقیقش، فقط به کَپی‌هایِ زنده دسترسی داشت و به خوبی هم از آن‌ها استفاده کرد.

---

[۱] در واقع جملهٔ انگلیسی دوازده کلمه است: ‘Light will be thrown on the origin of man and his history’.

[2] much

[3] The Descent of Man

[4] Selection in Relation to Sex

[5] ape

او به درستی (و تقریباً دستِ تنها) استدلال کرد که نزدیک‌ترین خویشاوندانِ زنده‌مان همگی آفریقایی هستند (این خویشاوندان شاملِ گوریل‌ها و شامپانزه‌ها می‌شد — بونوبوها[1]، در آن زمان، گونهٔ مستقلی از شامپانزه‌ها تلقی نمی‌شدند، اما آن‌ها هم آفریقایی بودند). از این رو، نتیجه گرفت که اگر قرار است فسیلی از نیاکانِ انسان یافت شود، باید آن را در آفریقا جست. کم بودنِ فسیل‌ها مایهٔ تأسفِ داروین بود، اما رویکردی بسیار جسورانه نسبت به این امر اتخاذ کرد. داروین، با نقلِ قول از لایِل[2]، اشاره کرد که «در همهٔ رده‌هایِ مهره‌داران، کشفِ بقایایِ فسیلی همچنان فرآیندی شدیداً آهسته و اتفاقی است». همچنین، اضافه کرد که «این نکته نیز نباید فراموش شود که زمین‌شناسان هنوز آن مناطقی را جست-و-جو نکرده‌اند که احتمالاً حاویِ بقایایی هستند که انسان را به بعضی موجوداتِ کَپی‌گونهٔ منقرض‌شده مربوط کند». منظورش البته آفریقا بود و افرادی که بلافاصله پس از او آمدند کمکی به این جست-و-جو نکردند، چرا که به جایِ جست-و-جو در آفریقا، آسیا را گشتند.

در واقع، کاوش در آسیا بود که، برایِ اولین بار، باعث شد از بارِ گم‌شده بودنِ «حلقه‌هایِ گم‌شده» کاسته شود. اما فسیل‌هایی که برایِ اولین بار کشف شدند نسبتاً متأخر بودند. یعنی کمتر از یک میلیون سال عمر داشتند و متعلق به زمانی بودند که انسانیان[3] به انسان‌هایِ امروزی بسیار نزدیک بودند و از آفریقا مهاجرت کرده و به خاورِ دور[4] رسیده بودند. این <فسیل‌ها>، بر اساسِ محلِ کشف‌شان، «انسانِ جاوه‌ای[5]» و «انسانِ پکنی[6]» نامیده شدند.[i] مردِ جاوه‌ای را انسان‌شناسِ هلندی، اُژِن

---

[1] bonobo

[2] Lyell

[3] hominid؛ در منابعِ فارسی «آدمان» و «آدمیان» نیز گفته‌اند. *فرهنگِ بزرگِ زیست‌شناسی*، رحیمِ هنرنژاد، انتشاراتِ فرهنگِ معاصر

[4] the Far East

[5] Java Man

[6] Peking Man

دوبوآ[1]، در سالِ ۱۸۹۱، کشف کرد. وی این فسیل را *پیتِکانتروپوس*[2] *اِرِکتوس*[3] نامید که بیانگرِ این باورِ او بود که به هدفش در زندگی دست یافته و «حلقهٔ گم‌شده» را یافته است. دو گروهِ متضاد با او از درِ مخالفت در آمدند که مخالفت‌شان بیشتر ثابت‌کنندهٔ حرفِ دوبوآ بود: برخی می‌گفتند که این فسیلِ کاملاً فسیلِ یک انسان و دیگران می‌گفتند که فسیلِ گیبونی[4] (میمونِ درازدست) غول‌پیکر است. بعدها، دوبوآ در زندگی‌اش، که آمیخته بود با عصبانیت و پرخاشگری، همیشه ناراحت بود از این که عده‌ای می‌گفتند فسیل‌هایِ انسانِ پکنی، که پس از انسانِ جاوه‌ای کشف شده بود، شباهتِ زیادی به انسانِ جاوه‌ایِ او دارند. دوبوآ، اگر نگوییم حسِّ محافظت، اما احساسِ مالکیتِ شدیدی نسبت به فسیلش داشت و بر این عقیده بود که انسانِ جاوه‌ای یگانه حلقهٔ گم‌شدهٔ واقعی است. برایِ این‌که بر تمایزِ <فسیلش> از چند فسیلِ انسانِ پکنی تأکید کند می‌گوید که آن فسیل‌ها بیشتر به انسانِ امروزی شبیه‌اند و فسیل‌هایِ انسانِ جاوه‌ایِ ترینیل[5] خودش میانجیِ بینِ انسان و کَپی است:

> *پیتِکانتروپوس* [انسانِ جاوه‌ای] انسان نبود، بلکه سَرده‌ای غول‌پیکر و مرتبط به گیبون‌ها بود اما، به سببِ حجمِ بسیار بالایِ مغزش، از گیبون‌ها برتر بود و به دلیلِ توانایی راست ایستادن و گام برداشتنش با آن‌ها تمایز داشت. سفالیزاسیونِ (نسبتِ اندازهٔ مغز به بدن)[6] انسانِ جاوه‌ای دو برابرِ کَپی‌هایِ انسان‌نما و نصفِ انسان بود. . .

---

[1] Eugene Dubois

[2] برگرفتهٔ از دو واژهٔ یونانی pithekos (میمون) و anthropos (انسان). ویراستار

[3] *Pithecanthropus erectus*

[4] gibbon

[5] Trinil

[6] cephalization

حجمِ عجیبِ مغزش بود که به این ایدهٔ تقریباً کلی منجر شد که «کَپیِ انسان‌نما»[1]یِ ترینیلِ جاوه واقعاً انسانی بدوی بوده است. چرا که حجمِ مغزِ آن، در مقایسه با کَپیِ انسان‌نما، خیلی بزرگ و، در مقایسه با میانگینِ مغزِ انسان، کوچک‌تر بود، البته از کوچک‌ترین مغزِ انسان کوچک‌تر نبود. اما از لحاظِ ریخت‌شناختی[2]، فرقِ سرِ آن شباهتِ زیادی به فرقِ سرِ کَپی‌هایِ انسان‌نما، مخصوصاً گیبون‌ها، داشت. . .

وقتی دیگران حرفِ دوبوآ را این‌گونه تفسیر کردند که *پیتِکانتروپوس* صرفاً گیبونی غول‌پیکر است، نه میانجی‌ای میانِ گیبون‌ها و انسان، خُلقش از قبل هم بدتر شد. با رنجِ فراوان، مدام دیدگاهِ اولیه‌اش را تکرار می‌کرد: «من هنوز معتقدم و، اکنون، بیش از همیشه، که *پیتِکانتروپوسِ* ترینیل حلقهٔ گم‌شدهٔ واقعی است.»

آفرینش‌باوران هم هر از گاهی از این اتهام — این‌که دوبوآ از ادعایش که *پیتِکانتروپوس* میانجی‌ای بینِ انسان و کَپی بوده کوتاه آمده است — به عنوانِ سلاحِ سیاسی استفاده می‌کنند. اما تشکیلاتِ آفرینش‌باورِ *انسرز این جنسیس*[3] این مقوله را هم به سیاههٔ استدلال‌هایِ ردشده اضافه کرده است که یعنی چنین استدلال‌هایی نباید در مباحثه مطرح شوند. اصلاً این را که چنین سیاهه‌ای دارند مایهٔ اعتبارِ خود می‌دانند. همان گونه که گفتم، اکنون ثابت شده است که گونه‌هایِ *پیتِکانتروپوسِ* جاوه و پکن بسیار جوان‌اند و کمتر از یک میلیون سال عمر دارند. اکنون، آن‌ها، با حفظِ نامِ خاصِ *اِرِکتوس* که دوبوآ انتخاب کرده بود، به همراهِ ما، در سردهٔ *هومو* دسته‌بندی می‌شوند: *هومو اِرِکتوس*[4].

---

[1] anthropoid ape

[2] morphology

[3] Answers in Genesis به معنای پاسخ‌ها در باب پیدایش.

[4] Homo erectus

دوبوآ بخشِ نامناسبی از جهان را برایِ جست-و-جویِ «حلقهٔ گم‌شده»، که تمامِ همّ-و-غمش بود، انتخاب کرده بود. طبیعی است که فردی هلندی اول به هندِ شرقیِ مستعمرهٔ هلند برود. اما، فردِ بادغدغه‌ای چون او باید به پندِ داروین گوش می‌داد و به آفریقا می‌رفت. چرا که، همان گونه که در ادامه خواهیم دید، آفریقا محلِ فرگشتِ نیاکانِ ماست. پس، این *هومو ارکتوس*ها خارج از آفریقا چه کار می‌کردند؟ عبارتِ «خارج از آفریقا[1]» را از کارن بلیکسن[2]، برایِ اشاره به مهاجرتِ دسته‌جمعیِ نیاکان‌مان از آفریقا، به عاریت گرفته‌ام. اما دو مهاجرتِ دسته‌جمعی <در طولِ تاریخ> رخ داده است که نباید با یک‌دیگر اشتباه گرفته شوند. چیزی حدودِ کمتر از ۱۰۰،۰۰۰ سالِ پیش، که تقریباً زمانِ متأخری محسوب می‌شود، خیلِ عظیمی از *هومو ساپینس*ها[3]، که شباهتِ خیلی زیادی به ما داشتند و همهٔ گوناگونی‌هایِ نژادی را، که امروزه در جهان وجود دارند، دارا بودند، آفریقا را ترک کردند. (این گوناگونی‌هایِ نژادی شاملِ بومیانِ آمریکا، بومیانِ استرالیا، چینی‌ها، و غیره بودند.) عبارتِ «خارج از آفریقا» معمولاً به این مهاجرتِ دسته‌جمعیِ اخیر اشاره دارد. اما قبل از آن نیز خروجِ دسته‌جمعیِ دیگری از آفریقا صورت گرفته است و آن پیشتازانِ *ارکتوس* از خود فسیل‌هایی را در آسیا و اروپا، از جمله جاوه و پکن، به جا گذاشته‌اند. قدیمی‌ترین فسیلِ شناخته‌شده در خارج از آفریقا در گرجستان[4]، در مرکزِ آسیا، یافت شد و «انسانِ گرجی[5]» نام گرفت. این فسیل متعلق به موجودی بسیار کوچک است که قدمتِ جمجمه‌اش (که نسبتاً خوب حفظ شده است)، بر اساسِ روش‌هایِ امروزی، حدودِ ۱/۸ میلیون سالِ پیش تخمین زده شده است. بعضی از آرایه‌شناسان آن را *هومو گئورگیکوس*[6] نامیده‌اند (البته بعضی دیگر آن را گونه‌ای مجزا نمی‌دانند) تا نشان دهند

---

[1] out of Africa

[2] Karen Blixen

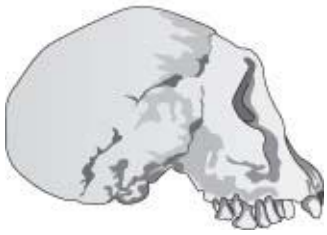
[3] *Homo sapiens*

[4] Georgia

[5] Georgian Man

[6] *Homo georgicus*

که، نسبت به دیگر «پناهندگانِ» آفریقایی، که همگی در ردهٔ *هومو ارِکتوس* دسته بندی می‌شوند، بدوی‌تر است. تعدادی ابزارِ سنگی، که اندکی قدیمی‌تر از انسانِ گرجی بودند، نیز در مالزی[1] کشف شد. این کشفیات روندِ جست-و-جویی جدید را برایِ استخوان‌هایِ فسیل‌شده در آن شبه‌جزیره رقم زد. اما همهٔ این فسیل‌هایی که ابتدا کشف شدند قرابتِ زیادی به انسانِ امروزی دارند و، امروزه، همگی در سَردهٔ[2] *هومو* دسته‌بندی می‌شوند. برایِ یافتنِ پیشینیانِ قدیمی‌تر باید به آفریقا برویم. اما، نخست، بیایید دربارهٔ این موضوع تأمل کنیم که از یک «حلقهٔ گم‌شده» باید چه انتظاراتی داشته باشیم.



**شکل ۳۱ - هومو گِئورگیکوس**

**شکل ۳۲ - شامپانزه**

برایِ پیشبردِ بحث، فرض کنید که معنیِ اشتباهِ اصطلاحِ «حلقهٔ گم‌شده» را جدی گرفته‌ایم و در جست-و-جویِ میانجی‌ای بینِ شامپانزه‌ها (شکل ۳۲) و خودمان هستیم. ما از نوادگانِ شامپانزه‌ها نیستیم، اما اگر بگوییم که نیایِ مشترک‌مان با شامپانزه‌ها بیشتر به شامپانزه شبیه بوده است تا به ما پر

[1] Malaysia

[2] *Homo*

بی‌راه نگفته‌ایم. تفاوتِ اصلی‌اش با ما این است که مغزش به بزرگیِ ما نبوده، احتمالاً صاف راه نمی‌رفته، بسیار پشمالوتر از ما بوده و، مطمئناً، از ویژگی‌هایِ پیشرفتهٔ انسانی چون زبان بی‌بهره بوده است. با این که باید در برابرِ این کژفهمیِ رایج، که ما از نوادگانِ شامپانزه‌ها هستیم، محکم بایستیم، ضرری ندارد که بپرسیم اگر بینِ ما و شامپانزه‌ها قرار بوده چیزی باشد چه شکل و شمایلی ممکن بود داشته باشد.

از مو و زبان[1] که فسیلِ چندانی به جا نمی‌ماند، اما، از رویِ جمجمه، چیزهایی دربارهٔ اندازهٔ مغز دستگیرمان می‌شود و، از رویِ کلِ اسکلت هم، شواهدی دربارهٔ نحوهٔ راه رفتن به دست می‌آوریم (کلِ اسکلت، از جمله جمجمه؛ چرا که، *سوراخِ بزرگِ پسِ سری*[2] (سوراخی که نخاع از آن می‌گذرد)، در دوپایان[3]، به سمتِ پایین میل دارد و، در چهارپایان[4]، به سمتِ عقب. گزینه‌هایِ احتمالی برایِ حلقهٔ گم‌شده می‌تواند یکی از ویژگی‌هایِ زیر را داشته باشد:

۱. اندازهٔ مغز و نحوهٔ راه رفتنی میانه، چیزی در مایه‌هایِ با قوز قدم برداشتن، نه چیزی مثلِ سیخ ایستادنی که موردِ پسندِ نظامی‌ها و خانم معلم‌هایِ قدیمی است.

۲. مغزی به بزرگیِ مغزِ شامپانزه و استوار قدم برداشتنِ انسان.

۳. مغزی بزرگ، که بیشتر به مغزِ انسان شباهت دارد، اما چهارپا راه رفتنی همچون شامپانزه.

پس، با در نظر داشتنِ این احتمالات، بیایید چند تا از پرشمار فسیلِ آفریقایی را — که ما امروزه به آن‌ها دسترسی داریم اما، متأسفانه، داروین به آن‌ها دسترسی نداشته است — بررسی کنیم.

---

[1] منظور گفتار (language) است و نه زبانِ واقعی که با آن (و نه به آن) صحبت می‌کنیم. ویراستار

[2] *foramen magnum*

[3] bipeds

[4] quadrupeds

## من هنوز هم، به طرزِ شیطنت‌آمیزی، امید دارم . . .

شواهدِ مولکولی (که در فصلِ ۱۰ به آن خواهم پرداخت) نشان می‌دهد که نیایِ مشترکِ ما و شامپانزه چیزی حدودِ شش میلیون سالِ پیش، یا اندکی قبل‌تر، می‌زیسته است. پس، چطور است میانگینِ این عدد را در نظر بگیریم و به فسیل‌هایِ حدودِ سه میلیون سالِ پیش نگاهی بیاندازیم. معروف‌ترین فسیلِ این دوره لوسی نام دارد. کاشفِ آن، دونالد جوآنسون، آن را در ردهٔ *استرالوپیتکوس آفارنسیس*[1] دسته‌بندی کرده است. متأسفانه، تنها تکه‌هایی از کاسهٔ سرِ[2] لوسی را در اختیار داریم، اما فکِ پایینِ او، به طرزِ عجیبی، خوب مانده است. مطابقِ معیارهایِ امروزی، لوسی کوچک تلقی می‌شود، اما نه به کوچکیِ *هومو فلورسینسیس*[3]. (نشریات این موجودِ کوچک را، به طرزِ آزاردهنده‌ای، «هابیت[4]» نام نهادند. این موجود، به طرزِ عجیبی نزدیک به عصرِ ما، در جزیرهٔ فِلورِسِ اندونزی، منقرض شده است.) اسکلتِ لوسی آن‌قدر کامل هست که بتوان استنباط کرد که راست، رویِ زمین، راه می‌رفته است اما، احتمالاً می‌توانسته است سریع هم از درختان بالا برود و رویِ آن‌ها پناه بگیرد. شواهدی قوی وجود دارد که نشان می‌دهد استخوان‌هایِ منسوب به لوسی، همگی، متعلق به یک فرد بوده‌اند. این مطلب دربارهٔ، به اصطلاح، «نخستین خانواده[5]» صدق نمی‌کند. («نخستین خانواده» عنوانی است که به مجموعه‌ای از استخوان‌ها داده شده که، دستِ کم، متعلق به سیزده نفر است. این افراد به لوسی شباهت دارند و در دوره‌ای تقریباً یکسان زندگی می‌کرده‌اند. آن‌ها نیز در اتیوپی[6]، به نحوی، با هم مدفون شده بودند.) با در کنارِ هم قرار دادنِ پاره‌هایی از لوسی و نخستین خانواده، می‌توانیم تصورِ خوبی از شکلِ *استرالوپیتکوس آفارنسیس* به دست بیاوریم. اما سخت است که، بر اساسِ تکه‌هایی

---

[1] *Australopithecus afarensis*

[2] cranium

[3] *Homo floresiensis*

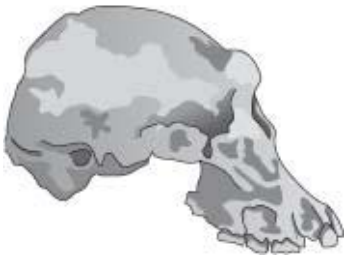
[4] the Hobbit

[5] First Family

[6] Ethiopia

که از چند فردِ مختلف به دست آمده است، بازسازی‌ای معتبر و کامل داشته باشیم. خوش‌بختانه، جمجمه‌ای نسبتاً کامل، که AL 444-2 نام گرفت (شکل ۳۳)، در سالِ ۱۹۹۲، در همان منطقه از اتیوپی به دست آمد و بازسازی‌هایِ آزمایشی را، که قبلاً انجام شده بودند، تأیید کرد.

نتایجِ حاصل از مطالعه بر رویِ لوسی و هم‌نوعانش نشان می‌دهد که مغزِ آن‌ها تقریباً هم‌اندازهٔ شامپانزه بوده است، اما، بر خلافِ شامپانزه‌ها و مانندِ ما، راست، رویِ دو پایِ عقب‌شان، راه می‌رفته‌اند (دومین مورد از سه سناریویِ فرضیِ ما). «لوسی‌ها» چیزی در مایه‌هایِ شامپانزه‌هایی بوده‌اند که راست راه می‌رفته‌اند. ردِ پاهایی که ماری لیکی[1]، در خاکسترهایِ آتش‌فشانیِ فسیل‌شده، کشف کرد، این ردِ پاهای شگفت‌انگیز و تحریک‌کنندهٔ قوهٔ تخیل، دوپا بودنِ آن‌ها را به طورِ قطع تأیید کرد. این ردِ پاها، دورتر و در جنوب، در لایتولیِ[2] تانزانیا[3]، کشف شدند و قدیمی‌تر از لوسی و AL 444-2 بودند؛ یعنی متعلق به حدودِ ۳/۶ میلیون سالِ پیش. آن‌ها منسوب به دو *استرالوپیتکوس آفارنسیس* بودند که با هم راه می‌رفته‌اند؛ شاید دست در دستِ یک‌دیگر. اما چیزی که اهمیت دارد این است که، ۳/۶ میلیون سالِ پیش یا قبل از آن، کَپی‌ای راست‌قامت، بر رویِ دو پا راه می‌رفته است که بسیار به ما شباهت داشته، اما مغزش به اندازهٔ شامپانزه بوده است .



**شکل ۳۳ – AL 444-2**

[1] Mary Leakey

[2] Laetoli

[3] Tanzania

بسیار محتمل به نظر می‌رسد که نیاکانِ ما در سه میلیون سالِ پیش از نسلِ گونه‌هایی باشند که *استرالوپیتکوس آفارنسیس* می‌خوانیم‌شان؛ یعنی گونه‌ای که لوسی به آن تعلق داشته است. فسیل‌هایِ دیگری نیز، به عنوانِ گونه‌هایِ مختلفی از همان سرده، دسته‌بندی شده‌اند و تقریباً مطمئنیم که نیاکانِ ما عضوی از آن سرده بوده‌اند. اولین جنوبی‌کَپی‌آسایی (استرولوپیتسینی)[1] که کشف شد به نامِ «کودکِ تائونگ[2]» معروف شد و نمونهٔ شاخصِ این سرده قرار گرفت. یک عقاب، وقتی که کودکِ تائونگ سه‌سال‌ونیم داشته، او را خورده بوده است. مدرکش این است که آثاری که بر حفرهٔ چشم، بر رویِ فسیل، به جا مانده است به آثاری شباهت دارد که از حملهٔ عقاب‌هایِ امروزی به چشمِ میمون‌هایِ امروزی ناشی می‌شود. کودکِ تائونگِ بیچاره! زمانی که، شیون‌کنان در باد، در چنگالِ خشمِ عقاب، در میانِ زمین و هوا، گرفتار شده بود، شهرتی که دو و نیم میلیون سالِ بعد برایش به ارمغان آمد، وقتی عنوانِ نمونهٔ شاخصِ *استرالوپیتکوس آفریکانوس*[3] شناخته شد، نمی‌توانست تسلایِ خاطری برایش باشد. بیچاره مادرِ تائونگ که در دورهٔ پلیوسِن[4] گریه و فغان سر می‌داد!

نمونهٔ شاخصْ نخستین فردی است که از یک گونه کشف و نام‌گذاری می‌شود و، در موزه، رسماً به عنوان نمونه‌ای خالص شناخته می‌شود. از لحاظِ نظری، کشف‌هایِ بعدی را با نمونهٔ شاخص مقایسه می‌کنند تا میزانِ تطابق‌شان را بسنجند. رِیموند دارت[5]، انسان‌شناسِ اهلِ آفریقایِ جنوبی، کودکِ تائونگ را، در سالِ ۱۹۲۴، کشف و نامی جدید را برایِ سرده و گونهٔ آن انتخاب کرد.

تفاوتِ میانِ گونه و سرده چیست؟ بگذارید، پیش از ادامهٔ بحث، خیلی سریع تکلیفِ این موضوع را مشخص کنیم. سرده دستهٔ بزرگ‌تری است. گونه به یک سرده تعلق دارد و معمولاً، به

---

[1] Australopithecine

[2] Taung Child

[3] *Australopithecus africanus*

[4] Pliocene

[5] Raymond Dart

همراهِ گونه‌هایی دیگر، در آن سرده قرار می‌گیرد. *هومو ساپینس* و *هومو ارکتوس* دو گونه از یک سرده، به نامِ *هومو*، هستند. *استرالوپیتکوس آفریکانوس* و *استرالوپیکوس آفارنسیس* دو گونه از یک سرده، به نامِ *استرالوپیتکوس* هستند. نامِ لاتینِ یک حیوان یا گیاه همیشه شاملِ یک نامِ سرده (با حرفِ اولِ بزرگ <در الفبایِ لاتین>) و، پس از آن، یک نامِ گونه (با حرفِ اولِ کوچک) است. هر دو نام، با حروفِ مورب (*ایتالیک*) نوشته می‌شوند. گاه یک زیرگونه نیز در نامِ <علمیِ یک موجود> ذکر می‌شود که پس از نامِ گونه می‌آید، مثلِ *هومو ساپینس نئاندرتالنسیس*[1]. خیلی اوقات آرایه‌شناسان دربارهٔ نام‌ها با هم بحث می‌کنند. مثلاً، بسیاری از آنان، به جایِ *هومو ساپینس نئاندرتالنسیس*، ترجیح می‌دهند بگویند *هومو نئاندرتالنسیس* و، بدین گونه، نئاندرتال‌ها را از جایگاهِ زیرگونه به گونه ترفیعِ درجه می‌دهند. خیلی اوقات بر سرِ نامِ سرده‌ها و گونه‌ها هم بحث می‌کنند و ، با هر تصحیحِ جدید در نوشته‌هایِ علمی، این نام‌ها نیز خیلی اوقات تغییر می‌کنند. *پارانتروپوس بویسی*[2]، در زمانِ <کشفِ> خود، *زینجانتروپوس بویسی*[3] و *استرالوپیتکوس بویسی*[4] *iii* خوانده می‌شد و، هنوز هم، به طورِ غیرِ رسمی، یک استرالوپیتسینِ تنومند تلقی می‌شود (بر خلافِ دو گونهٔ گراسیل[5] (به معنیِ «باریک اندام») از <سردهٔ> *استرالوپیتکوس* که در بالا ذکر شد). یکی از مطالبِ عمدهٔ این فصل ماهیتِ دلبخواهی و قراردادیِ دسته‌بندی‌هایِ جانورشناسی است.

ریموند دارت نامِ *استرالوپیتکوس* را برایِ کودکِ تائونگ، این نمونهٔ شاخصِ سرده، برگزید و حال ما مانده‌ایم و این نامِ ملال‌آور و عاری از خلاقیت برایِ جدّمان. این واژه، خیلی ساده، به معنیِ «کَپیِ جنوبی» است. هیچ ربطی به استرالیا ندارد و واژهٔ «استرالیا» هم به معنیِ «کشورِ جنوبی» است.

---

[1] *Homo sapiens neanderthalensis*

[2] *Paranthropus boisei*

[3] *Zinjanthropus boisei*

[4] *Australopithecus boisei*

[5] gracile

ممکن است فکر کنید که کاش دارت نامِ خلاقانه‌تری را برایِ چنین سردهٔ مهمی بر می‌گزید. شاید حتی می‌توانسته است حدس بزند که دیگر اعضایِ این گونه، در شمالِ استوا[1]، یافت خواهند شد.

یکی از جمجمه‌هایی که بسیار عالی نگه داشته شده است — با این که فکِ پایینش نیست — «خانمِ پِلِس[2]» نام دارد که کمی پیرتر از کودکِ تائونگ است. خانمِ پِلِس، که احتمالاً، در واقع، جنسِ مذکری کوچک بوده است و نه یک جنسِ مؤنثِ کوچک، به این خاطر چنین نامِ مستعاری پیدا کرد که، در آغاز، به عنوانِ عضوی از سردهٔ *پِلِسیانتروپوس*[3] تشخیص داده شد. معنایِ آن «تقریباً انسان» است که نسبت به «کَپیِ جنوبی» نامِ بهتری تلقی می‌شود. ممکن است کسی امید می‌داشت که آرایه‌شناسانِ بعدی، که فهمیدند خانمِ پِلِس و دیگر هم‌نوعانش، در واقع، با کودکِ تائونگ متعلق به یک سرده هستند، نامِ همهٔ آن‌ها را به *پِلِسیانتروپوس* تغییر می‌دادند. متأسفانه، قواعدِ نام‌گذاریِ جانورشناسی، تا مرزِ ملانقطی بودن، سخت‌گیرانه‌اند. تقدمِ زمانیِ نام‌ها به مناسبت و منطقی بودنِ آن‌ها ارجحیت دارد. ممکن است «کَپیِ جنوبی» نامِ پلشتی باشد، اما اهمیتی ندارد. چیزی که مهم است این است که زودتر از نامِ عقلانی‌ترِ *پِلِسیانتروپوس* انتخاب شده است و گویا ما هم باید با آن بسازیم، مگر این که . . . من هنوز هم، به طرزِ شیطنت‌آمیزی، امید دارم که یک کسی، در یکی از کشوهایِ خاک‌گرفتهٔ یکی از موزه‌هایِ آفریقایِ جنوبی، فسیلی فراموش‌شده را بیابد که مشخصاً هم‌نوعِ خانمِ پِلِس و کودکِ تائونگ باشد، اما رویِ برچسبش، با دست‌خطی خرچنگ‌قورباغه‌ای نوشته شده باشد «نمونهٔ شاخص[4] *همیانتروپوس*[5]، ۱۹۲۰». در یک چشم به هم زدن، تمامِ موزه‌هایِ دنیا مجبور خواهند شد که نمونه‌ها و استخوان‌هایِ *استرالوپیتِکوس*ِ خود را تغییرِ نام دهند و تمامِ کتاب‌ها و مقالاتِ مربوط به هومونیدهایِ ماقبلِ تاریخ نیز باید مطابقِ آن عمل کنند. برنامه‌هایِ واژه‌پردازِ سراسرِ دنیا، به

---

[1] equator

[2] Mrs Ples

[3] *Plesianthropus*

[4] type specimen

[5] *Hemianthropus*

مرورِ زمان، تک-تکِ مواردِ «*استرالوپیتکوس*» را در می‌آورند و «*همیانتروپوس*» را جایگزین‌شان می‌کنند. هیچ مثالِ دیگری از قواعدِ بین‌المللی در ذهن ندارم که آن قدر قدرتمند باشد که، یک شبه، تغییری زبانی را در سراسرِ دنیا و با عطفِ به ماسبق دیکته کند.

**شکل ۳٤ - «خانمِ پِلِس»**

حال می‌رسم سر وقتِ نکتهٔ مهمِ بعدی دربارهٔ حلقه‌هایِ گم‌شدهٔ ادعایی و ماهیتِ دلبخواهی بودنِ نام‌ها. مطمئناً، وقتی که نامِ خانمِ پِلِس از *پِلِسیانتروپوس* به *استرالوپیتکوس* تغییر کرد، در دنیایِ واقعی آب هم از آب تکان نخورد. احتمالاً هیچ کس هم توقعِ چیزی جز این ندارد. اما موردِ مشابهی را در نظر بگیرید که فسیلی موردِ ارزیابیِ مجدد قرار می‌گیرد و، به دلایلِ آناتومیک، از سرده‌ای به سرده‌ای دیگر منتقل می‌شود. یا وقتی که انسان‌شناسانِ رقیب جایگاهِ آن را در سرده موردِ بحث قرار می‌دهند که این مورد بسیار رایج است. به هر حال، بنا به منطقِ فرگشت، حتماً مواردی وجود داشته‌اند که دقیقاً رویِ مرزِ دو سردهٔ مختلف، مثلاً *استرالوپیتکوس* و *هومو*، قرار می‌گرفته‌اند. ساده است که، پس از ارزیابیِ جمجمهٔ خانمِ پِلِس و یک *هومو ساپینس*، بگوییم «شکی نیست که این دو جمجمه متعلق به دو سردهٔ مختلف هستند». اگر (همان طور که تقریباً همهٔ انسان‌شناسانِ امروزی هم قبول دارند) فرض کنیم که همهٔ اعضایِ سردهٔ *هومو* از نوادگانِ نیاکانی هستند که به سرده‌ای به نامِ *استرالوپیتکوس* تعلق دارند، ضرورتاً از آن نتیجه می‌گیریم که، جایی در این زنجیرهٔ نوادگان از گونه‌ای به گونهٔ دیگر، حداقل یک مورد وجود داشته که دقیقاً رویِ مرز قرار داشته است. این نکته نکتهٔ مهمی است؛ پس، بگذارید وقتِ بیشتری را به آن اختصاص دهم.

**شکل ۳۵ - KNM ER 1813**

**شکل ۳۶ - KNM ER 1470**

شکلِ جمجمهٔ خانمِ پِلِس را، به عنوانِ نماینده‌ای از *استرالوپیتِکوس آفریکانوسِ* ۲/۶ میلیون سالِ پیش، در نظر بگیرید. حال، به قسمتِ بالاییِ جمجمهٔ شکل ۳۵، که KNM ER 1813 نام دارد، دقت کنید. سپس، به جمجمه‌ای که در شکل ۳۶ است و KNM ER 1470 نام دارد نگاه کنید. قدمتِ هر دو به تقریباً ۱/۹ میلیون سالِ پیش باز می‌گردد و عمدهٔ صاحب‌نظران هم هر دو را متعلق به سردهٔ *هومو* می‌دانند. امروزه، <جمجمهٔ> ۱۸۱۳ تحتِ سردهٔ *هومو هابیلیس*[1] دسته‌بندی می‌شود، اما همیشه چنین نبوده است. تا همین اواخر، <جمجمهٔ> ۱۴۷۰ هم چنین وضعیتی داشت، اما، حال، جنبشی در حالِ شکل‌گیری است که آن را تحتِ *هومو رودُلفنسیس*[2] دسته‌بندی کنند. باز هم ملاحظه می‌کنیم که نام‌هایی که انتخاب می‌کنیم چقدر بی‌ثبات و گذرا هستند. اما مهم نیست: ظاهراً جایِ پایِ هر دویِ این‌ها در سردهٔ *هومو* محکم شده است. تفاوتِ مشهودِ میانِ خانمِ پِلِس و هم‌نوعانش در این

[1] *Homo habilis*

[2] *Homo rudolfensis*

است که صورت‌شان برآمده و محفظهٔ مغزشان کوچک‌تر است. از هر دو لحاظ، ۱۸۱۳ و ۱۴۷۰ بیشتر به انسان و خانمِ پِلِس بیشتر به کَپی شباهت دارد.

حال به جمجمهٔ داخلِ شکل ۳۷ بنگرید که «توئیگی[1]» لقب گرفته بود. امروزه، توئیگی، به طورِ معمول، تحتِ *هومو هابیلیس* دسته‌بندی می‌شود. اما پوزهٔ برآمدهٔ آن بیشتر یادآورِ خانمِ پِلِس است تا ۱۴۷۰ و ۱۸۱۳. احتمالاً از این موضوع متعجب نمی‌شوید که بعضی انسان‌شناسان توئیگی را جزءِ سردهٔ *استرالوپیتِکوس* دانسته‌اند و بعضی دیگر جزءِ سردهٔ *هومو*. در واقع، هر یک از این سه فسیل، در زمان‌هایِ مختلف، به عنوانِ *هومو هابیلیس* و *استرالوپیتِکوس هابیلیس* دسته‌بندی شده‌اند. همان گونه که قبلاً هم اشاره کردم، بعضی صاحب‌نظران، در بعضی مقاطع، نامِ گونه‌ای دیگر را بر ۱۴۷۰ نهاده‌اند و آن را از *هابیلیس* به *رودُلفِنیس* تغییر داده‌اند. و، سر جمع، نامِ گونهٔ *رودُلفِنیس* در کنارِ هر دو نامِ سردهٔ *استرالوپیتِکوس* و *هومو* آمده است. به طورِ خلاصه، در مقاطعِ مختلف، صاحب‌نظرانِ مختلف، این نام‌هایِ مختلف را به این سه فسیل اطلاق کرده‌اند:

**شکل ۳۷ – «توئیگی»**

KNM ER 1813: *استرالوپیتِکوس هابیلیس، هومو هابیلیس*

KNM ER *استرالوپیتِکوس هابیلیس، هومو هابیلیس،*

---

[1] Twiggy

1470: *استرالوپیتِکوس رودُلفِنیس، هومو رودُلفِنسیس*

OH 24 («توئیگی»): *استرالوپیتِکوس هابیلیس، هومو هابیلیس*

آیا این چنین پریشانی در نام‌گذاری باید به اعتمادِ ما به علمِ فرگشت خدشه وارد کند؟ کاملاً برعکس. اتفاقاً انتظارِ چیزی جز این نمی‌رود؛ چرا که این موجودات همگی میانجی‌هایی فرگشتی هستند، حلقه‌هایی که زمانی «گم‌شده» محسوب می‌شده‌اند و دیگر گم‌شده نیستند. اگر میانجی‌ای نزدیک به مرز وجود نمی‌داشت و در نام‌گذاریِ آن دچارِ مشکل نمی‌شدیم باید نگران می‌شدیم. در واقع، از منظرِ فرگشتی، اگر مجموعه فسیل‌هایِ به‌جامانده کامل‌تر می‌بود، تعیینِ نام‌هایِ مجزا ناممکن می‌شد. از منظری، کمیابیِ فسیل‌ها مایهٔ نیک‌بختی است. اگر فسیل‌هایِ به‌جامانده پیوسته و ناگسسته می‌بود، اختصاصِ نام‌هایِ مجزا به گونه‌ها و سرده‌ها ناممکن یا دستِ کم بسیار مشکل‌آفرین می‌شد. نتیجه‌گیریِ منصفانه‌ای است که بگوییم عاملِ اختلافاتِ گسترده در میانِ دیرین‌انسان‌شناسان — این که فسیلی با فلان و بهمان خصوصیات باید به این گونه یا سرده تعلق داشته باشد یا نه — عمیقاً و به نحوی جالب دعوا بر سرِ جزییاتِ بی‌اهمیت است.

این فرضْ فرضِ محالی است، اما تصورش را بکنید که به مجموعه‌ای از فسیل‌هایِ به‌هم‌پیوسته از تمامِ تغییراتِ فرگشتی دسترسی داشتیم و هیچ حلقهٔ گم‌شده‌ای هم وجود نداشت. حال، به چهار نامِ لاتینی که برایِ ۱۴۷۰ انتخاب شده‌اند فکر کنید. با نگاهی سطحی، به نظر می‌رسد که تغییر از *هابیلیس* به *رودُلفِنیس* تغییرِ کوچک‌تری باشد تا تغییر از *استرالوپیتِکوس* به *هومو*. دو گونهٔ متعلق به سرده‌ای یکسان به یک‌دیگر شبیه‌تراند تا دو گونهٔ متعلق به دو سردهٔ متفاوت. مگر این طور نیست؟ آیا مگر این منطقِ پشتِ تمایزِ در سطحِ سرده (مثلاً *هومو* یا *پان*[1]، به عنوانِ سرده‌هایی مختلف

[1] *Pan*

از کَپی‌های آفریقایی) و تمایز در سطحِ گونه (مثلاً *تروگلودیت*[1] یا *پانیسکوس*[2] در میانِ شامپانزه‌ها)، در سلسله‌مراتبِ دسته‌بندی‌ها نیست؟ خوب، بله. این حرف در موردِ دسته‌بندیِ حیواناتِ امروزی — که در نوکِ شاخهٔ درختِ فرگشت قرار دارند و نیاکان‌شان هم مدت‌هاست که داخلِ تاجِ درخت به آرامشِ ابدی فرو رفته‌اند و کاری به کارِ کسی ندارند — صدق می‌کند. طبیعتاً، آن شاخه‌هایی که خیلی عقب‌تر (داخلِ تاجِ درخت) به یک‌دیگر متصل می‌شوند شباهتِ کم‌تری به یک‌دیگر دارند تا آن‌هایی که نقطهٔ اتصال‌شان (آخرین نیایِ مشترک‌شان) به نوکِ درخت نزدیک‌تر است. چنین نظامی تا زمانی که نخواهیم پیشینیانِ مرده را دسته‌بندی کنیم جواب می‌دهد. اما، به محضِ این که بانکِ فسیلِ کاملِ فرضی‌مان را لحاظ کنیم، تمامِ این گسست‌هایِ محرز از بین می‌روند. به عنوانِ قاعده‌ای کلی، دیگر اطلاقِ نام‌هایِ مجزا ناممکن می‌شود. اگر، به طورِ پیوسته، به آرامی به زمانِ گذشته سفر کنیم (یعنی همان کاری را که، در فصلِ ۲، با خرگوش‌ها کردیم)، چنین چیزی را شاهد خواهیم بود.

همین طور که به رصدِ نیاکانِ *هومو ساپینس* (انسانِ امروزی) تا گذشته‌هایِ دور ادامه می‌دهیم، به نقطه‌ای خواهیم رسید که تفاوتِ آن‌ها با افرادِ زنده به جایی می‌رسد که شایستهٔ نامِ گونه‌ای جدید، مثلاً *هومو ارگاستر*[3]، می‌شوند. با وجودِ این، در هر گام، احتمالاً افراد به اندازهٔ کافی به والدین و فرزندان‌شان شباهت دارند که بتوانیم آن‌ها را اعضایِ گونه‌ای یکسان تلقی کنیم. حال، باز هم به گذشته‌هایِ دورتر سفر می‌کنیم و نیاکانِ *هومو ارگاستر* را دنبال می‌کنیم. سرانجام، به مقطعی خواهیم رسید که به افرادی بر می‌خوریم که به اندازهٔ کافی با *ارگاستر*هایِ رایج تفاوت دارند که شایستهٔ نامِ گونه‌ای جدید، مثلاً *هومو هابیلیس*، شوند. حال وقتِ نتیجه‌گیری از این برهان‌ها است. اگر باز هم به سفرِ خود به گذشته ادامه دهیم، در نقطه‌ای به افرادی بر خواهیم خورد که به اندازهٔ کافی از *هومو ساپینس*ِ امروزی متفاوت هستند که شایستهٔ نامِ سرده‌ای جدید، مثلاً *استرالوپیتکوس*،

---

[1] *troglodytes*

[2] *paniscus*

[3] *Homo ergaster*

باشند. مشکلی این جاست که «به اندازهٔ کافی از *هومو ساپینس* امروزی متفاوت» کاملاً با «به اندازهٔ کافی از بدوی‌ترین *هومو* (در این جا *هومو هابیلیس*) متفاوت» دو مسئلهٔ کاملاً متفاوت هستند. تولدِ اولین فردِ گونهٔ *هومو هابیلیس* را تصور کنید. والدینش *استرالوپیتکوس* بودند. بعد، خودش به سردهٔ متفاوتی از سردهٔ والدینش تعلق دارد؟ این که خیلی مضحک است! قطعاً هم همین طور است. اما این موضوع تقصیرِ طبیعت نیست. تقصیرِ انسان است که اصرار دارد هر چیزی را در دسته‌ای با نامی خاص زورچپان کند. در واقعیت، هیچ موجودی به نامِ نخستین نمونهٔ *هومو هابیلیس* وجود نداشته است. اصلاً چیزی به عنوانِ نخستین نمونهٔ یک گونه، یک سرده، یک راسته، یا یک شاخه وجود ندارد. هر موجودی که تا کنون زاده شده است، اگر جانورشناسی آن دور-و-بر وجود می‌داشت که آن را دسته‌بندی کند، دقیقاً آن را در گونهٔ یکسانی با والدین و فرزندانش قرار می‌داد. با وجودِ این، با اطلاعاتی که در عصرِ حاضر در اختیار داریم و به لطفِ — بله، در این موردِ خاص «*به لطف*» — این که بیشترِ حلقه‌ها مفقوداند، دسته‌بندیِ <موجودات در مجموعه‌هایی چون> گونه، سرده، خانواده، راسته، رده، و شاخه ممکن شده است.

همیشه می‌گویم کاش مجموعه فسیل‌هایی که داریم کامل و ناگسسته می‌بودند، آن گاه می‌توانستیم تغییراتِ فرگشتی را، همچون فیلمی ضبط‌شده، در حالِ رخ دادن مشاهده کنیم. مخصوصاً به این خاطر می‌گویم کاش چنین بود که کیفور می‌شدم وقتی که می‌دیدم جانورشناسان و انسان‌شناسانی که کلِ عمرِ خود را صرفِ دعوا بر سرِ این می‌کنند که فلان و بهمان فسیل به این گونه تعلق دارد یا آن گونه، به این سرده تعلق دارد یا به آن سرده، حسابی خیط می‌شدند. آقایانِ محترم! (نمی‌دانم چرا هیچ وقت خانم‌ها واردِ این دعوا نمی‌شوند) شما دارید بر سرِ واژگان با هم مجادله می‌کنید، نه واقعیت. همان گونه که خودِ داروین هم در کتابش، ***تبارِ انسان***، متذکر شده است، «در زنجیرهٔ گونه‌هایی که، تدریجی و غیرِ ملموس، از موجودی کَپی‌گونه به انسانی که امروزه وجود دارد تغییرِ شکل می‌دهند، هرگز نمی‌توانیم بر رویِ گونه‌ای خاص دست بگذاریم و بگوییم که برایِ آن باید از واژهٔ «انسان» استفاده کنیم».

حال بگذارید فسیل‌های مختلف را ارزیابی کنیم و به چند مورد از حلقه‌هایی که متأخرتراند و، با این که در زمانِ داروین گم‌شده محسوب می‌شدند، دیگر گم‌شده نیستند، نگاهی بیاندازیم. چه میانجی‌هایی را می‌توانیم بینِ خودِ و موجوداتِ مختلفی چون ۱۴۷۰ و توئیگی — که گاه *هومو* و گاه *استرالوپیتِکوس* خوانده می‌شوند — پیدا کنیم؟ تا این جا، با بعضی از آن‌ها، همچون انسانِ جاوه‌ای و انسانِ پکنی (که معمولاً *هومو اِرِکتوس* به حساب می‌آیند)، آشنا شدیم. اما آن دو در آسیا زندگی می‌کردند و دلایلی قوی داریم که نشان می‌دهند عمدهٔ فرگشتِ انسان باید در آفریقا رخ داده باشد. انسانِ جاوه‌ای و انسانِ پکنی و هم‌نوعان‌شان از قارهٔ مادر، یعنی آفریقا، مهاجرت کرده بودند. در خودِ آفریقا، هم‌ترازهایِ آن‌ها معمولاً به عنوانِ *هومو اِرگاستِر* دسته‌بندی می‌شوند، با این که سال‌ها *هومو اِرِکتوس* خوانده می‌شدند (که این هم نمونهٔ دیگری از سستیِ قواعدِ نام‌گذاریِ ماست). معروف‌ترین نمونهٔ *هومو اِرگاستِر* و یکی از کامل‌ترین فسیل‌هایِ پیش‌انسانی که تا کنون یافت شده است «پسر بچهٔ ترکانا[1]» یا «پسر بچهٔ ناریوکوتومه[2]» نام دارد. کاشفِ آن کامویا کیمئو[3]، یکی از فسیل‌یاب‌هایِ برترِ تیمِ دیرینه‌شناسیِ ریچارد لیکی، بود.

**شکل ۳۸ – هومو اِرِکتوس**

پسر بچهٔ ترکانا حدودِ ۱/۶ میلیون سالِ پیش می‌زیسته و حدوداً در یازده سالگی مرده است. نشانه‌هایی وجود دارد که اگر به بزرگ‌سالی می‌رسید، حدودِ ۱/۸ متر قدش می‌شد. بر اساسِ

---

[1] Turkana Boy

[2] Nariokotome Boy

[3] Kamoya Kimeu

داده‌های موجود، حجمِ مغزش در بزرگ‌سالی حدودِ ۹۰۰ سانتی‌مترِ مکعب (سی‌سی) تخمین زده می‌شود. این اندازه اندازهٔ مغزِ رایجِ *هومو ارگاستر/ارکتوس* است که حوالیِ ۱٬۰۰۰ سی‌سی متغیر بود. این حجمِ مغز، به طورِ قابلِ ملاحظه‌ای از مغزِ انسانِ امروزی (بینِ ۱٬۳۰۰ یا ۱٬۴۰۰ سی‌سی) کوچک‌تر اما از مغزِ *هومو هابیلیس* (حدودِ ۶۰۰ سی‌سی) بزرگ‌تر است. مغزِ *هومو هابیلیس* هم از مغزِ استرالوپیتکوس (حدودِ ۴۰۰ سی‌سی) است و مغزِ شامپانزه (در همان حدود) بزرگ‌تر است. به خاطر دارید که نتیجه گرفتیم نیاکانِ ما، سه میلیون سالِ پیش، مغزی همچون مغزِ شامپانزه داشته‌اند، اما رویِ دو پایِ عقبِ خود راه می‌رفتند. بر این اساس، ممکن است که احتمال دهیم که نیمهٔ دیگرِ داستان، از سه میلیون سالِ پیش تا سال‌هایِ اخیر، حکایتِ افزایشِ حجمِ مغز است. و واقعاً هم همین موضوع ثابت شده است.

*هومو ارگاستر/ارکتوس*، که فسیل‌هایِ زیادی را از آن در اختیار داریم، حلقهٔ بسیار متقاعدکننده‌ای است، که دیگر گم‌شده محسوب نمی‌شود، و بینِ *هومو ساپینسِ* امروز و *هومو هابیلیسِ* دو میلیون سالِ پیش قرار دارد. هومو هابیلیس هم حلقهٔ اتصالِ خیلی خوبی برایِ *استرالوپیتکوسِ* سه میلیون سالِ پیش محسوب می‌شود که، همان گونه که دیدیم، می‌توانیم آن را شامپانزه‌ای راست‌قامت که بر رویِ دو پا قدم بر می‌دارد تلقی کنیم. چند حلقه پیدا شود کافی است که قبول کنیم حلقهٔ «گم‌شده»ای <میانِ دو گونه> وجود ندارد؟ و آیا می‌توانیم فاصلهٔ بینِ *هومو ارگاستر* و *هومو ساپینسِ* امروزه را هم پر کنیم؟ آری! ما مجموعه‌ای گران‌بها و غنی از فسیل در اختیار داریم که چند صد هزار سالِ گذشته را پوشش می‌دهد و نقشِ میانجی را بینِ آن‌ها ایفا می‌کند. به بعضی از آن گونه‌ها نام‌هایی چون *هومو هایدلبرگنیس*[1]، *هومو روندسینسیس*[2]، و *هومو نئاندرتالنسیس*[3] داده شده است. بعضی از آن‌ها (و گاه گونه‌هایی یکسان) *هومو ساپینسِ* «کهن[4]»

[1] *Homo heidelbergensis*

[2] *Homo rhodesiensis*

[3] *Homo neanderthalensis*

[4] archaic

نامیده شده‌اند. اما، «همی گویم و گفته‌ام بارها» که نام‌گذاری‌ها اهمیتی ندارند. چیزی که اهمیت دارد این است که حلقه‌هایی، <که زمانی گم‌شده بودند>، دیگر گم‌شده نیستند. حلقه‌هایِ میانجی فراوان‌اند.

## کافی است بروید و نگاه کنید

پس، فسیل‌هایِ ثبت‌شدهٔ خوبی داریم که تغییراتِ تدریجی را نشان می‌دهند، از لوسی، «شامپانزهٔ راست‌قامتِ راه‌رو»یِ متعلق به سه میلیون سالِ پیش، گرفته تا ما انسان‌هایِ امروزی. انکارکنندگانِ تاریخ چگونه با این شواهد مقابله می‌کنند؟ بعضی از آن‌ها صرفاً انکار می‌کنند. در سالِ ۲۰۰۸، در مصاحبه‌ای که برایِ مستندِ تلویزیونیِ کانالِ چهارِ، به نامِ *نبوغِ چارلز داروین*[1]، انجام دادم، به این مورد بر خوردم. این مصاحبه را با وِندی رایت[2]، رئیسِ گروهِ «زنانِ دلواپسِ آمریکا[3]» انجام دادم. این دیدگاهش که «قرصِ اورژانسیِ ضدِ بارداری[4] بهترین دوستِ کودک‌آزاران است» قدرتِ استدلالش را به خوبی نشان می‌دهد و، طیِ مصاحبه‌ای هم که با او داشتم، واقعاً ظرفیتی را که از او انتظار می‌رفت از خود نشان داد. تنها بخشِ کوچکی از این مصاحبه در این فیلمِ مستند استفاده شد. آن چه که در ادامه می‌آید متنِ پیاده‌سازی‌شدهٔ کامل‌ترِ آن است. اما، بدیهی است که، برایِ هدفی که در این فصل دنبال می‌کنیم، تنها بخش‌هایِ مربوط به بحثِ فسیل‌هایِ به‌جاماندهٔ نیاکانِ انسان را ذکر کرده‌ام.

> *وِندی*: مطلبی که دوباره به آن باز می‌گردم این است که فرگشت‌گرایان همچنان هم شواهدِ علمیِ کافی برایِ پشتیبانی از فرگشت در اختیار ندارند. اما چیزی که اتفاق می‌افتد این است که آن بخشی از علم که موجبِ تحکیمِ فرگشت نمی‌شود قربانیِ

---

[1] *The Genius of Charles Darwin*

[2] Wendy Wright

[3] Concerned Women of America

[4] morning-after pill

سانسور می‌شود. مثلاً مدرکی وجود ندارد که نشان دهد گونه‌ای به گونهٔ دیگر فرگشت یافته است. اگر چنین بود، اگر فرگشت واقعاً رخ داده بود، آن گاه مطمئناً، اگر مثلاً فرگشتی از پرندگان به پستان‌داران یا حتی فراتر از آن رخ داده بود، دستِ کم یک مدرک برایِ آن یافت می‌شد.

*ریچارد*: شواهدِ بسیار زیادی وجود دارد. ببخشید، اما افرادی چون شما همیشه این حرف را، همچون یک ذکر، تکرار می‌کنند؛ به این خاطر که شما فقط به حرفِ هم‌دیگر گوش می‌دهید. کاش چشم‌تان را باز می‌کردید و به شواهد نگاه می‌کردید.

*وندی*: نشانم بدهید، نشانم بدهید، استخوان‌ها را نشانم بدهید، لاشه‌ای را نشانم بدهید، شواهدِ مربوط به مراحلِ میانیِ تغییر از گونه‌ای به گونه‌ای دیگر را نشانم بدهید.

*ریچارد*: هر بار فسیلی بینِ دو گونهٔ مختلف یافت می‌شود، امثالِ شما می‌گویید «آه، حالا جایی که قبلاً فقط یک خلاء داشت، حالا دو خلاء در آن به وجود آمده است». آخَر، تقریباً هر فسیلی که پیدا می‌شود میانجی‌ای بینِ یک چیزِ و چیزِ دیگری است.

*وندی* [*می‌خندد*]: اگر چنین بود، موزهٔ تاریخِ طبیعیِ اِسمیتسونَین[1] پر از این گونه نمونه‌ها بود، اما این طور نیست.

*ریچارد*: چرا، هست. پر است. . . در بحثِ انسان‌ها، از زمانِ داروین شواهدِ بسیار زیادی دربارهٔ میانجی‌ها در فسیل‌هایِ انسانی یافت شده است و، مثلاً، چندین گونه *استرالوپیتِکوس* در اختیار داریم ... *هومو هابیلیس* داریم که میانجیِ بینِ

[1] the Smithsonian Natural History Museum

*استرالوپیتِکوس* — که گونه‌ای قدیمی‌تر است — و *هومو ساپینس* — که گونه‌ای جوان‌تر است — می‌باشد. خوب، چرا این میانجی‌ها را نادیده می‌گیرید؟

*وِندی*: . . . اگر مدرکی واقعی برایِ فرگشت وجود داشت در موزه‌ها آن را می‌دیدیم نه در نقاشی‌ها.

*ریچارد*: همین الآن اسمِ *استرالوپیتِکوس*، *هومو هابیلیس*، *هومو اِرِکتوس*، *هومو ساپینس* — *هومو ساپینسِ* کهن و *هومو ساپینسِ* امروزی — این همه میانجی‌هایِ خوب در اختیار داریم.

*وِندی*: همچنان شواهدِ فیزیکی در دست ندارید پس . . .

*ریچارد*: شواهدِ فیزیکی موجود است. بروید به موزه و آن‌ها را ببینید. . . مطمئناً، در این جا با خودم ندارم‌شان، اما به هر موزه‌ای که دوست داشتید می‌توانید سر بزنید و، در آن جا، می‌توانید *استرالوپیتِکوس* را ببینید. می‌توانید *هومو هابیلیس* را ببینید. می‌توانید *هومو اِرِکتوس* را ببینید. می‌توانید *هومو ساپینسِ* کهن و *هومو ساپینسِ* امروزی را ببینید. مجموعه‌ای به این خوبی از میانجی‌ها. چرا مدام می‌پرسید «شواهد را به من ارائه بدهید» در حالی که همین کار را کرده‌ام. بروید به موزه و آن‌ها را ببینید.

*وِندی*: رفته‌ام. به موزه‌هایِ مختلفی رفته‌ام و افرادِ زیادی مثلِ ما هستند که هنوز قانع نشده‌اند . . .

*ریچارد*: آیا واقعاً، آیا واقعاً *هومو اِرِکتوس* را دیده‌اید؟

*وِندی*: و من فکر می‌کنم که این تقلا، این تقلایِ خشمگینانه، وجود دارد که می‌خواهد صدایِ ما را خفه کند و ما را سانسور کند. به نظر می‌آید که این خشم ناشی از نا امیدی و کلافگی حاصلِ این است که هنوز مردمِ زیادی فرگشت را قبول ندارند.

اگر فرگشت‌گرایان این همه به باورِ خود اطمینان داشتند، دیگر نیازی نمی‌دیدند که اطلاعات را سانسور کنند. این حقیقت نشان می‌دهد که فرگشت هنوز فاقدِ مدرک و مشکوک است.

*ریچارد*: من . . . من اقرار می‌کنم که نا امید و کلافه شده‌ام. نه به این خاطر که نمی‌گذارید حرفم را بزنم، به این خاطر که چهار یا پنج بار فسیل‌ها را برایِ شما ذکر کرده‌ام. . . [*وِندی می‌خندد*]. . . شما دارید، خیلی واضح، حرفم را نادیده می‌گیرید. . . چرا نمی‌روید به فسیل‌ها نگاه کنید؟

*وِندی*: . . . اگر در موزه‌هایی که بارها به آن‌ها سر زده‌ام اثری از آن‌ها بود، بدونِ پیش‌داوری آن‌ها را بررسی می‌کردم. اما مطلبی که می‌خواهم به آن برگردم این است که . . .

*ریچارد*: چرا، آن‌ها در موزه‌ها یافت می‌شوند.

*وِندی*: مطلبی که می‌خواهم به آن برگردم این است که فلسفهٔ فرگشت چه بسا به ایدئولوژی‌هایی منجر شود که برایِ نسلِ بشر بسیار زیان‌باراند. . .

*ریچارد*: بله، اما بهتر نیست که به جایِ اشاره به برداشت‌هایِ نادرست از داروینیسم، که به طرزِ مخوفی در عالمِ سیاست از آن‌ها سوءِاستفاده شده است، تلاش می‌کردید که داروینیسم را درست درک کنید؟ آن گاه در جایگاهی قرار می‌گرفتید که می‌توانستید با این سوءِبرداشت‌هایِ ناگوار مقابله کنید.

*وِندی*: خوب، در واقع، ما خیلی اوقات قربانیِ تحمیلِ پرخاشگرانهٔ افرادی هستیم که حامیِ فرگشت‌اند. این طور نیست که این اطلاعاتی که شما مدام از آن‌ها دم می‌زنید از چشمِ ما پوشیده باشد. این طور نیست که از آن‌ها بی‌خبر باشیم؛ چرا که اصلاً

گریزی از آن‌ها نیست. مدام آن‌ها را به ما تزریق می‌کنند. اما به نظرم این کلافگیِ شما ناشی از این است که از این اطلاعات آگاهیم، هنوز هم به ایدئولوژیِ شما تن نداده‌ایم.

*ریچارد*: آیا *هومو ارِکتوس* را دیده‌اید؟ آیا *هومو هابیلیس* را دیده‌اید؟ آیا *استرالوپیتِکوس* را دیده‌اید؟ سؤالِ من از شما این بوده است.

*ونِدی*: چیزی که من دیده‌ام این است که، در موزه‌ها و کتاب‌ها، هر جا که ادعا می‌شود فرگشت باعثِ تغییر از گونه‌ای به گونه‌ای دیگر شده است، برایِ اثباتِ آن، فقط به شکل و نقاشی اتکا می‌کنند. . . هیچ مدرکِ فیزیکی وجود ندارد.

*ریچارد*: خوب، اگر می‌خواهید اصلِ فسیل‌ها را ببینید، احتمالاً باید به موزهٔ نایروبی[1] سر بزنید. اما فسیل‌هایِ قالب‌گیری‌شده را، که کپی‌هایِ دقیقِ آن‌ها هستند، می‌توانید در هر موزهٔ بزرگی که دل‌تان خواست ببینید.

*ونِدی*: خوب، بگذارید از شما بپرسم که چرا این همه عصبانی هستید؟ چرا برای‌تان مهم است که همه به آن چه که شما باور دارید باور پیدا کنند؟

*ریچارد*: صحبت از باور در میان نیست، من دارم از حقایق سخن می‌گویم. من فسیل‌هایِ خاصی را ذکر کردم و هر بار که دربارهٔ آن‌ها از شما می‌پرسم از پاسخ دادن به من شانه خالی می‌کنید و بحث را عوض می‌کنید.

*ونِدی*: . . . شواهدِ فیزیکی باید پرشمار و سرشار باشند، نه به صورتِ تکی و موردی. اما باز هم می‌گویم: شواهدی وجود ندارد.

---

[1] Nairobi Museum

*ریچارد*: حالا من فسیل‌هایِ هومونید (انسانیان) را مثال زدم؛ چرا که فکر می‌کردم بیشتر از همه برای‌تان جالب باشد. اما فسیل‌هایِ مشابه، برایِ هر یک از مهره‌دارانی که به ذهن‌تان خطور می‌کند، وجود دارد.

*وِندی*: اما به نظرم بهتر است به این موضوع برگردم که چرا برای‌تان این قدر مهم است که همه به فرگشت اعتقاد داشته باشند؟ . .

*ریچارد*: من واژهٔ «اعتقاد» را دوست ندارم. ترجیح می‌دهم که، به جایِ آن، از دیگران بخواهم که به شواهد نگاه کنند و از شما هم می‌خواهم که به شواهد نگاه کنید. . . از شما می‌خواهم که به موزه بروید و به حقایق نگاه کنید و این را که در گوش‌تان خوانده‌اند، که مدرکی وجود ندارد، باور نکنید. کافی است بروید و به شواهد نگاه کنید.

*وِندی* [*می‌خندد*]: بله و حرفی که من خواهم زد این است که . . .

*ریچارد*: حرفِ خنده‌داری نزدم. گفتم که به موزه بروید. واقعاً این کار را بکنید. من فسیل‌هایِ هومونید را مثال زدم، اما شما می‌توانید فرگشتِ اسب را ببینید، می‌توانید فرگشتِ پستان‌دارانِ اولیه را ببینید، می‌توانید بروید و فرگشتِ ماهی را ببینید، می‌توانید بروید و گذار از ماهی به دوزیستانِ خشکی‌زی و خزندگان را ببینید. هر یک از این موارد را می‌توانید در هر موزهٔ خوبی که خواستید ببینید. کافی است چشمان‌تان را باز کنید و به حقایق نگاه کنید.

*وِندی*: و پاسخِ من این است که شما چشمان‌تان را باز کنید و به انجمن‌هایی نگاه کنید که بنیان‌گذاران‌شان به خدایی مهربان اعتقاد دارند که آفریدگارِ هر یک از ماست. . .

شاید به نظر برسد که من، در این گفت-و-گو، بی‌جهت سرسختی می‌کردم که وِندی به موزه سر بزند و <به فسیل‌ها> نگاه کند، اما واقعاً قصدم همین بود. به این افراد یاد داده‌اند که بگویند «هیچ فسیلی وجود ندارد، مدرک‌هایت را رو کن، فقط یک فسیل به من نشان بده . . .» و آن قدر این حرف را تکرار می‌کنند که خودشان هم باورشان می‌شود. پس من این روش را آزمایش کردم که نامِ سه یا چهار فسیل را برایِ این خانم ذکر کنم و نگذارم راحت آن‌ها را نادیده بگیرد. نتایجِ آن ناامیدکننده بود و مثالِ خوبی بود از رایج‌ترین تاکتیکِ موردِ استفادهٔ انکارکنندگانِ تاریخ در مواجهه با شواهدِ تاریخی، یعنی روشِ نادیده گرفتن و تکرارِ این ذکر: «فسیل‌ها را به من نشان بده. این فسیل‌ها کجایند؟ هیچ فسیلی وجود ندارد. فقط یک فسیلِ میانجی نشانم بده و دیگر هیچ نمی‌خواهم . . .»

گاه نام‌گذاری‌ها مایهٔ سردرگمی می‌شود و نام‌ها نیز خود این استعداد را دارند که در جایی که تمایزی وجود ندارند، تمایزی کاذب ایجاد کنند. هر فسیلی که قابلیتِ میانجی تلقی شدن دارد همیشه یا به عنوانِ *هومو* دسته‌بندی می‌شود یا به عنوانِ *استرالوپیتِکوس*. هیچ کدام‌شان به عنوانِ «میانجی» دسته‌بندی نمی‌شود. در نتیجه، میانجی‌ای وجود ندارد. اما، همان گونه که پیش‌تر هم متذکر شدم، این نتیجه‌گیری پیامدِ سنت‌هایِ نام‌گذاریِ جانورشناسی است، نه حقیقتی دربارهٔ جهانِ واقعی. حتی اگر بی‌عیب-و-نقص‌ترین میانجی را هم تصور کنید، باز هم، ***محکوم*** به این است که یا به عنوانِ *هومو* دسته‌بندی شود یا به عنوانِ *استرالوپیتِکوس*. در واقع، احتمالاً نیمی از دیرینه‌شناسان آن را *هومو* و نیمی دیگر آن را *استرالوپیتِکوس* خواهند خواند. دیرینه‌شناسان به جای این‌که دور هم جمع شوند و بر سرِ این موضوع توافق کنند که، مطابقِ نظریهٔ فرگشت، فسیل‌هایِ میانجیِ دوپهلو دقیقاً چیزی است که باید ***انتظارش را داشت***، متأسفانه می‌توان تقریباً مطمئن بود که بیشتر آماده‌اند بر سرِ اختلافاتِ واژگانی به سر-و-کلهٔ یک‌دیگر بکوبند و این مسئله موجبِ سوءتفاهم در اذهان عامهٔ مردم می‌شود.

این قضیه مانندِ تمایزِ حقوقیِ بینِ فردِ بزرگ‌سال و صغیر است. برایِ امورِ حقوقی و برایِ این که تعیین کنند که آیا کسی برایِ رأی دادن یا پیوستن به ارتش به اندازهٔ کافی سن دارد، لازم است که تمایزی مطلق میانِ این دو واژه قائل شد. در سالِ ۱۹۶۹، در بریتانیا، سنِ قانونی برایِ حقِ رأی از

بیست‌ویک سال به هجده سال کاهش یافت (در سالِ ۱۹۷۱، همین تغییر در آمریکا هم صورت گرفت). اکنون بحث‌هایی هست که آن را به شانزده سال کاهش دهند. اما، فارغ از این که سنِ قانونی برایِ رأی دادن چه عددی است، هیچ کس جدی-جدی فکر نمی‌کند که گذشتنِ عقربهٔ ساعت از نیمه‌شب و ورودِ فرد به هجده (یا بیست‌ویک یا شانزده) سالگی واقعاً او را به فردِ دیگری بدل می‌کند. هیچ کس جدی-جدی فکر نمی‌کند که آدم‌ها دو دسته‌اند: کودک و بزرگ‌سال، بدونِ «هیچ گونه میانجی». بدونِ شک، همهٔ ما می‌دانیم که کلِ دورهٔ بزرگ شدن تمرینی طولانی برایِ میانجی بودن است. می‌توان گفت که بعضی‌ها هیچ وقت واقعاً بزرگ نشده‌اند. به طریقِ مشابه، فرگشتِ انسان نیز، از چیزی شبیه به *استرالوپیتِکوس آفارنسیس* به *هومو ساپینس*، شاملِ مجموعه‌ای ناگسسته از والدینی است که صاحبِ فرزندانی شده‌اند، که اگر هر آرایه‌شناسِ امروزی می‌بود، آن‌ها را هم‌دستهٔ والدینش دسته‌بندی می‌کرد. با اطلاعاتِ کنونی و به دلایلی که بی شباهت به دلایلِ حقوقی نیست، آرایه‌شناسانِ امروزی تأکید دارند که بر رویِ هر فسیل برچسبی گذاشته شود که بر رویِ آن چیزی شبیهِ این نوشته شده است: *استرالوپیتِکوس* یا *هومو*. موزه‌ها اصلاً ***اجازه ندارند*** که، مثلاً، رویِ برچسبِ فسیل‌ها، بنویسند «چیزی بینِ *استرالوپیتِکوس آفریکانوس* و *هومو هابیلیس*». انکارکنندگانِ تاریخ با شوق-و-ذوق منتظر نشسته‌اند که بر این سنتِ نام‌گذاری، <در استدلال‌هایِ خود> چنگ بیندازند، چنان که گویی ***مدرکی*** برایِ عدمِ وجودِ میانجی در دنیایِ واقعی گیر آورده‌اند. ممکن است کسی بگوید اصلاً چیزی به عنوانِ «نوجوان» وجود ندارد؛ چرا که هر فردی که می‌بینیم یا بزرگ‌سالِ دارایِ حقِ رأی است (هجده ساله یا بالاتر) یا کودکِ بدونِ حقِ رأی (زیرِ هجده سال). این کار مثلِ این است که بگوییم ضرورتِ حقوقیِ تعیینِ سنِ حقِ رأی ثابت می‌کند که نوجوانان وجود ندارند.

برگردیم به بحثِ فسیل‌ها. اگر حق با توجیه‌گرانِ آفرینش‌باور باشد، آن گاه *استرالوپیتِکوس* «صرفاً یک کَپی» است. پس، پیشینیانِ آن در جست-و-جو برایِ «حلقهٔ گم‌شده» هیچ اهمیتی ندارند.

با وجودِ این، بهتر است آن‌ها را مدِ نظر قرار دهیم. می‌توان ردِ پاهایی را پیدا کرد که البته پراکنده هم هستند. *آردی‌پیتِکوس* (آردی‌کَپی)[1] ۴ تا ۵ میلیون سالِ پیش می‌زیسته است و آن را بیشتر از رویِ دندان‌هایش می‌شناسند، اما به اندازهٔ کافی استخوانِ پا و کاسهٔ سر از او به جا مانده است که — دستِ کم به نظرِ عمدهٔ آناتومیست‌هایی که به آن پرداخته‌اند — نشان دهد که صاف راه می‌رفته است. کاشفانِ دو فسیلِ *اورورین*[2] («انسانِ هزاره»[3]) و *ساحل‌انتروپوس*[4] («تومایی[5]»؛ شکل ۳۹)، که قدیمی‌تر از فسیلِ قبل هم هستند، نیز به نتایجِ بسیار مشابهی دست یافته‌اند.

*ساحل‌انتروپوس*، به سببِ قدمتِ بالایش (شش میلیون سال، چیزی نزدیک به دورهٔ نیایِ مشترک‌مان با شامپانزه‌ها) و، همچنین، به این دلیل که در انتهایِ غربیِ درهٔ کافتیِ بزرگِ آفریقا[6] یافت شده است (در چاد[7]، که نامِ مستعارش، «تومایی»، نیز از آن جا گرفته شده است و به معنیِ «امیدِ زندگی[8]» است) بسیار قابلِ توجه است. سایرِ دیرین‌انسان‌شناسان به ادعایِ کاشفانِ *اورورین* و *ساحل‌انتروپوس*، مبنی بر دوپا بودنِ آن‌ها، شک دارند. و، همان طور که یک فردِ بدبین نیز ممکن است متوجه شود، وقتی بحثِ این گونه فسیل‌هایِ مشکل‌آفرین مطرح است، بعضی از شک‌گرایانْ پایِ کاشفانِ بقیهٔ فسیل‌ها را نیز وسط می‌کشند!

---

[1] *Ardipithecus*

[2] *Orrorin*

[3] Millennium Man

[4] *Sahelanthropus*

[5] Toumai

[6] the Rift Valley

[7] Chad

[8] “hope of life”

**شکل ۳۹ - ساحل‌انتروپوس**

دیرین‌انسان‌شناسی، بیش از هر رشتهٔ علمیِ دیگر، دچارِ طاعونِ رقابت است. (یا شاید هم این رقابت عاملِ حیات‌بخشِ آن است؟) باید اقرار کرد که فسیل‌هایِ به‌جامانده‌ای که کَپیِ راست‌قامتِ راه‌رو (*استرالوپیتِکوس*) را به نیایِ (احتمالاً) چهارپایِ مشترک‌مان با شامپانزه‌ها مربوط می‌کند همچنان اندک‌اند. ما نمی‌دانیم که نیاکان‌مان چطور رویِ دو پایِ عقب‌شان برخاستند. برایِ دانستنِ آن، به فسیل‌هایِ بیشتری نیاز داریم. اما حداقل بگذارید به خاطرِ بانکِ فسیلِ خوبی که ما، بر خلافِ داروین، از آن بهره‌مندیم خوشحال باشیم. این فسیل‌ها گذارِ فرگشتی از *استرالوپیتِکوس*، با آن مغزِ اندازهٔ شامپانزه‌اش، به *هومو ساپینسِ* امروزی، با جمجمهٔ بادکنک‌مانند و مغزِ بزرگش، را نشان می‌دهند.

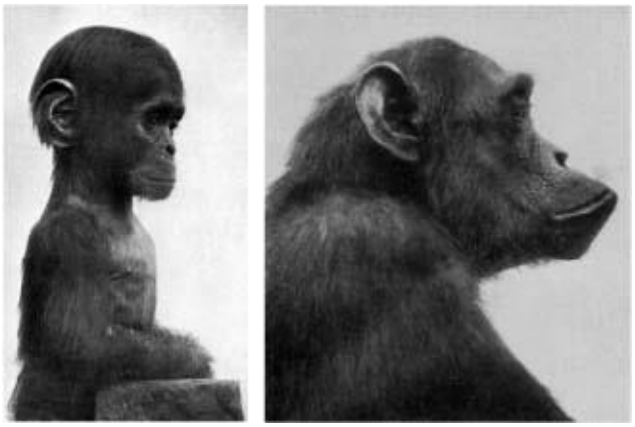
در این بخش، تصاویری از جمجمه را، از منابعِ مختلف، آوردم و شما را به مقایسهٔ آن‌ها ترغیب کردم. احتمالاً، در بعضی فسیل‌ها، متوجهِ مواردی همچون برآمدگیِ پوزه یا ابرو شده‌اید. گاه تفاوت‌ها بسیار ظریف‌اند که به درکِ گذارِ تدریجی از فسیلی به فسیلِ بعد از خود کمک می‌کند. اما اکنون می‌خواهم به شرحِ پیچیدگی‌ای بپردازم که زمینه را برایِ بیانِ نکته‌ای جالب فراهم می‌کند. تغییراتی که در طولِ عمرِ یک فرد، طیِ بزرگ شدنش، رخ می‌دهد بسیار قابلِ توجه‌تر از تفاوت‌هایی است که در مقایسهٔ بزرگ‌سالانِ نسل‌هایِ پشتِ-سرِ-هم شاهدشان هستیم.

**شکل ٤٠ – شامپانزه اندکی پیش از تولد**

جمجمهٔ بالا متعلق به یک شامپانزه، اندکی پیش از تولدش، است. بدیهی است که این جمجمه با جمجمهٔ شامپانزهٔ بزرگ‌سالِ شکل ۳۲ خیلی تفاوت دارد و بیشتر شبیه به جمجمهٔ انسان (هم بزرگ‌سال و هم کودک) است. تصویری از یک نوزادِ شامپانزه و شامپانزهٔ بزرگ‌سال وجود دارد که بارها، در جاهایِ مختلف، چاپ شده است (در طرفِ دیگرِ صفحه نیز چاپ شده است). این عکس این ایدهٔ جالب را نشان می‌دهد که در فرگشتِ انسان، ویژگی‌هایِ کودکان تا سنینِ بزرگ‌سالی حفظ می‌شود (یا، به بیانی مشابه که ضرورتاً معنایِ یکسانی ندارد، ما زمانی به بلوغِ جنسی می‌رسیم که بدن‌مان هنوز کودک است). به نظرم رسید که این تصویر آن قدر جالب است که نمی‌تواند واقعی باشد. پس، آن را به همکارم، دزموند موریس[1] فرستادم تا نظرِ کارشناسانه‌اش را بیان کند. از او پرسیدم که آیا امکان دارد آن عکس قلابی باشد؟ آیا تا کنون به این مطلب بر خورده است که یک شامپانزهٔ جوان بسیار به انسان شبیه است؟ دکتر موریس در موردِ کمر و شانه‌هایِ <نشان‌داده‌شده در عکس> شک داشت، اما نظرش دربارهٔ سرِ آن مثبت بود. «نکته‌ای که شامپانزه‌ها را متمایز می‌کند این است که سرشان به سمتِ پایین و پشت‌شان قوز دارد و گردنِ این شامپانزه به طرزِ شگفت‌انگیزی به گردنِ انسان شبیه است. اما، از رویِ سرش به تنهایی، می‌توان نتیجه گفت که عکس قابلِ اعتماد

[1] Desmond Morris

است». شیلا لی[1]، که پژوهشگرِ تصاویرِ ناشرِ این کتاب است، منبعِ اصلیِ این عکسِ معروف را پیدا کرد. یک هیأتِ اعزامی، از سویِ موزهٔ تاریخِ طبیعیِ آمریکا[2] به کنگو[3]، در سال‌هایِ ۱۹۰۹ تا ۱۹۱۵، این عکس را گرفته بود. وی اشاره کرد که این حیوانات، در زمانِ عکس‌برداری، مرده بودند و عکاسِ آن‌ها، هربرت لانگ[4]، نیز خود یک تاکسیدرمیست بوده است. اگر، طبقِ اعلامِ موزه، نمی‌دانستیم که لانگ، *پیش از* پر کردنِ بدن‌شان، از این نمونه‌ها عکس گرفته است، وسوسه می‌شدیم فکر کنیم که وضعیتِ بدنِ این بچه شامپانزه، که شباهتِ عجیبی به بدنِ انسان دارد، به این دلیل است که آن را بد پُر کرده‌اند. با وجودِ این، وضعیتِ بدنِ یک شامپانزهٔ مرده را می‌توان طوری تغییر داد که برایِ یک شامپانزهٔ زنده غیرِ ممکن است. پس، به نظر می‌رسد که نتیجه‌گیریِ دزموند موریس صادق است. شاید بتوان در موردِ وضعیتِ شانه‌هایِ این بچه شامپانزه تردید کرد، اما سرِ آن قابلِ اعتماد است.



**شکل ٤١ - عکس‌هایی که لانگ از شامپانزه‌هایِ نوزاد و بزرگ‌سال گرفته است**

---

[1] Sheila Lee

[2] the American Museum of Natural History

[3] Congo

[4] Herbert Lang

اگر سرِ حیوان را با نگاهی گذرا بررسی کنیم، حتی اگر در اعتبارِ شانه‌ها تردید کنیم، خواهیم دید که مقایسهٔ فسیلِ جمجمهٔ بزرگ‌سالان می‌تواند گمراه‌کننده باشد. یا، به بیانی سازنده‌تر، تفاوتِ فاحشِ بینِ سرِ حیوانِ بزرگ‌سال و خردسال نشان می‌دهد که یک ویژگی، همچون برآمدگیِ پوزه، می‌تواند به سادگی در جهتی پیش برود که بیشتر (یا کم‌تر) به انسان شبیه شود. امبریولوژیِ شامپانزه «می‌داند» که چطور سری انسان‌مانند درست کند؛ چرا که این کار را، برایِ هر شامپانزه، همین طور که دارد سال‌هایِ نوزادی‌اش را پشتِ سر می‌گذارد، انجام می‌دهد. بسیار محتمل به نظر می‌رسد که کوچک شدنِ پوزهٔ *استرالوپیتکوس*، طیِ فرگشت با گذر از میانجی‌هایِ متعدد به *هومو ساپینس*، از طریقِ حفظِ ویژگی‌هایِ خردسالی تا دورانِ بزرگ‌سالی بوده است (فرآیندی که به آن «جوان‌مانی» گفته می‌شود و، در فصلِ ۲ نیز، از آن سخن گفتیم). به هر حال، بسیاری از تغییراتِ فرگشتی شاملِ تغییر در سرعتِ رشدِ اعضایی خاص، نسبت به دیگر اعضا، است. به این امر رشدِ ناهمزمان (هتروکرونیک[1]) می‌گویند. به نظرم، چیزی که می‌خواهم بگویم این است که، وقتی حقایقِ مشاهده‌شدهٔ امبریولوژیک را پذیرفتیم، دیگر تصورِ تغییراتِ فرگشتی سخت نیست. رشدِ ناهمسان شکلِ جنین را تعیین می‌کند. یعنی، اجزایِ مختلفِ بدن، با سرعت‌هایِ مختلفی، رشد می‌کنند. جمجمهٔ یک بچه شامپانزه، در پیِ رشدِ نسبتاً سریعِ استخوان‌هایِ فک و پوزه، به نسبتِ دیگر استخوان‌هایِ جمجمه، به جمجمه‌ای بالغ تغییرِ شکل می‌یابد. دوباره تکرار می‌کنم: تغییراتِ هر حیوان از هر گونه‌ای، طیِ رشدِ امبریولوژیک‌اش، به مراتب چشم‌گیرتر از تفاوت‌هایِ بینِ بزرگ‌سالانِ نسلی به نسلِ دیگر، در گذرِ زمانِ زمین‌شناختی، است. و این مطلب مقدمه‌ای است برایِ یکی از فصولِ این کتاب دربارهٔ امبریولوژی و ارتباطِ آن با فرگشت.

[1] heterochronic

[i] همان گونه که انتظار می‌رود، فسیلِ انسانِ پکنی امروزه گاهی «انسانِ بیجینگی» خوانده می‌شود. وقتی که زبان‌مان چینی نیست و به زبانِ انگلیسی سخن می‌گوییم، اصلاً چرا می‌پذیریم که به پایتختِ چین بگوییم «Beijing»؟ برنامهٔ جالبی در تلویزیونِ بریتانیا، به نامِ *پیرمردهای بدعنق* (*Grumpy Old Men*)، پخش می‌شود. این برنامه تدوینی خلاقانه از مجموعه غُر و لُندهایِ این چنینی است. اگر من در این برنامه شرکت می‌کردم، چنین چیزی می‌گفتم: ما، برایِ مخفی کردنِ بویِ اردک‌ماهیِ بمبئی (Mumbai Duck)، رویِ خودمان ادکلن خالی نمی‌کنیم و، با قطعاتِ «<رویِ> دانوبِ آبیِ <زیبا>» (The Blue Dunaj) و «قصه‌هایِ جنگل‌هایِ وین» (Tales from the Wien Woods)، والس نمی‌رقصیم. ما <توافقِ> نویل چمبرلین (Neville Chamberlain)، مردِ <توافقِ> مونیخ، را با عقب‌نشینیِ ناپلئون از مسکو مقایسه نمی‌کنیم. هنوز که هنوز است (البته با گذشتِ زمان همین هم محقق می‌شود) با سگِ خانگیِ خس-خس‌کنندهٔ «بیج»مان (اشاره به واژهٔ «Beijing») را برایِ گردش بیرون نمی‌بریم <یعنی به سگِ پیکینیزْ «بیج» نمی‌گوییم.> وقتی که زبانِ ما انگلیسی است، استفاده از نامِ «Peking» چه اشکالی دارد؟ اخیراً افتخارِ آشنایی با یکی از دیپلمات‌هایِ بریتانیایی را داشته‌ام که بر زبانِ ماندارین مسلط است و، در سفارتِ ما، نقشِ مهمی را در اصرار بر استفاده از واژهٔ «Peking» ایفا کرده است.

[ii] او با نامِ مستعارِ ایساک دینسِن (Isak Dinesen) کتاب‌هایش را چاپ می‌کرد، اما من ترجیح می‌دهم که از واقعی‌اش استفاده کنم. چرا که کودکی‌ام را نزدیکِ کارِن، روستایی «در پایهٔ تپه‌هایِ نِگونگ»، گذرانده‌ام که هنوز هم به نامِ اوست.

یادداشتِ مترجم: اشاره به نقلِ قولی از کارن بلیکسن که در کتابِ «خارج از آفریقا» آمده است. کاملِ آن بدین صورت است « I had a farm in Africa, at the foot of the Ngong Hills».

[iii] بر خلافِ بیماری‌ها که نام‌شان را از کاشفان‌شان می‌گیرند، گونه‌هایِ جدید را ***کاشفان‌شان*** نام‌گذاری می‌کنند، اما هیچ وقت ***اسمِ خودشان*** را رویِ آن‌ها نمی‌گذارند. این فرصتِ خوبی است که یک بیولوژیست گونه‌ای را که کشف کرده است به افتخارِ فردی دیگر یا، مثلِ این مورد، به افتخارِ بانی‌اش نام‌گذاری کند. جایِ شگفتی نیست که چندین بار این اتفاق برایِ همکارِ برجسته‌ام، زنده‌یاد دابلیو. دی. همیلتون، رخ داد که گونه‌ای را به افتخارش نام‌گذاری کنند. می‌توان به ضرسِ قاطع گفت که وی یکی از بزرگ‌ترین دانشمندانِ پس از داروین، در قرنِ بیستم، است. انسانِ محزونی بود که این ویژگی‌اش یادآورِ ای‌یور (Eeyore)، <شخصیتِ یکی از داستان‌هایِ> ای. ای. میلْن (A. A. Milne) است (البته نه نسخهٔ رقت‌انگیزِ آن که ساختهٔ والت دیزنی است). یک بار، وقتی که همیلتون، با قایقی کوچک، مشغولِ سفری تحقیقاتی در آمازون بوده است، زنبوری او را نیش می‌زند. هم‌سفرش، که می‌دانست همیلتون حشره‌شناسی (entomologist) برجسته است، از او می‌پرسد «بیل، آیا نامِ آن زنبور را می‌دانی؟» بیل، محزون و زیرِ لب، با ای‌یوری-مانندترین صدایش می‌گوید «بله، فی‌الواقع، این زنبور به نامِ من نام‌گذاری شده است».

## فصلِ ۸: خودتان این کار را ظرفِ نه ماه انجام دادید

جِی. بی. اِس. هالدِین، آن نابغهٔ آتشین‌مزاج، که علاوه بر این که یکی از سه معمّارِ پیشتازِ نوداروینیسم[1] بود، دستاوردهایِ بسیارِ دیگری هم داشت، یک بار، پس از یک سخنرانیِ عمومی، خانمی او را به چالش کشید. این حکایت به صورتِ شفاهی نقل شده است و، متأسفانه، جان مِینارد اسمیت[2] حضور ندارد که درستیِ تک-تکِ واژگان را تأیید کند، اما این مکالمه تقریباً چیزی در این مایه‌ها بوده است:

> *فردِ شکاک به فرگشت*: پرفسور هالدِین، حتی با در نظر گرفتنِ میلیاردها سالی هم که شما می‌گویید زمان در اختیارِ فرگشت قرار داشته است، باز نمی‌توانم بپذیرم که موجودی تک‌سلولی به انسانی پیچیده — با تریلیون‌ها سلولِ سازمان‌دهی‌شده در استخوان‌ها، عضلات، و اعصاب، قلبی که، بدونِ توقف، دهه‌ها می‌تپد، و کیلومترها رگِ خونی و نایچهٔ کلیه، و مغزی دارایِ قابلیتِ اندیشیدن، سخن گفتن، و احساس کردن — فرگشت یافته باشد.
>
> *هالدین*: اما، خانم، شما خودتان این کار را انجام دادید و فقط هم نُه ماه طول کشید.

احتمالاً سؤال‌کننده از پاسخِ غیرِ قابلِ انتظار و متفاوتِ هالدِین مات و مبهوت شده بود. این که بگوییم بادش خالی شده بود کم گفته‌ایم. اما گویا پاسخِ هالدِین، از جنبه‌ای، برایِ آن خانم قانع‌کننده نبوده است. نمی‌دانم که آیا بعد از آن سؤالِ دیگری پرسیده بود یا نه، اما اگر چنین بوده باشد، احتمال می‌دهم سؤالش بدین ترتیب بوده است:

---

[1] neo-Darwinism

[2] John Maynard Smith

*فردِ شکاک به فرگشت:* آه، بله، اما رشدِ جنین مطابقِ «دستورالعمل‌هایی» ژنتیکی است. شما، پرفسور هالدین، ادعا می‌کنید که این *دستورالعمل*‌هایِ ساختِ بدنی به این پیچیدگی طیِ انتخابِ طبیعیِ فرگشت یافته است. و هنوز هم باورش برایم سخت است، حتی با در نظر گرفتنِ یک میلیارد سال زمان برایِ رخ دادنِ فرگشت.

شاید حرفش از جنبه‌ای حرفِ حساب بوده باشد. و حتی اگر ثابت شود که خدایی هوشمند مسئولِ طراحیِ حیاتی به این پیچیدگی است، یقیناً این حرف درست نیست که بگوییم او موجوداتِ زنده را همان طوری *طراحی* میکند که یک کوزه‌گر، نجار، خیاط، یا تولیدکنندهٔ ماشین کارش را انجام می‌دهد. شاید ما به «طرزِ شگفت‌انگیزی رشد کرده‌ایم»، اما این حرف درست نیست که به «طرزِ شگفت‌انگیزی ***ساخته*** شده‌ایم». وقتی بچه‌ها می‌خوانند که «او برای‌شان رنگ‌هایِ درخشان‌شان درست کرد/ او برای‌شان بال‌هایِ کوچک درست کرد»[i] دارند شعری به‌وضوح نادرست و بچه‌گانه را می‌خوانند. خدا هر کارِ دیگری هم بکند، قطعاً رنگ‌هایِ درخشان و بال‌هایِ کوچک را ***درست نمی‌کند***. اگر هم کاری بکند کارش این خواهد بود که بر رشدِ جنینیِ موجودات نظارت کند؛ مثلاً، از این طریق که دنباله‌ای از ژن‌هایِ مختلف را در کنارِ هم بچیند تا یک فرآیندِ خود-به-خودیِ رشد را هدایت کنند. بال ساخته نمی‌شود، بلکه، به صورتِ پیوسته، از درونِ جوانهٔ اندامِ داخلِ یک تخمک[1]، رشد می‌کند.

این نکتهٔ مهم باید بدیهی باشد، اما چنین نیست. پس، تکرار می‌کنم که خدا، طیِ عمرِ ابدی‌اش، هیچ وقت بالی کوچک نیافریده است. اگر هم چیزی ساخته باشد — که به نظرِ من نساخته است، اما فعلاً از این قضیه بگذریم؛ چرا که در این جا تصمیم ندارم به آن بپردازیم — چیزی همچون یک ***دستورالعملِ*** امبریولوژیک ساخته است یا چیزی شبیهِ برنامه‌ای رایانه‌ای برایِ کنترلِ رشدِ جنینیِ یک بالِ کوچک (به اضافهٔ بسیاری چیزهایِ دیگر). البته، خدا هم ممکن است ادعا کند

[1] egg; ovum

که طراحیِ یک دستورالعمل یا برنامه برایِ یک بال، به اندازهٔ ساختنِ یک بال، نیازمندِ هوش و مهارتی خارق‌العاده است. اما فعلاً فقط می‌خواهم بینِ *ساخت*ِ چیزی مثلِ بال و آن چه که واقعاً در امبریولوژی رخ می‌دهد تمایز ایجاد کنم.

## بدونِ هیچ گونه طراحِ رقص

تاریخِ امبریولوژی با جداییِ بینِ دو دکترینِ متضاد، به نام‌هایِ پیش‌ریختاری[1] و پسازایش[2] رقم خورد. معمولاً افراد تمایزِ این دو را به خوبی درک نمی‌کنند، پس اندکی به شرحِ این دو اصطلاح می‌پردازم. پیش‌ریختاری‌گرایان باور داشتند که تخمک (یا اسپرم؛ چرا که پیش‌ریختاری‌گرایان به دو زیرمجموعهٔ «تخمک‌گرایان[3]» در مقابلِ «اسپرم‌گرایان[4]» تقسیم می‌شدند) یک بچهٔ مینیاتوری یا «هومونکولوس[5]» را در خود دارد. تمامِ اجزایِ بدنِ بچه، با تمامِ پیچیدگی، با هماهنگیِ با یک‌دیگر، در جایِ خود قرار دارند و فقط منتظراند تا، مانندِ یک بادکنکِ چند تکه، باد شوند. این دیدگاه منجر به ایجادِ مشکلاتِ مختلفی می‌گردد. نخست این که، در ساده‌انگارانه‌ترین سطحش، لازمهٔ چنین باوری فرضِ درستیِ چیزی است که همه از نادرستی‌اش آگاه‌ایم: این که ما فقط از یکی از والدین‌مان خصوصیات را به ارث می‌بریم (به باورِ تخمک‌گرایان، از مادر و، به باورِ اسپرم‌گرایان، از پدر). دوم این که، این گونه پیش‌ریختاری‌گرایان با مشکلِ واپس‌گرایی‌هایِ بی‌کرانِ هومونکولوس در هومونکولوس، چیزی شبیهِ عروسک‌هایِ روسی <ماتریوشکا>[6]، مواجه می‌شوند. حتی اگر

---

[1] preformationism

[2] epigenesis

[3] ovist

[4] spermist

[5] homunculus

[6] Matryoshka

نگوییم بی‌کران، دستِ کم این تعداد باید آن قدر باشد که به زمانِ حوّا[1] (یا آدم[2]، مطابقِ نظرِ اسپرم‌گرایان) برسد. یگانه راهِ رهایی از این سیرِ قهقرایی این است که هومونکولوس، در هر نسل، از طریقِ اسکنی دقیق از بدنِ فردِ بالغِ نسلِ قبل، از نو ساخته شود. «به ارثِ بردنِ ویژگی‌هایِ اکتسابی» رخ نمی‌دهد، وگرنه پسرانِ یهودی بدونِ پوستِ ختنه‌گاه[3] به دنیا می‌آمدند و از بدن‌سازانی که صبح و شب در باشگاه وزنه می‌زنند (اما دوقلوهاشان که فقط در خانه می‌نشینند و تلویزیون نگاه می‌کنند مشمولِ این قضیه نیستند) بچه‌هایی به دنیا می‌آمد که عضلاتِ شش‌تکهٔ شکم، سینه، و باسن‌شان بیرون زده باشد.

«عیبِ می جمله بگفتی، هنرش نیز بگوی». پیش‌ریختارگرایان از زیرِ بارِ ضرورتِ منطقیِ واپس‌گرایی شانه خالی نکردند و صادقانه با آن روبرو شدند، هر چند که نحوهٔ برخوردشان به نظر نامعقول بیاید. دستِ کم بعضی از آن‌ها واقعاً باور داشتند که اولین زن (یا مرد) جنینِ مینیاتوریِ همهٔ نوادگانش را در خود داشت که همچون عروسک‌هایِ ماتریوشکایِ روسی، تو-در-توی یک‌دیگر قرار گرفته بودند. و منطقی در این طرزِ باور وجود داشته است؛ منطقی که ارزشِ ذکر کردن دارد؛ چرا که ذهن را برایِ دریافتِ نکتهٔ اصلیِ این فصل آماده می‌کند. اگر باور دارید که آدم «ساخته شده است» و زاده نشده است، دارید تلویحاً می‌گویید که آدم ژن نداشته یا، دستِ کم، برایِ رشد نیازی به آن نداشته است. آدم هیچ گونه امبریولوژی‌ای نداشته است، بلکه یک‌هو به وجود آمده است. یکی از برداشت‌هایِ مرتبط <با این دیدگاه> نویسندهٔ دورهٔ ملکه ویکتوریا، فیلیپ گوس[4] (شخصیتِ پدر در کتابِ *پدر و پسر*[5] ادموند گوس[6]) را بر آن داشت که کتابی بنویسد به نامِ *اُمفالوس*[1] (واژه‌ای

---

[1] Eve

[2] Adam

[3] foreskin

[4] Philip Gosse

[5] Father and Son

[6] Edmund Gosse

یونانی به معنیِ «ناف») و در آن استدلال کند که آدم، با این که هرگز زاده نشده، می‌بایست ناف می‌داشته است. یکی دیگر از پیامدهایِ پیچیده‌ترِ استدلال‌هایِ اُمفالوس‌گونه این است که ستاره‌هایی که فاصله‌شان با ما بیش از چند هزار سالِ نوری است باید از پرتوهایِ نوریِ پیش‌ساخته‌ای، به طولِ تقریبیِ فاصلهٔ آن‌ها تا ما، ساخته شده باشند؛ در غیرِ این صورت قادر به دیدنِ آن‌ها نیستیم، مگر در آینده‌ای بسیار دور! مسخره کردنِ «اُمفالوژی» فایده‌ای ندارد، اما نکتهٔ مهمی در موردِ امبریولوژی در این جا وجود دارد که موضوعِ این فصل است. دریافتِ این نکته بسیار دشوار است (در واقع، خودم تازه در حالِ درکش هستم) و از چند جهتِ مختلف به آن نزدیک خواهم شد.

بنا به دلایلِ مذکور، پیش‌ریختاری‌گرایی، دستِ کم به صورتِ اولیه و «ماتریوشکاییِ» آن، هیچ وقت معنادار نبوده است. آیا نسخه‌ای از پیش‌ریختاری‌گرایی وجود دارد که بتواند، در عصرِ دی.ان.ای، به صورتی معقول بازیابی شود؟ شاید، اما شک دارم. کتاب‌هایِ زیست‌شناسی بارها و بارها این حرف را تکرار کرده و می‌کنند که دی.اِن.ایِ همچون «نقشهٔ ساختِ» برایِ درست کردنِ بدن است. چنین نیست. یک «نقشهٔ ساختِ[2]» واقعی، مثلاً، نقشهٔ ساختِ یک ماشین یا خانه، با محصولِ نهایی تناظری یک-به-یک دارد. از این حرف می‌توان نتیجه گرفت که نقشهٔ ساخت بازگشت‌پذیر است. هم می‌توان از خانه به نقشهٔ ساخت رسید و هم برعکسِ آن؛ دقیقاً به این خاطر که تناظری یک-به-یک بینِ این دو وجود دارد. در واقع، برعکسِ آن آسان‌تر است؛ چرا که خانه لازم است ***ساخته شود***، اما برایِ رسمِ نقشهٔ ساخت کافی است مقادیری را اندازه بگیرید و بعد آن را ***رسم*** کنید. اگر بدنِ حیوانی را در اختیار داشته باشید، هر چقدر هم اندازه‌گیری‌هایِ دقیقی انجام دهید، هرگز نخواهید توانست دی.اِن.ایِ آن را بازسازی کنید. به این خاطر، اشتباه است که بگوییم دی.اِن.ایِ همچون نقشهٔ ساخت است.

---

[1] Omphalos

[2] blueprint

از لحاظِ نظری، می‌توان تصور کرد (شاید رویِ یک سیارهٔ بیگانه این طور باشد) که دی.اِن.ایِ شرحیِ رمزگذاری‌شده از یک بدن است؛ نوعی نقشهٔ سه بعدی که به کدهایِ خطیِ متشکل از «حروفِ» دی.اِن.ایِ تبدیل شده است. چنین چیزی واقعاً بازگشت‌پذیر است. اسکنِ بدن، به منظورِ ساختِ نقشهٔ ساختی ژنتیکی، ایدهٔ سراسر مضحکی نیست. اگر دی.اِن.ایِ این طور کار می‌کرد، می‌توانستیم آن را به عنوانِ نوعی نوپیش‌ریختاری‌گرایی تعریف کنیم. نیازی هم نبود نگرانِ القایِ تفکرِ ماتریوشکایی باشیم. مطمئن نیستم که چنین چیزی می‌تواند تفکرِ وراثت از یک والد را القاء کند یا نه. دی.ان.ای، به روشی خارق‌العاده دقیق، نیمی از اطلاعاتِ پدر را با دقیقاً نیمی از اطلاعاتِ مادر به هم پیوند می‌زند. اما، <اگر قرار بود از طریقِ اسکن این کار را انجام دهد>، چگونه می‌توانست از پسِ پیوندِ نیمی از اسکنِ بدنِ مادر با نیمی از اسکنِ بدنِ پدر بر آید؟ بگذریم. این‌ها، همه، فرسنگ‌ها دور از واقعیت‌اند.

پس، دی.اِن.ایِ به هیچ وجه یک نقشهٔ ساخت نیست. بر خلافِ حضرتِ آدم، که یک‌راست در قالبِ بزرگ‌سال به وجود آمده بود، همهٔ بدن‌هایِ واقعی از تنها یک سلول رشد-و-نمو خود را آغاز می‌کنند و مراحلِ رویان، جنین، نوزاد، کودک، و بزرگ‌سال را پشتِ سر می‌گذارند. شاید در جهانی بیگانه، موجوداتِ زنده، خود را، از سر تا پا، از رویِ مجموعه‌ای منظم از «زیست‌پیکسل[1]»هایی می‌سازند که از رویِ خطی از اسکنِ کدشده تفسیر می‌شوند. رویِ سیارهٔ ما اوضاع از این قرار نیست و، در واقع، به نظرِ من، بنا به دلایلی — که در جایی دیگر به آن‌ها پرداخته‌ام و در اینجا دیگر به آن‌ها نمی‌پردازم — رویِ هیچ سیارهٔ دیگری هم چنین نمی‌تواند باشد.[ii]

جایگزینِ معروفِ پیش‌ریختاری‌گرایی، در تاریخ، پسازایش‌گرایی بوده است. اگر پیش‌ریختاری‌گرایی را بتوان به نقشهٔ ساخت تشبیه کرد، پسازایش‌گرایی بیشتر چیزی شبیهِ دستورِ پخت یا برنامهٔ رایانه‌ای است. در *فرهنگِ مختصرِ واژگانِ آکسفورد*[2]، تعریفی نسبتاً امروزی برایِ این

---

[1] bio-pixel

[2] Shorter Oxford English Dictionary

واژه ارائه شده است و، احتمالاً، ارسطو[1]، که خود مُبْدِعِ این واژه بوده است، نتواند آن را تشخیص دهد:

> **پسازایش**: نظریه‌ای برایِ توجیهِ رشدِ ارگانیسم که آن را حاصلِ ایجادِ تمایزِ پیوسته در کلّی تعریف می‌کند که، در آغاز، عاری از تمایز است. [iii]

در کتابِ ***اصولِ رشد***[2]، نوشتهٔ لویس وُلپرت[3] و همکاران، پسازایش‌گرایی به عنوانِ عقیده به بروزِ پیوستهٔ ساختارهایِ جدید تعریف شده است. منطقی است که بگوییم پسازایش‌گرایی امری بدیهی است، اما جزئیاتِ آن مهم است و در بررسیِ جزئیات است که مشکلات سر-و-کله‌شان پیدا می‌شود. یک ارگانیسم چگونه می‌تواند مرتباً رشد کند؟ یک کلِّ عاری از تمایز، به جز پیروی از یک نقشهٔ ساخت، از چه راهی می‌تواند مرتباً متمایز شود؟ در این فصل، تأکیدم بر شفاف‌سازیِ تمایزِ میانِ معمّاریِ برنامه‌ریزی‌شده و ***خودمونتاژ***[4] است و این تمایز ارتباطِ تنگاتنگی با تمایزِ میانِ پیش‌ریختاری‌گرایی و پسازایش‌گرایی دارد. معنیِ «معمّاریِ برنامه‌ریزی‌شده» برایِ همهٔ ما روشن است؛ چرا که در همهٔ ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایِ مصنوعی با آن سر-و-کار داریم. با خودمونتاژ آشناییِ کمتری داریم و لازم است بیشتر به آن بپردازم. در شاخهٔ رشد، خودمونتاژ جایگاهی مشابهِ انتخابِ طبیعی، در فرگشت، دارد اما بدیهی است که این دو فرآیندهایِ یکسانی نیستند. در هر دویِ آن‌ها، از روش‌هایِ خود-به-خودی، بدونِ برنامه‌ریزی، و بدونِ اندیشهٔ قبلی نتایجی حاصل می‌شود که، از دیدی سطحی و ساده‌انگارانه، به نظر کاملاً ازپیش‌برنامه‌ریزی‌شده می‌آیند.

---

[1] Aristotle

[2] Principles of Development

[3] Lewis Wolpert

[4] self-assembly

پاسخِ جِی. بی. هالدِین، به پرسش‌گرِ شک‌گرایش، عینِ واقعیت بود، اما به هیچ وجه ممکن نبوده است که این حقیقت را انکار کند که پدید آمدنِ بدنِ انسان، با همهٔ پیچیدگی‌هایش، از یک سلول امری است رازآلود و در آستانهٔ معجزه‌آسا بودن (البته هیچ گاه معجزه تلقی نخواهد شد). و امورِ بزرگی که به کمکِ دستورالعمل‌هایِ دی.اِن.ایِ حاصل می‌شوند تنها تا اندازه‌ای از رازآلودیِ آن می‌کاهند. دلیلِ این که این معمّا همچنان سر-به-مُهر باقی می‌ماند این است که تصورش، حتی به طورِ کلی، برای‌مان سخت است که دست به نوشتنِ دستورالعمل برایِ ساختِ بدن، به نحوی که ساخته می‌شود، بزنیم؛ یعنی به نحوه‌ای که کمی قبل‌تر، از آن به عنوانِ رویه‌ای «خودمونتاژ» یاد کردم. («خودمونتاژ» به چیزی شبیه است که برنامه‌نویسان گاه به آن برنامه‌نویسیِ «پایین-به-بالا[1]» (در مقابلِ «بالا-به-پایین[2]») می‌گویند.)

یک معمّار کلیسایِ جامعی[3] را طراحی می‌کند. سپس، طیِ یک سلسله‌مراتب، عملیاتِ ساختِ آن به عملیاتِ جداگانه‌ای تقسیم می‌شود. آن عملیات نیز به زیرعملیاتی کوچک‌تر تقسیم می‌شود و، سرانجام، این امور به بناها، نجاران، و شیشه‌بُرها سپرده می‌شود. آن‌ها نیز کارِ خود را انجام می‌دهند تا ساختِ کلیسایِ جامع به پایان برسد و نتیجه چیزی می‌شود که به نقشهٔ اولیه‌ای که معمّار رسم کرده بوده بسیار شبیه است. این طراحیْ طراحیِ بالا-به-پایین است.

طراحیِ پایین-به-بالا کاملاً متفاوت است. من هیچ وقت این افسانه را باور نکرده‌ام، اما قبلاً این شایعه مطرح می‌شد که بعضی از کلیساهایِ جامعِ قرونِ وسطی[4] در اروپا معمّار نداشته‌اند. هیچ کس آن کلیسایِ جامع را طراحی نکرده بود. هر بنّا و نجاری، با مهارت‌هایی که داشته، به کارِ خودش مشغول می‌شده است و، بدونِ چندان اعتنایی به کار دیگران و بدونِ هیچ اعتنایی به نقشه‌ای

---

[1] bottom-up

[2] top-down

[3] cathedral

[4] medieval

کلی، ساختِ گوشه‌ای کوچک از ساختمان را بر عهده می‌گرفته است. حالا، از طریقی، از میانِ این بی‌نظمی، کلیسایِ جامعی سر بر می‌آورده است. اگر واقعاً چنین چیزی رخ می‌داد، می‌گفتیم که طراحیِ آن پایین-به-بالا بوده است. علی رغمِ این افسانه، مطمئناً ساختِ کلیساهایِ جامع این طور نبوده است.[iv] اما، در ساختِ تپهٔ موریانه، لانهٔ مورچه، و، همچنین، در رشدِ رویان، ***دقیقاً*** چنین چیزی اتفاق می‌افتد. این امر است که باعث می‌شود رشدِ رویانی با هر آن چه ما انسان‌ها، به عنوانِ روشِ ساخت یا تولید، می‌شناسیم تفاوتِ چشمگیری داشته باشد.

همین اصل در موردِ بعضی از برنامه‌هایِ رایانه‌ای و بعضی از رفتارهایِ خاصِ حیوانات صدق می‌کند. همچنین، این اصل در موردِ ترکیبی از این دو— یعنی برنامه‌هایِ رایانه‌ای که برایِ شبیه‌سازیِ رفتارِ حیوانات ساخته شده‌اند — نیز صدق می‌کند. فرض کنید که می‌خواهیم از رفتارِ دسته‌ایِ سار[1] سر در بیاوریم. ویدئوهایِ بسیار خیره‌کننده‌ای از این پرندگان در یوتیوب یافت می‌شوند که تصویرِ رنگی ۱۶ از آن‌ها گرفته شده‌اند. این مانورهایِ بالستیک را دیلِن وینتر[2]، بر فرازِ اُتمور[3]، نزدیکِ آکسفورد، عکس‌برداری کرده است. نکتهٔ شگفت‌انگیز در رفتارِ سارها این است که، به رغمِ آن چه که به نظر می‌رسد، هیچ «طراحِ رقص[4]» و، تا آن جایی که اطلاع داریم، هیچ رهبری برایِ آن وجود ندارد. هر پرنده از «قوانینی محلی[5]» پیروی می‌کند.

شاید تعدادِ این پرندگان، در هر دسته، به چند هزار هم برسد، اما، در واقع، هیچ وقت به یک‌دیگر برخورد نمی‌کنند. چقدر خوب که این طور است، وگرنه، با توجه به سرعتِ پروازشان، هر برخوردی ممکن بود شدیداً مجروح‌شان کند. معمولاً چنین به نظر می‌رسد که کلِ دسته، همچون

---

[1] starling

[2] Dylan Winter

[3] Otmoor

[4] choreographer

[5] local rules

فردی واحد، رفتار می‌کند و همهٔ اعضایِ دسته با هم حرکت می‌کنند و تغییرِ جهت می‌دهند. ممکن است چنین به نظر برسد که دسته‌هایِ مختلف دارند، در خلافِ جهتِ یک‌دیگر، از میانِ هم عبور می‌کنند و انسجامِ خود را، همچون دسته‌هایی جداگانه، حفظ می‌کنند. این امر باعث می‌شود که پروازِ آن‌ها معجزه‌آسا به نظر بیاید، اما، در واقع، فاصلهٔ دسته‌هایِ مختلف از دوربین متفاوت است و سارها، در معنایِ واقعی، از میانِ یک‌دیگر عبور نمی‌کنند. چیزی که زیباییِ این رقص را دوچندان می‌کند این است که لبهٔ دسته‌ها کاملاً زاویه‌دار است. مرزِ آن‌ها به صورتِ تدریجی تعریف نمی‌شود، بلکه مرزی تند و ناگهانی دارند. تراکمِ پرندگان، درونِ این محدوده‌ها، کمتر از میانِ دسته نیست، اما تراکمِ آن‌ها، بیرون از این محدوده، صفر است. چنین چیزی حتی تصورش هم مایهٔ شگفتی نیست؟

این نمایش می‌تواند محافظِ صفحهٔ خیلی زیبایی برایِ رایانه باشد. فیلمِ واقعیِ پروازِ سارها محافظِ صفحهٔ خوبی نمی‌تواند باشد؛ چرا که دقیقاً الگویِ پروازیِ یکسانی را، مرتباً، تکرار می‌کنند و، از این رو، همهٔ پیکسل‌هایِ[1] نمایشگر را، به طورِ یکسان، «ورزش» نمی‌دهند. گزینهٔ مناسب *شبیه‌سازیِ*[2] رایانه‌ایِ دسته‌هایِ سار است و، همان طور که هر برنامه‌نویسی هم ممکن است به شما بگوید، انجامِ این کار آدابی دارد. تلاش نکنید که برایِ کلِ این «باله» رقصی را طراحی کنید. چنین کاری، برایِ نوشتنِ برنامه‌ای با این هدف، اصلاً مناسب نیست. توضیح خواهم داد که روشِ مناسب‌تر برایِ این کار چیست؛ چرا که، با احتمالی نزدیک به یقین، مغزِ این پرندگان نیز این گونه برنامه‌نویسی شده است. از این مهم‌تر، نحوهٔ پروازِ سارها قیاسِ بسیار خوبی برایِ نشان دادنِ راه-و-رسمِ امبریولوژی است.

برنامهٔ رفتارِ دسته‌ایِ سارها را این گونه می‌توان نوشت. باید تقریباً تمامِ همّ-و-غمِ خود را فقط بر برنامه‌نویسیِ رفتارِ یک پرنده معطوف کنید. قوانینِ دقیقِ نحوهٔ پرواز و نحوهٔ واکنش به حضورِ سارهایِ مجاور، بسته به فاصله و جایگاهِ نسبی‌شان، را برایِ سارِ رایانه‌ایِ خود تعریف کنید. قوانینی را

---

[1] pixel

[2] simulation

برایِ آن تعریف کنید که، به کمکِ آن‌ها، تصمیم بگیرد که چه مقدار به رفتارِ پرنده‌هایِ مجاورِ خود وزن دهد و چه مقدار به قریحهٔ خود در تغییرِ جهت. این قواعد را باید بر اساسِ اندازه‌گیری‌هایی انجام داد که بر رویِ پرندگانِ واقعی، در هنگامِ پرواز، انجام شده است. تمایل به تغییرِ تصادفیِ این قواعد را نیز برایِ پرندهٔ رایانه‌ایِ خود تعیین کنید. پس از این که کارِ نوشتنِ برنامه‌ای پیچیده، برایِ تعیینِ قواعدِ رفتاریِ یک سار، به انجام رسید، نوبت به اقدامی تعیین‌کننده می‌رسد که، در این فصل، تأکیدم بر آن است. نسلِ قبلیِ برنامه‌نویسان ممکن بود چنین کاری بکنند، اما ***تلاش نکنید*** که رفتارِ کلِ دستهٔ پرنده را برنامه‌ریزی کنید. در عوض، همان سارِ رایانه‌ایِ تکی را تکثیر کنید. هزار کپی از آن را بسازید. می‌توانید همه‌شان را عینِ هم برنامه‌ریزی کنید و، همچنین، می‌توانید تنوعاتی عمده و جزئی را در قواعدشان ایجاد کنید. حال هزاران سارِ مدل را در رایانه‌تان «رها» کنید، به طوری که بتوانند آزادانه، با پیروی از قوانینی یکسان، با یک‌دیگر تعامل کنند.

اگر قواعدِ رفتاریِ یک سار را به درستی تعریف کرده باشید، هزاران سارِ رایانه‌ای، که هر کدام‌شان همچون نقطه‌ای بر رویِ نمایشگرِ شماست، مانندِ دستهٔ پروازیِ سارها، در زمستان، رفتار خواهند کرد. اگر رفتارِ دسته‌ایِ پرندگان کامل درست نیست، می‌توانید به آن سارِ تکیِ اولیه بازگردید و رفتارِ آن را — احتمالاً بر اساسِ اندازه‌گیری‌هایِ جدید بر رویِ رفتارِ سارهایِ واقعی — اصلاح کنید. حال، این نسخهٔ جدید را هزار بار تکثیر کنید و آن‌ها را جایگزینِ آن هزار تایی بکنید که درست رفتار نمی‌کردند. آن قدر به اصلاحِ کُدهایِ هر سارِ واحدِ تکثیرشده ادامه دهید تا رفتارِ دسته‌ایِ هزاران عدد از آن‌ها به محافظِ صفحه‌ای واقع‌گرایانه و قانع‌کننده تبدیل شود. در سالِ ۱۹۸۶، کِرِگ رینولدز برنامه‌ای را شبیه به این برنامه کُدنویسی کرد (البته نه برایِ پروازِ سارها) و آن را «بویدز» نامید.

نکتهٔ اصلی این است که هیچ طراحِ رقص یا رهبری وجود ندارد. نظم، سازمان‌دهی، و ساختارمند بودن، همه و همه، به عنوانِ نتایجِ جانبیِ قوانینی ***ظهور پیدا می‌کنند*** که مکرراً، ***به صورتِ محلی*** — و نه به صورتِ سراسری — اطاعت می‌شوند. و حال به شرحِ راه-و-رسمِ رشدِ رویانی می‌پردازیم. رشدِ رویانی نیز، در سطوحِ مختلف — اما مخصوصاً در سطحِ یک سلول — از

طریقِ قوانینِ محلی کنترل می‌شود؛ بدونِ هیچ گونه طراحِ رقص؛ بدونِ هیچ گونه رهبرِ ارکستر؛ بدونِ هیچ گونه برنامه‌ریزیِ مرکزی؛ بدونِ هیچ گونه معمار. در شاخهٔ رشد یا تولید، به معادلِ این نوع برنامه‌نویسیْ برنامه‌نویسیِ ***خودمونتاژ*** می‌گویند.

بدنِ انسان، عقاب، موشِ کور، دلفین، یوزپلنگ[1]، قورباغهٔ پلنگی[2]، پرستو[3]، چنان اجزای‌شان به زیبایی در کنارِ یک‌دیگر قرار گرفته است که نمی‌توان باور کرد که ژن‌ها، که رشدِ آن‌ها را برنامه‌ریزی می‌کنند، همچون یک نقشهٔ ساخت، طراحی، یا طرحِ کلی عمل نمی‌کنند. اما چنین نیست. طراحیِ این بدن‌ها نیز، همچون پروازِ سارهایِ رایانه‌ای، با تبعیتِ هر یک از سلول‌ها از قوانینی محلی، میسر می‌شود. این بدن‌ها، که به این زیبایی «طراحی» شده‌اند، ***سربرآورده*** از قوانینی هستند که سلول‌ها، ***به صورتِ محلی***، از آن‌ها تبعیت می‌کنند و هیچ گونه ارجاعی هم به چیزی که بتوان، به نحوی، آن را طرحی کلی و سراسری تلقی کرد ندارند. سلول‌هایِ یک رویانِ در-حالِ-رشد نیز، همچون دسته‌هایِ عظیمِ سار، حرکت می‌کنند و گردِ هم می‌رقصند. اما تفاوت‌هایی هم بینِ این دو وجود دارد و این تفاوت‌ها مهم هستند. بر خلافِ سارها، سلول‌ها، در قالبِ «بلوک»ها یا «صفحه»هایی، به یک‌دیگر چسبیده‌اند. به دستهٔ سلول‌ها «بافت[4]» می‌گویند. همین طور که آن‌ها، همچون سارهایی مینیاتوری، به رقص و چرخش می‌پردازند — و، در واکنش به حرکتِ دیگر سلول‌ها، در خود حفره ایجاد می‌کنند[5] یا، در پیِ الگوهایِ محلیِ رشد یا مرگِ سلول، بزرگ یا کوچک می‌شوند — حاصلِ کار به وجودِ آمدنِ اشکالی سه‌بعدی می‌شود. قیاسی که برایِ شرحِ این فرآیند می‌پسندم اوریگامی (هنرِ تا زدنِ کاغذ)[5] است. این قیاس را، یکی از امبریولوژیست‌ها، لِویس

---

[1] cheetah

[2] leopard frog

[3] swallow

[4] tissue

[5] origami; paper folding

وُلپرت، در کتابش ***فتح الفتوحِ رویان***[1]، مطرح کرده است. اما پیش از پرداختن به این قیاس، باید تکلیفم را با چند مورد از قیاس‌هایِ دیگر، که ممکن است به ذهن متبادر شوند (قیاس‌هایی انتخاب‌شده از میانِ هنرها و فرآیندهایِ تولیدیِ مختلف)، روشن کنم.

## قیاس‌هایی برایِ رشد

یافتنِ قیاسی خوب برایِ رشدِ بافت‌هایِ زنده، به طرزِ عجیبی، دشوار است. اما می‌توان چیزهایی را یافت که، با اجزایِ خاصی از این فرآیند، شباهتی نسبی دارند. قیاسِ دستورِ پخت بخشی از حقیقتِ ماجرا را منعکس می‌کند و خودم هم گاه، برایِ نشان دادنِ نامناسب بودنِ قیاسِ «نقشهٔ ساخت»، از آن استفاده می‌کنم. بر خلافِ یک نقشهٔ ساخت، دستورِ پخت برگشت‌ناپذیر است. اگر مراحلِ مختلفِ دستورِ پختِ یک کیک را دنبال کنید، آخرِ سر یک کیک عایدتان می‌شود. اما نمی‌توانید، از رویِ یک کیک، دستورِ پختش را بازسازی کنید (مطمئناً، نمی‌توانید عینِ کلماتِ آن را بازسازی کنید). اما، همان گونه که گفته شد، می‌شود از رویِ یک خانه چیزی شبیه به نقشهٔ ساختِ اصلیِ آن را بازسازی کرد. این امر به سببِ تناظرِ یک-به-یکِ بینِ اجزایِ خانه و اجزایِ نقشهٔ ساختِ آن است. به جز استثنائاتِ آشکاری چون گیلاسی که رویِ کیک قرار داده شده است، هیچ گونه تناظرِ یک-به-یکی بینِ اجزایِ کیک و، مثلاً، واژگان یا جملاتِ دستورِ پخت وجود ندارد.

دیگر چه مثال‌هایِ مشابهی برایِ «تولید» انسان می‌توان پیدا کرد؟ مجسمه‌سازی مثالِ عمدتاً پرتی است. مجسمه‌ساز با یک تکه سنگ یا چوب کارش را شروع می‌کند و آن قدر از آن حذف می‌کند و بر تکه‌هایِ اضافیِ آن تیشه می‌زند که عاقبت شکلی که دلخواهش است به جا بماند. اما باید گفت که شباهتی نسبتاً زیاد بینِ یکی از فرآیندهایِ خاص در امبریولوژی، به نامِ آپوپتوز[2]، و

---

[1] The Triumph of the Embryo

[2] apoptosis

مجسمه‌سازی وجود دارد. آپوپتوز مرگِ برنامه‌ریزی‌شدهٔ سلول است و، برایِ مثال، در فرآیندِ رشدِ انگشتانِ دست و پا رخ می‌دهد. انگشتانِ دست و پایِ رویانِ انسان به یک‌دیگر متصل‌اند. من و شما، در رحم[1]، دست و پایی به‌هم‌پیوسته داشته‌ایم. این به‌هم‌پیوستگی، طیِ مرگِ برنامه‌ریزی‌شدهٔ سلول، از بین می‌رود (در بیشترِ افراد؛ هر از گاهی، استثنائاتی رخ می‌دهد). این فرآیند اندکی یادآورِ نحوهٔ کارِ مجسمه‌ساز در تراشیدنِ یک پیکر است اما آن قدر رایج یا مهم نیست که، در درکِ نحوهٔ کارِ امبریولوژی، چندان اهمیتی داشته باشد. امبریولوژیست‌ها ممکن است لحظه‌ای به یادِ «تیشهٔ مجسمه‌ساز» بیافتند اما خیلی به این فکر پایبند نمی‌مانند.

بعضی مجسمه‌سازها با حذف، از طریقِ حکاکی، کار نمی‌کنند، بلکه توده‌ای گِل یا موم را می‌گیرند و آن را طوری ورز می‌دهند که به شکلِ موردِ نظرِ خود برسند (یا بعداً آن را در قالبی، مثلاً از جنسِ برنز، می‌ریزند). این روش هم قیاسِ خوبی برایِ نشان دادنِ امبریولوژی نیست. هنرِ خیاطی و درست کردنِ لباس هم مثالِ خوبی نیست. پارچه‌هایی که از پیش موجود هستند، به شکلِ الگویی ازپیش‌برنامه‌ریزی‌شده، بریده می‌شوند و، سپس، به دیگر شکل‌هایِ بریده شده دوخته می‌شوند. معمولاً، آخرِ کار هم، برایِ پنهان کردنِ درزها، پشت-و-رو می‌شوند (دستِ کم، این قسمتِ آخر قیاسِ خوبی برایِ بعضی از مراحلِ امبریولوژی است). اما، به طورِ کلی، شباهتِ امبریولوژی به خیاطی فراتر از شباهتِ آن به مجسمه‌سازی نیست. شاید بافندگی قیاسِ بهتری باشد، از این لحاظ که کل، مثلاً، یک ژاکت، از مجموعه‌ای از کوک‌هایِ فراوان ساخته شده است که شبیه به سلول‌اند. اما، همان گونه که در ادامه خواهیم دید، قیاس‌هایِ بهتری هم وجود دارد.

مونتاژِ قطعاتِ یک ماشین یا دیگر ماشین‌آلاتِ پیچیده، در خطِ مونتاژِ یک کارخانه، چطور؟ آیا آن‌ها قیاسِ خوبی هستند؟ مونتاژِ قطعاتِ از-پیش-ساخته‌شده، مانندِ مجسمه‌سازی و خیاطی، روشِ کارآمدی برایِ ساختِ چیزهایِ مختلف است. در کارخانه‌هایِ ماشین‌سازی، قطعات، معمولاً از

[1] womb

طریقِ قالب‌ریزی در کارگاهِ ریخته‌گری، از پیش ساخته می‌شوند. (و، به نظرِ من، در امبریولوژی، هیچ چیزی که ذره‌ای هم به ریخته‌گری شباهت داشته باشد وجود ندارد.) سپس، قطعاتِ از-پیش-ساخته‌شده، در خطِ مونتاژ، گردآوری می‌شوند و، گام-به-گام، مطابقِ طرحی دقیق، از طریقِ پیچ-و-مهره، پرچ، جوش، یا چسب به یک‌دیگر متصل می‌شوند. باز هم تکرار می‌کنم: در امبریولوژی، هیچ چیزی شبیهِ نقشه‌ای از-پیش-کشیده‌شده وجود ندارد. اما شباهتی میانِ آن و کنارِ هم قرار گرفتنِ منظمِ قطعاتِ از-پیش-مونتاژ-شده وجود دارد (مانندِ چیزی که در کارخانهٔ مونتاژِ خودرو می‌بینیم که در آن کاربراتور، دلکو، تسمه پروانه، و سرسیلندر، در جایِ مناسبِ خود، کنارِ یک‌دیگر نصب می‌شوند).

در شکل ۴۲، سه نوع ویروس نشان داده شده است. ویروسِ سمتِ چپ ویروسِ موزاییکیِ تنباکو[1] است که به بوته‌هایِ تنباکو و دیگر اعضایِ خانوادهٔ سولاناسه[2] (همچون گوجه‌فرنگی) حمله می‌کند. ویروسِ وسط یک آدِنوویروس[3] است که به دستگاهِ تنفسی[4] بسیاری از حیوانات، از جمله ما، حمله می‌کند. سمتِ راست، ویروسِ تی-۴[5] از گونهٔ باکتری‌خوارهایی[6] است که طعمه‌اش باکتری‌ها هستند. شکلِ آن شبیهِ فرودگرِ <موشک‌هایِ فرستاده‌شده به> ماه[7] است و عملکردش هم مثلِ آن است. بر سطحِ یک باکتری، که خیلی از خودش بزرگ‌تر است، می‌نشیند. رویِ «پا»هایِ عنکبوت‌گونه‌اش پایین می‌آید. سپس، لوله‌ای را از دیوارهٔ باکتری، به میانِ آن، می‌فرستد و دی.اِن.اِیِ خود را درونِ آن تزریق می‌کند. سپس، دی.اِن.اِیِ ویروس «دستگاهِ» پروتئین‌سازی را — که برایِ

---

[1] tobacco mosaic virus (TMV)

[2] Solanaceae

[3] adenovirus

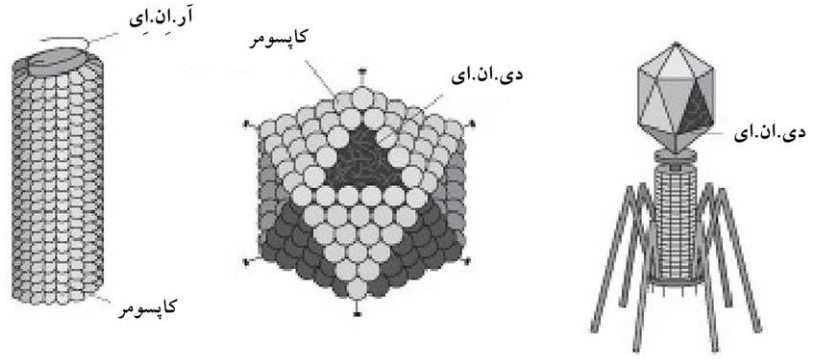
[4] respiratory system

[5] T-4

[6] bacteriophage

[7] lunar lander

تولیدِ ویروس‌هایِ جدید دستکاری شده است — می‌رباید. دو ویروسِ دیگری هم که در تصویر نشان داده شده‌اند کارِ مشابهی انجام می‌دهند، اما ظاهر و رفتارشان مثلِ فرودگرِ ماه نیست. در همهٔ این باکتری‌ها، موادِ ژنتیکیْ دستگاهِ پروتئین‌سازیِ سلولِ میزبان را می‌ربایند و خطِ تولیدِ مولکولیِ آن را به گونه‌ای منحرف می‌کنند که، به جایِ فرآورده‌هایِ عادی‌اش، به تولیدِ انبوهِ ویروس بپردازد.




**شکل ۴۲ - سه نوع ویروس**

بیشترِ چیزهایی که در تصویر می‌بینید یک محفظهٔ پروتئینی[1] حاویِ موادِ ژنتیکی است و، تی-۴ («فرودگرِ ماه») دستگاهی برایِ آلودنِ میزبان است. چیزی که جالب است نحوهٔ سرِ-هم-بندی شدنِ این دستگاه است. واقعاً خودش خودش را مونتاژ می‌کند. هر ویروس از به-هم-پیوستنِ چند مولکولِ پروتئینِ پیش‌ساخته به وجود می‌آید. هر مولکولِ پروتئین، به نحوی که در ادامه خواهیم دید، از پیش — بسته به قوانینِ شیمیایی که ترتیبِ آمینو اسیدهایش[2] آن را تعیین می‌کنند — خود را در قالبِ یک «سازهٔ سه‌تایی» مونتاژ می‌کند. و، سپس، درونِ ویروس، مولکول‌هایِ پروتئین به یک‌دیگر وصل می‌شوند و، باز هم با تبعیت از قوانینی محلی، یک، به اصطلاح، «سازهٔ چهارتایی» می‌سازند. خبری هم از هیچ طرحِ سراسری یا نقشهٔ ساخت نیست.

---

[1] protein

[2] amino acid

به زیرواحدهای پروتئینی، که مانند تکه‌های لگو[1] به هم متصل می‌شوند و سازه‌ای چهارتایی تشکیل می‌دهند، «کاپسومر»[2] گفته می‌شود. ببینید که این سازه‌های کوچک چقدر، از لحاظ هندسی، کامل هستند. آدنوویروس وسط دقیقاً ۲۵۲ کاپسومر دارد که، در این جا، به صورت توپ‌هایی کوچک، رسم شده‌اند که با هم یک بیست‌وجهی[3] را تشکیل داده‌اند. بیست‌وجهی یک جسم افلاطونی[4] است که ۲۰ وجه مثلث‌شکل دارد. کاپسومرها، بدون تبعیت از هر گونه طرح یا نقشه‌ای کلی، به شکل بیست‌وجهی در می‌آیند. آن‌ها صرفاً، وقتی گذرشان به یک‌دیگر می‌افتد، با تبعیت از قوانین جذب شیمیایی[5]، به صورت محلی، این حجم هندسی را تشکیل می‌دهند. بلور نیز همین گونه تشکیل می‌شود و، در واقع، می‌توان آدنوویروس را بلوری توخالی و بسیار ریز تلقی کرد. فرآیند «تبلور» ویروس‌ها نمونه‌ای فوق‌العاده از «خودمونتاژ» است که، از دید من، اصلی بنیادین است که مطابق آن موجودات زنده سر-هم-بندی شده‌اند. اصلی‌ترین مادگی دی.ان.ای تی-۴، باکتری‌خوار «فرودگر ماه»، یک بیست‌وجهی است، اما سازهٔ چهارتایی خودمونتاژشده‌اش پیچیده‌تر است و شامل بخش‌های پروتئینی بیشتری است که، با پیروی از قوانین محلی متفاوت، در آلت تزریق و «پایه»هایی که به بیست‌وجهی متصل‌اند، مونتاژ شده‌اند.

بحث ویروس‌ها را رها می‌کنیم و به امبریولوژی موجودات بزرگ‌تر می‌پردازیم. برای این کار، از مثال موردِ علاقه‌ام از میان سازه‌های انسانی، یعنی اوریگامی، رجوع می‌کنم. اوریگامی هنر ساختن چیزهای مختلف با تا کردن کاغذ است که در ژاپن به سطح اعلای خود رسید. تنها سازهٔ

---

[1] Lego

[2] capsomere

[3] icosahedron

[4] Platonic solid

[5] chemical attraction

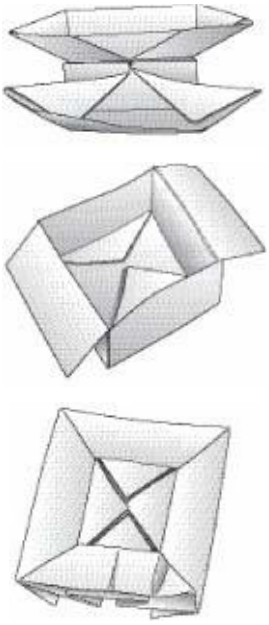
اوریگامی که خودم بلدم بسازم «جانکِ چینی»[1] است. پدرم ساختِ آن را به من یاد داد. او نیز آن را در دهۀ ۱۹۲۰، زمانی که ساختِ آن در میانِ دانش‌آموزانِ خوابگاهی باب شده بود، یاد گرفته بود.[vi] یک ویژگیِ واقع‌گرایانۀ زیست‌شناختی این است که «رشدِ رویانیِ» جانکِ چینی شاملِ گذر از مراحلِ میانجیِ «شفیره‌ایِ»[2] متعددی است که هر کدام‌شان موجودِ زیبایی هستند. درست همان گونه که یک کرمِ پیله‌ساز میانجی‌ای زیبا و بسنده در مسیرِ تبدیل به پروانه‌ای است که کمتر شباهتی به آن دارد. کار را با یک تکه کاغذِ مربعیِ ساده شروع می‌کنید و صرفاً آن را تا می‌زنید. در هیچ مرحله‌ای آن را نمی‌برید، چسب نمی‌زنید، و هیچ قسمتی از آن را نیز از جایِ دیگری نمی‌آورید. با پیروی از این فرایند، سه «مرحلۀ شفیره‌ای» را پشتِ سر می‌گذارید: یک قایقِ دو-بدنه، جعبه‌ای با دو در، و تصویری در یک قاب. تازه، بعد از این مراحل، جانکِ چینیِ «بالغ» سر بر می‌آورد. نکتۀ دیگری که اوریگامی را قیاسِ خوبی <برایِ امبریولوژی> می‌کند این است که وقتی برایِ اولین بار ساختِ جانکِ چینی را یاد می‌گیرید، نه تنها خودِ جانک، بلکه هر کدام از مراحلِ «شفیره‌ای» (قایقِ دو-بدنه، کارتُن، و قابِ عکس) نیز تعجب‌آور هستند. درست است که دستانِ شما دارد تاها را می‌زند، اما شما منحصراً نقشۀ ساختی برایِ جانکِ چینی یا ساختِ هر یک از مراحلِ لاروی را دنبال نمی‌کنید. دارید صرفاً از یک سری قواعدِ تا زدن پیروی می‌کنید که به نظر می‌رسد ربطی هم به فرآوردۀ نهایی ندارند، اما آن فرآورده، همچون پروانه‌ای که از شفیره‌اش سر بر می‌آورد، سرانجام پدیدار می‌شود. پس قیاسِ اوریگامی این ویژگیِ مهمِ «قواعدِ محلی» — در برابرِ طرحی سراسری — را در خود دارد.

---

[1] جانک (انگلیسی: Junk) نوعی کشتیِ بادبانی با سبکِ مخصوص در دورانِ باستانِ جمهوریِ خلقِ چین بود که امروزه نیز هنوز استفاده می‌شود. جانک برای انجامِ سفرهایِ دریایی از اوایل قرنِ دومِ میلادی مورد استفاده قرار گرفت و به سرعت در طولِ دودمانِ سونگ (۹۶۰–۱۲۷۹) توسعه یافت. *دانشنامۀ اینترنتیِ ویکی‌پدیا*

[2] larval stage

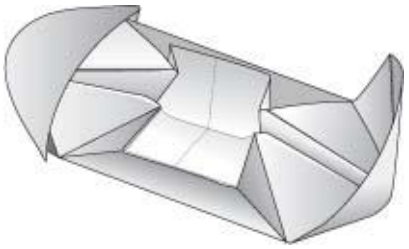
همچنین، نکتهٔ دیگری هم وجود دارد که نشان می‌دهد قیاسِ اوریگامی قیاسِ خوبی است. تا زدن[1]، تو زدن[2]، و وارونه-و-وارسی کردن[3] از روش‌هایِ رایجی هستند که، هنگامِ ساختِ بدن، در بافت‌هایِ رویانی رخ می‌دهند. این قیاس مخصوصاً مراحلِ اولیهٔ رویانی را خیلی خوب نشان می‌دهد. اما نواقصی هم دارد که دو موردِ محرزِ آن را بیان می‌کنیم. نخست این که <در اوریگامی> برایِ تا زدن‌ها به دستِ انسان نیاز است. دوم این که اندازهٔ «رویان» کاغذی، طیِ رشدش، بزرگ نمی‌شود. آخرِ کار هم وزنی دقیقاً برابر با وزنِ اولیه‌اش دارد. برایِ تأکید بر این تمایزها، گاه به رویانِ زیست‌شناختی، به جایِ واژهٔ «اوریگامی»، از عبارتِ «اوریگامیِ متورم» استفاده خواهم کرد.



[1] folding

[2] invagination

[3] turning inside out



**شکل ۴۳ - جانکِ چینی از طریقِ اوریگامی با سه «مرحلهٔ شفیره‌ای»: قایقِ دو-بدنه، جعبه‌ای با دو در، و تصویری در قاب**

در واقع، این دو نقص یک‌دیگر را خنثی می‌کنند. برگه‌هایِ بافتی که، در یک رویانِ در حالِ رشد، تا، دچارِ تو-رفتگی، و وارونه-و-وارسی می‌شوند، در واقع، <از لحاظِ اندازه> رشد می‌کنند و دقیقاً همین رشد است که بخشی از نیرویِ محرک را تولید می‌کند که در اوریگامی از طریقِ دستِ انسان تأمین می‌شود. اگر می‌خواستید که، به جایِ تکه‌ای کاغذِ بی‌جان، با تکه‌ای بافتِ زنده اوریگامی بسازید، احتمالِ بالایی وجود می‌داشت که، اگر آن تکهٔ بافت به نحوِ درستی رشد کند (یعنی این که یکنواخت رشد نکند، بلکه بعضی قسمت‌هایِ آن سریع و بعضی قسمت‌هایِ دیگرش آرام رشد کند)، خود-به-خود شکلِ خاصی را به خود بگیرد و حتی، به شکلِ خاصی، تا زده شوده، در آن حفره ایجاد شود، و یا وارونه-و-وارسی شود، آن هم بدونِ این که نیاز به دستی برایِ تا زدن و کشیدنِ آن باشد و بدونِ این که نیاز به طرحی سراسری باشد، بلکه تنها وجودِ قوانینی محلی کفایت می‌کند. و، در واقع، این امر چیزی ورایِ احتمالی معقول است؛ چرا که واقعاً رخ می‌دهد. پس، بیایید آن را «خوداوریگامی» بنامیم. در عمل، نحوهٔ کارِ خوداوریگامی، در رشدِ رویان، چیست؟ خوداوریگامی به این دلیل جواب می‌دهد که، در رویانِ واقعی، هنگامی که برگه‌ای از بافت رشد می‌کند، سلول‌هایِ آن تقسیم می‌شوند. و رشدِ متفاوتِ قسمت‌هایِ مختلفِ این برگهٔ بافت به این دلیل است که سرعتِ تقسیمِ سلول‌هایِ هر قسمتِ برگه را قوانینی محلی تعیین می‌کنند. پس، دوباره به خانهٔ اول‌مان باز می‌گردیم؛ یعنی بحثِ اهمیتِ اساسیِ قوانینی محلیِ پایین-به-بالا، در مقابلِ قوانینِ سراسریِ بالا-به-پایین. در واقع، اشکالِ متفاوتی از این اصلِ ساده است (البته به صورتِ به مراتب پیچیده‌تر) که، در مراحلِ اولیهٔ رشدِ رویان، در حالِ رخ دادن هستند.

اوریگامی در مراحلِ اولیهٔ رشدِ مهره‌داران بدین طریق عمل می‌کند. سلولِ تخمکِ بارورشده تقسیم می‌شود و دو سلولِ جدید به وجود می‌آورد. سپس، آن دو سلول تقسیم می‌شوند و از آن‌ها چهار سلول پدید می‌آید. و همین سیر ادامه می‌یابد و تعدادِ سلول‌ها، به سرعت، هر بار، دو برابر، می‌شود. در این مرحله، رشد در حالِ وقوع است، نه تورم. حجمِ اولیهٔ تخمکِ بارورشده، درست مانندِ برش زدنِ کیک، تقسیم می‌شود و، در نهایت، توده‌ای کُروی از سلول به دست می‌آید که اندازهٔ آن برابر با تخمکِ اولیه است. این توپ توپُر نیست، بلکه توخالی است و به آن «تَندالِه»[1] گفته می‌شود. مرحلهٔ بعدی کُمالگی[2] نام دارد و لِویس وُلپِرت طنزِ معروفی در موردِ آن دارد: «تولد، ازدواج، و مرگ مهم‌ترین اتفاقِ زندگی نیستند، بلکه این کُمالگی است که مهم‌ترین اتفاقِ زندگی است».

کُمالگی همچون زلزله‌ای ریزکیهانی است که بر سطحِ تندالِه به جریان می‌افتد و کلِ شکلِ آن را منقلب می‌کند. اندام‌هایِ رویان به خوبی قابلِ تشخیص می‌شوند. کُمالگی، شاملِ ایجادِ تورفتگی در توپی توخالی، که همان تندالِه است، می‌باشد و، در پیِ آن، تندالِه دولایه می‌شود و حفره‌ای بر رویِ آن، رو به دنیایِ بیرون، باز می‌شود (شبیه‌سازیِ رایانه‌ایِ آن در صفحهٔ **۲۳۱** نشان داده شده است). لایهٔ بیرونیِ این «کُمالگی» را «برون‌پوست[3]» و لایهٔ درونیِ آن را «درون‌پوست[4]» می‌نامند. همچنین، سلول‌هایی نیز در فضایِ بینِ برون‌پوست و درون‌پوست وجود دارند که به آن‌ها «میان‌پوست[5]» می‌گویند. هر یک از این لایه‌هایِ بدوی محتوم به ساختنِ اجزایِ عمدهٔ بدن هستند. برایِ نمونه، پوستِ خارجی و دستگاهِ عصبی از برون‌پوست، روده‌ها و اندام‌هایِ داخلی از درون‌پوست، و عضلات و استخوان نیز از میان‌پوست به وجود می‌آیند.

---

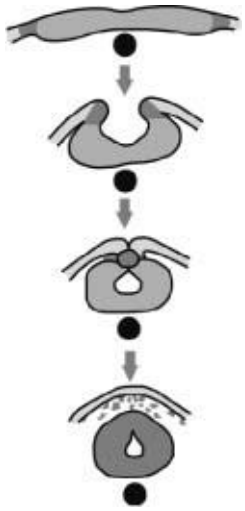
[1] blastula

[2] gastrulation

[3] ectoderm

[4] endoderm

[5] mesoderm



**شکل ٤٤ - تشکیلِ لولهٔ عصبی (نورولاسیون)**

مرحلهٔ بعدی در اوریگامیِ رویان «تشکیلِ لولهٔ عصبی[1]» نام دارد. تصویرِ سمتِ راست برشی از میانِ قسمتِ پشتِ رویانِ یک دوزیست (قورباغه یا سمندر) است که در حالِ تشکیلِ لولهٔ عصبی بوده است. دایرهٔ سیاه «پشت‌مازه»[2] نام دارد، لوله‌ای در حالِ سخت شدن که پیش‌درآمدِ ستونِ فقرات است. پشت‌مازه ویژگیِ مشخص‌کنندهٔ شاخهٔ طناب‌داران[3] است که ما و همهٔ مهره‌داران به آن تعلق داریم (البته ما انسان‌ها، همچون بسیاری از مهره‌دارانِ امروزی، تنها در زمانِ رویانی پشت‌مازه داریم). مانندِ کُمالگی، در تشکیلِ لولهٔ عصبی نیز، ایجادِ تورفتگی به شکلِ بارزی اتفاق می‌افتد. یادتان هست که گفتم دستگاهِ عصبی از برون‌پوست به وجود می‌آید؟ خوب، نحوهٔ شکل‌گیری‌اش از این قرار است: در قسمتی از برون‌پوست، حفره ایجاد می‌شود (و این حفره، همچون یک زیپ‌بند، کاملاً به سمتِ عقب، در امتدادِ کلِ بدن، کشیده می‌شود) و، سپس، خود را به شکلِ یک لوله تا می‌زند و کناره‌هایِ آن، در محلِ «زیپ شدنِ» لوله، به یک‌دیگر متصل می‌شوند، به نحوی که از کلِ بدن، از میانِ لایهٔ بیرونی و پشت‌مازه، عبور می‌کند. این لوله سرانجام به نخاع تبدیل می‌شود که کُندهٔ عصبیِ

---

[1] neurulation

[2] notochord

[3] Chordata

اصلیِ بدن است. جلویِ آن متورم شده به مغز تبدیل می‌شود. و تمامِ عصب‌هایِ دیگر، از طریقِ تقسیماتِ سلولیِ بعدی، از این لولهٔ بدوی[1] به وجود می‌آیند.[vii]

نمی‌خواهم خیلی واردِ جزئیاتِ کُمالگی و تشکیلِ لولهٔ عصبی بشوم؛ فقط می‌خواهم بگویم که این فرآیندها بسیار خارق‌العاده‌اند و این که استعارهٔ اوریگامی هر دویِ آن‌ها را به خوبی شرح می‌دهد. بحثِ اصلیِ من اصولی کلی است که بر اساس‌شان رویان، از طریقِ اوریگامیِ متورم، به موجودِ پیچیده‌تری تبدیل می‌شود. در شکل ۴۵، رفتارِ برگه‌هایِ سلولی طیِ رشدِ رویانی، برایِ نمونه، هنگامِ کُمالگی، نشان داده شده است. به روشنی می‌بینید که این تورفتگی، در اوریگامیِ متورم، می‌تواند حرکتِ مفیدی باشد و واقعاً هم نقشی عمده در کُمالگی و در تشکیلِ لولهٔ عصبی دارد.

**شکل ٤٥ ایجادِ حفره در برگه‌هایِ سلولی**

کُمالگی و تشکیلِ لولهٔ عصبی در اوایلِ رشدِ رویان انجام می‌شوند و بر کلِ شکلِ رویان تأثیر می‌گذارند. شگردهایی همچون ایجادِ تورفتگی و «اوریگامیِ متورم» مراحلِ اولیهٔ رشدِ رویان را رقم می‌زنند. در مراحلِ بعدیِ رشد، که اعضایی ویژه مانندِ چشم و قلب ساخته می‌شوند، همین روش‌ها و شماری روش‌هایِ مشابهِ دیگر به کار گرفته می‌شوند. اما، از آن جا که هیچ دستی در تا زدن‌ها دخیل نیست، پس این حرکت‌هایِ پویا حاصلِ کدامین فرآیندِ مکانیکی هستند؟ قسمتی از آن، همان گونه که پیش‌تر نیز گفته شد، از طریقِ گسترشِ صرف حاصل می‌شود. سلول‌ها در سراسر برگهٔ بافتی تکثیر می‌شوند. در نتیجه، مساحتِ آن افزایش می‌یابد و از آن جا که راهِ در رو ندارد، چاره‌ای ندارد جز این که خم شود یا در خود ایجادِ حفره کند. اما این فرآیند بسیار کنترل‌شده‌تر از این رخ می‌دهد و

[1] primordial tube

گروهی از دانشمندان در دانشگاهِ کالیفرنیا[1] در برکلی[2]، از آن پرده برداشتند. این گروه با جورج اوسترِ[3]، که یک زیست‌شناسِ ریاضیاتیِ[4] خبره بود، همکاری داشت.

## مدل‌سازیِ سلول‌ها همچون دسته‌ای سار

اوسترِ و همکارانش همان راهبردی را در پیش گرفتند که، پیش‌تر در این فصل، در موردِ شبیه‌سازیِ رایانه‌ایِ دسته‌هایِ سار به آن اشاره کردیم. به جایِ این که رفتارِ کلِ تنداله را برنامه‌نویسی کنند، تنها برایِ یک سلول این کار را انجام دادند. سپس، سلول‌هایِ فراوانی را، که همگی یکسان بودند، تکثیر کردند و منتظر ماندند که ببینند وقتی آن سلول‌ها در رایانه به هم می‌رسند، چه رفتاری را از خود نشان می‌دهند. وقتی که می‌گویم آن‌ها رفتارِ سلولی واحد را برنامه‌نویسی کردند، منظور این است که مدلی ریاضی را برایِ یک سلول برنامه‌نویسی کردند و یک سری حقایقِ شناخته‌شدهٔ خاص را، البته به صورتِ ساده‌شده، در آن مدل وارد کردند. یکی از مثال‌هایِ خاص این است که ریزرشته‌ها[5]، به صورتِ خطوطی متقاطع، داخلِ سلول را می‌پوشانند. (ریزرشته‌ها باندهایی کش‌سان هستند که، مانندِ فیبرهایِ عضلانی[6]، توانایی انقباضِ فعال را نیز دارند.) در واقع، اصولِ انقباضِ ریزرشته درست مثلِ فیبرهایِ عضلانی است.[viii] مدلِ اوسترِ مدلِ سلول را تا جایی ساده کرد که بتوان آن را رویِ نمایشگرِ رایانه، به صورتِ دوبعدی، رسم کرد. او فقط شش رشته را در مدلش لحاظ کرد و آن‌ها را، همان طور که در تصویرِ بالا دیده می‌شود، به صورتی راهبردی، در قسمت‌هایِ مختلفِ سلول قرار

---

[1] University of California

[2] Berkeley

[3] George Oster

[4] mathematical biologist

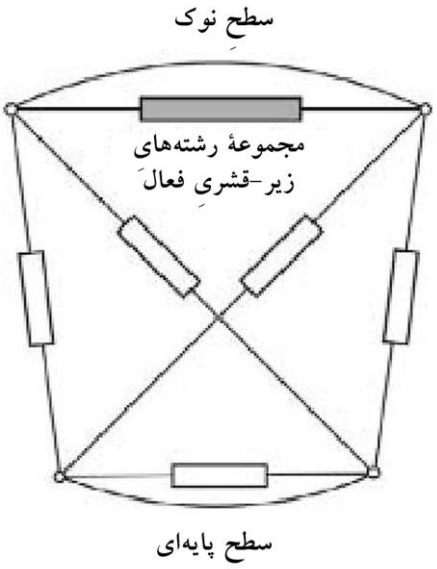
[5] microfilament

[6] muscle fibres

داد. در مدلِ رایانه‌ای، به همهٔ ریزرشته‌ها ویژگی‌هایی کمّی اختصاص داده شد و نام‌هایی برای‌شان انتخاب شد که برایِ فیزیک‌دانان معنادار بودند، مثلِ «ضریبِ میراییِ ناروانی[1]» و «ثابتِ فنرِ کش‌سان[2]». به معنیِ دقیقِ آن‌ها کاری نداشته باشید. آن‌ها مقادیری هستند که فیزیک‌دانان در فنرها اندازه می‌گیرند. با وجودِ این که در یک سلولِ واقعی ممکن است بسیاری از رشته‌ها قابلیتِ انقباض داشته باشند، اوسترِ و همکارانش، به منظورِ ساده‌سازیِ امور، تنها به یکی از رشته‌ها چنین قابلیتی دادند. این که آن‌ها، با وجودِ حذفِ مجموعه‌ای از ویژگی‌هایِ شناخته‌شدهٔ سلول از مدلِ خود، باز هم توانسته بودند نتایجی مطابقِ با واقعیت حاصل کنند نشان می‌داد که این احتمال وجود دارد که، به کمکِ مدلی پیچیده‌تر که آن ویژگی‌ها را لحاظ می‌کند، بتوان نتایجی دست‌کم به همان خوبی گرفت. پس، به جایِ این که بگذارند آن رشته‌ای که در مدل‌شان قابلیتِ انقباض داشت به اختیارِ <آزمایشگران> منقبض شود، ویژگی‌ای را برایش تعریف کردند که در انواعِ خاصی از فیبرهایِ عضلانی رایج است. فیبرهایِ عضلانی، وقتی که فراتر از حدِ بحرانیِ خاصی کشیده می‌شود، با انقباضِ خود و کاهشِ طولِ خود، به اندازه‌ای بسیار کوچک‌تر از حالتِ تعادلِ خود، واکنش نشان می‌دهند.

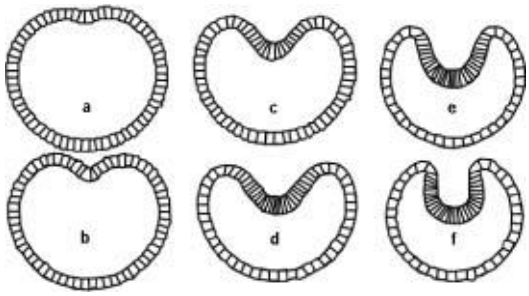
[1] viscous damping coefficient

[2] elastic spring constant




**شکل ٤٦ - ریزرشته‌هایِ درونِ سلولِ مدلِ اوسترِ**

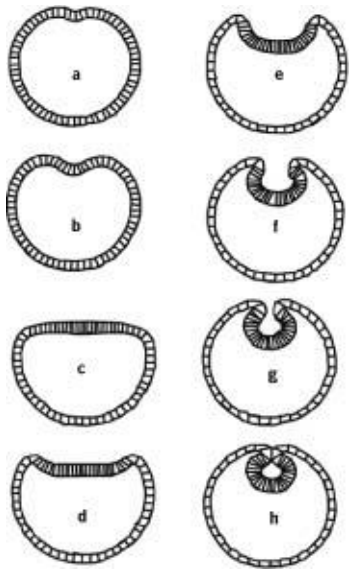
پس، مدلی را برایِ یک سلول طراحی کرده‌ایم. این مدل به مراتب ساده شده است و شاملِ شکلی دوبعدی است که شش فنرِ کش‌سان در آن تعبیه شده است. یکی از فنرها یک ویژگیِ خاص دارد و در صورتی که نیرویِ کششیِ خارجی به آن اعمال شود، با انقباضِ فعالانه به آن واکنش نشان می‌دهد. این گامْ اولین گامِ فرآیندِ مدل‌سازی است. در گامِ دوم، اوسترِ و همکارانش چند دستهٔ حدوداً ده‌تایی از این سلول‌هایِ مدل را تکثیر کردند و آن‌ها را، در قالبِ یک دایره و به شکلِ یک تندالهٔ دوبعدی، در کنارِ یک‌دیگر چیدند. سپس، یکی از سلول‌ها را انتخاب کردند و رشتهٔ انقباضیِ آن را به نحوی پیچاندند که آن را تحریک به انقباض کنند. اتفاقی که در نتیجهٔ آن رخ داد آن قدر شگفت‌انگیز است که باورش مشکل است. تندالهٔ مدل به کُماله تبدیل شد! در شکل ۴۷، شش عکسِ گرفته‌شده از صفحه آمده‌اند که سیرِ وقایع را نشان می‌دهند (تصاویرِ «آ» تا «ج»). موجی از انقباض به سمتِ طرفینِ سلولِ تحریک‌شده منتشر شد و تودهٔ توپیِ سلول ناگهان در خودش تورفتگی ایجاد کرد.




**شکل ۴۷ -کُمالگیِ تندالهٔ مدلِ اوستِر**

ماجرا از این هم جالب‌تر می‌شود. اوستِر و همکارانش کاهشِ «آستانهٔ شلیکِ[1]» رشتهٔ انقباضی را، در مدلِ رایانه‌ایِ خود، آزمایش کردند. در نتیجهٔ آن، موجی پیش‌رونده از تورفتگی به راه افتاد و، با فشارِ خود، «لوله‌ای عصبی» را به وجود آورد (عکس‌هایِ گرفته‌شده از صفحهٔ رایانه، a تا h، درشکل ۴۸). درکِ ماهیتِ واقعیِ چنین مدلی بسیار مهم است. این مدل نموداری دقیق از نحوهٔ تشکیلِ لولهٔ عصبی نیست. افزون بر این که این مدل دوبعدی و، از بسیاری جهات، ساده شده است، تودهٔ سلولی که «تشکیلِ لولهٔ عصبی» داد (تصویرِ صفحهٔ $a$) «کُماله»ای دولایه‌ای — چنان که در حقیقت باید باشد — نیست. نقطهٔ شروع همان حالتِ تندالهٔ‌گونه‌ای بود که در مدلِ کُمالگیِ بالا نیز به آن برخوردیم. مهم نیست. قرار نیست که یک مدل، از هر لحاظ، کاملاً دقیق باشد. این مدل، <با وجودِ سادگی‌اش>، بسیاری از جنبه‌هایِ رفتاریِ سلول‌ها را در اوایلِ عمرِ رویان باز می‌نمایاند. وقتی که «گلوله»ای از سلول ناگهان به محرک پاسخ می‌دهد، با این که این مدل بسیار ساده‌تر از شرایطِ واقعی است، دلیلِ افزون‌تری برایِ محکم بودنِ این مدرک است. به ما نشان می‌دهد که فرگشتِ فرآیندهایِ آغازینِ مختلفِ رویانی لازم نبوده است که آن قدرها هم پیچیده باشند. توجه داشته باشید که این مدل است که ساده است، نه پدیده‌ای که آن را نشان می‌دهد. این ویژگیِ عمدهٔ یک مدلِ علمیِ خوب است.

[1] firing threshold




**شکل ٤٨ – تشکیلِ «لولهٔ عصبی» در مدلِ اوسترِ**

هدفم از شرحِ مدل‌هایِ اوسترِ این بود که نشان دهم که سلول‌ها بر اساسِ چه ***نوع*** اصولِ کلی‌ای با یک‌دیگر تعامل می‌کنند و بدنی را، بدونِ در دست داشتنِ هر گونه نقشهٔ ساخت، می‌سازند. چیزی شبیهِ تا زدن در اوریگامی و ایجادِ تورفتگی و فشردنِ مشاهده‌شده در مدلِ اوسترِ تنها نمونه‌هایی از ساده‌ترین روش‌هایِ ساختِ رویان هستند. روش‌هایِ پیچیده‌تر، در مراحلِ بعدیِ رشدِ رویان، واردِ صحنه می‌شوند. برایِ نمونه، آزمایش‌هایِ هوشمندانه‌ای نشان داده‌اند که سلول‌هایِ عصبیِ بیرون‌آمده از درونِ نخاع یا مغز راهِ خود را تا اندامِ مقصد، نه از رویِ طرحی کلی، بلکه از طریقِ نوعی جاذبهٔ شیمیایی پیدا می‌کنند؛ همچون سگِ نری که با بو کشیدن سگِ ماده‌ای را که راغب به رابطهٔ جنسی است پیدا می‌کند. امبریولوژیستِ برندهٔ جایزهٔ نوبل، راجر اِسپری[1]، یکی از اولین و شاخص‌ترین آزمایش‌ها را انجام داد که این اصل را، به صورتِ تمام‌عیار، نشان می‌دهد. اسپری و یکی از همکارانش بچه قورباغه‌ای[2] را برایِ آزمایش انتخاب کردند و تکه‌ای کوچک و مربع‌شکل را از پشتش جدا کردند. تکهٔ مربع‌شکلِ دیگری را، با همان اندازه، از شکمش برداشتند.

[1] Roger Sperry

[2] tadpole

سپس، این دو مربع را به بدنش پیوند زدند، اما جای‌شان را با یک‌دیگر عوض کردند: پوستِ شکم را به کمر و پوستِ کمر را به شکمش پیوند زدند. وقتی که آن بچه قورباغه قورباغه‌ای بزرگ شد — همان طور که از اکثرِ آزمایش‌هایِ امبریولوژیک انتظار می‌رود — نتیجهٔ خیلی جالبی مشاهده شد: تکه پوستِ شکمیِ سفیدی، همچون یک تمبرِ پستیِ تمام-و-کمال، در وسطِ کمرش که تیره و خال‌خالی بود، پدیدار شد و تکه پوستی تیره و خال‌خالی، همچون یک تمبرِ پستیِ دیگر، رویِ شکمِ سفیدش ظاهر شد. و حال به نکتهٔ اصلیِ این داستان می‌رسیم. در حالتِ عادی، اگر با یک نخِ مو پشتِ قورباغه را قلقلک دهید، قورباغه آن قسمت را با یکی از پاهایش پاک می‌کند؛ چنان که گویی می‌خواهد مگسی مزاحم را از خود دور کند. اما وقتی که اسپری «تمبرِ پستیِ» سفیدِ رویِ کمرِ قورباغهٔ موردِ آزمایش را قلقلک می‌داد، قورباغه شکمش را پاک می‌کرد! و وقتی که اسپری «تمبرِ پستیِ» سیاهِ رویِ شکمش را قلقلک می‌داد، قورباغه پشتش را پاک می‌کرد.

بنا به تعبیرِ اسپری، چیزی که، در حالتِ عادی، در رشدِ رویان رخ می‌دهد از این قرار است. یک سری از آکسون‌ها[1] («سیم»هایی بلند، باریک، و لوله‌ای‌شکل که هر یک دنبالهٔ سلولِ عصبی‌ای واحد هستند)، از درونِ نخاع، رشد می‌کنند و همچون یک سگ، بوکشان، به دنبالِ پوستِ شکم می‌گردند. آکسون‌هایِ دیگری نیز از درونِ نخاع رشد می‌کنند و «بوکشان» به دنبالِ پوستِ کمرِ <قورباغه> می‌گردند. و معمولاً هم نتیجهٔ کار درست از آب در می‌آید: منشاءِ قلقلک‌هایِ رویِ کمرْ رویِ کمر حس می‌شود و منشاءِ قلقلک‌هایِ رویِ شکمْ رویِ شکم. اما در قورباغهٔ آزمایشِ اسپری، بعضی از سلول‌هایِ عصبی، که بوکشان به دنبالِ پوستِ شکم می‌گشته‌اند، از «تمبرِ پستیِ» پوستِ شکمی سر در می‌آورند که رویِ کمرِ قورباغه پیوند زده شده بود. شاید به این دلیل که بویِ آن <با آن چیزی که به دنبالش بوده‌اند> هم‌خوانی داشته است. و برعکس. کسانی که به نوعی نظریهٔ *لوحِ سفید*[2] (این باور که ذهنِ همهٔ ما، هنگامِ تولد، همچون لوحی سفید است و تجربیاتْ آن را پر

[1] axon

[2] tabula rasa

می‌کنند) باور دارند نتیجهٔ آزمایشِ اسپِری را عجیب خواهند یافت. این دسته از اَفراد انتظار دارند که قورباغه‌ها، از رویِ تجربه، نحوهٔ حس کردنِ <تحریکاتِ> پوستی را یاد بگیرند و احساساتِ دریافتی را، تا منشاءِ درست‌شان رویِ پوست، ردیابی کنند. اما چنین به نظر می‌رسد که گویی هر یک از سلول‌هایِ عصبیِ نخاع، حتی پیش از این که هیچ گونه تماسی با پوستِ متناظرش داشته باشد، برچسبی دارد که رویِ آن، مثلاً، نوشته شده است «سلولِ عصبیِ شکم» یا «سلولِ عصبیِ پشت». بعد، آن سلولِ عصبی آن نقطهٔ هدفی را که رویِ پوست برایش تعیین شده است، هر جا که باشد، پیدا می‌کند. اگر مگسی رویِ پشتِ قورباغهٔ اسپِری راه برود، این توهم به قورباغه دست می‌دهد که آن مگس ناگهان، از رویِ کمر به رویِ شکمش، پریده است و، پس از این که مگس اندکی جلوتر می‌رفت، قورباغه ناگهان حس می‌کرد که مگس دوباره رویِ کمرش پریده است.

اسپِری، بر اساسِ آزمایش‌هایی از این دست، فرضیهٔ «وابستگیِ شیمیاییِ» خود را مطرح کرد. بر اساسِ این فرضیه، دستگاهِ عصبی «سیم‌کشیِ» خود را بر اساسِ نقشهٔ ساختی کلی انجام نمی‌دهد، بلکه تک-تک آکسون‌ها به جست-و-جویِ آن اندامی می‌روند که وابستگیِ شیمیاییِ خاصی به آن دارند. باز هم تکرار می‌کنم. همهٔ ما واحدهایِ کوچک و محلی داریم که از قوانینی محلی تبعیت می‌کنند. به طورِ کلی، سلول‌ها پوشیده از «برچسب» هستند. این برچسب‌ها علائمی شیمیایی هستند که به آن‌ها، در یافتنِ «یار»شان، کمک می‌کند. حال می‌توانیم به قیاسِ اوریگامی باز گردیم تا با یکی دیگر از مواردی آشنا شویم که این اصلِ برچسب‌گذاری در آن کاربرد دارد. ما انسان‌ها، در اوریگامیِ کاغذی از چسب استفاده نمی‌کنیم، اما این امکان وجود دارد. و در اوریگامیِ رویانی، که طیِ آن حیوانات بدنِ خود را سر-هم-بندی می‌کنند، در واقع، از چیزی استفاده می‌شود که معادلِ چسب است. آن را به سببِ فراوانی‌اش به چسب تشبیه می‌کنیم و در این مرحله است که برچسب‌گذاری‌ها پیروزمندانه به هدفِ خود می‌رسند. سلول‌ها مجموعه‌ای از «مولکول‌هایِ چسبناک» پیچیده را، بر سطحِ خود، دارند که از طریقِ آن خود را، به دیگر سلول‌ها، می‌چسبانند. این چسب‌کاریِ سلولی نقشِ مهمی را در رشدِ رویان، در همهٔ اجزایِ بدن، ایفا می‌کند. البته تفاوتِ عمده‌ای با چسب‌هایی که ما با آن‌ها سر-و-کار داریم دارد. از دیدِ ما، چسبْ چسب است. بعضی از

چسب‌ها قوی‌تر از دیگران هستند؛ بعضی زودتر از دیگر چسب‌ها خشک می‌شوند؛ و بعضی چسب‌ها برایِ چوب مناسب‌اند، اما بعضی دیگر برایِ فلز و پلاستیک. اما تقریباً تنوعِ چسب‌هایی که ما می‌شناسیم به همین جا ختم می‌شود.

مولکول‌هایِ چسبِ سلول بسیار هوشمندتر از این‌ها هستند. می‌شود گفت که «ایرادگیرتر و حساس‌تر» هستند. بر خلافِ چسب‌هایِ مصنوعیِ ساختِ ما که برایِ بیشترِ سطوح قابلِ استفاده‌اند، مولکول‌هایِ چسبِ سلولی صرفاً به مولکول‌هایِ چسبِ سلولیِ خاصی می‌چسبند. یکی از دسته‌هایِ مولکول‌هایِ چسبناک، در مهره‌داران «کادهرین[1]» نام دارد که حدودِ هشتاد نوعِ آن کشف شده است. به استثناءِ چند مورد، هر یک از این حدوداً هشتاد کادهرین فقط به هم‌نوعِ خودش می‌چسبد. یک دقیقه این استعارهٔ چسب را فراموش کنید. شاید یکی از بازی‌هایِ کودکان در جشن‌ها قیاسِ بهتری باشد. در این بازی، نامِ یک حیوان به هر یک از بچه‌ها داده می‌شود. سپس، آن‌ها، در حالی که صدایِ حیوانِ مربوطه‌شان را در می‌آورند، در اتاق به راه می‌افتند. بچه‌ها می‌دانند که تنها به یکی دیگر از کودکان، حیوانِ مشابهِ خودشان، اختصاص داده شده است و سعی می‌کنند که، با گوش دادن به هیاهویِ حاصل از تقلیدِ صدایِ حیواناتِ مختلف، یارِ خود را پیدا کنند. کادهرین هم به همین شکل عمل می‌کند. شاید شما هم، مانندِ من، تصورش برای‌تان سخت باشد که چطور آغشته شدنِ سطحِ سلول‌ها به کادهرین‌هایی خاص، در نقاطی راهبردی، می‌تواند اصولِ خودمونتاژِ اوریگامیِ رویان را بهبود بخشد و دقیق‌تر کند. در این جا نیز دقت داشته باشد که هیچ گونه طرحِ کلی از این پدیده برداشت نمی‌شود، بلکه مجموعه‌ای از قوانینی محلی در کار است که به صورتِ جداگانه رعایت می‌شوند.

## آنزیم‌ها[2]

[1] cadherin

[2] enzyme

حال که نحوهٔ اوریگامی بازی کردنِ برگه‌هایِ سلولیِ کامل را، درشکل دادنِ رویان، شرح دادیم، وقتِ آن رسیده است که به بررسیِ این فرآیندها در درونِ یک سلول بپردازیم. داخلِ سلول نیز به اصولِ خود-تا-زنی و خود-مچاله-کردنِ مشابهی بر می‌خوریم، اما در مقیاسی بسیار کوچک‌تر: در مقیاسِ یک مولکولِ پروتئین. پروتئین‌ها اهمیتی اساسی دارند و جا دارد سطوری را به بیانِ چراییِ اهمیت‌شان اختصاص دهم. این توضیح را با حدسی کنجکاوی‌برانگیز شروع می‌کنم که اهمیتِ ویژهٔ پروتئین را نشان می‌دهد. یکی از گمانه‌زنی‌هایِ موردِ علاقهٔ من این است که حیات در دیگر نقاطِ گیتی، در صورتِ وجود، چه تفاوت‌هایِ عجیبی می‌تواند با حیات بر رویِ زمین داشته باشد؟ اما یکی دو مورد هست که، به گمانِ من، باید در هر جایی که حیاتی وجود داشته باشد برقرار باشد. هر گونه حیاتی باید نتیجهٔ فرآیندی مرتبط با انتخابِ طبیعیِ داروینیِ ژن‌ها باشد. و، همچنین، باید شدیداً وابسته به پروتئین یا مولکول‌هایی باشد که، مانندِ پروتئین، می‌توانند خود را «تا بزنند» و شکل‌هایِ بسیار متنوعی را ایجاد کنند. مولکول‌هایِ پروتئین — در مقیاسی بسیار کوچک‌تر از برگه‌هایِ سلولی، که تا اینجا درباره‌شان صحبت کردیم — از ماهرترین اساتیدِ هنرِ خوداوریگامی هستند. مولکول‌هایِ پروتئین نمونه‌ای خیره‌کننده را از چیزی که با تبعیت از قوانینی محلی، در مقیاسی محلی، می‌توان به آن دست یافت به نمایش می‌گذارند.

پروتئین‌ها زنجیره‌ای از مولکول‌هایِ کوچک‌تر، به نامِ «آمینو اسید» هستند و این زنجیره‌ها نیز، همچون ورق‌هایِ سلولی که از آن‌ها سخن گفتیم، می‌توانند خودشان را تا بزنند، اما به شیوه‌هایی بسیار معین و در مقیاسی بسیار کوچک‌تر. در پروتئین‌هایی که به صورتِ طبیعی یافت می‌شوند، تنها بیست نوع آمینو اسید وجود دارد (این موضوعی است که ممکن است در عوالمِ بیگانه متفاوت باشد). هر پروتئین زنجیره‌ای متشکل از به-هم-پیوستنِ همین بیست آمینو اسید است که خود زیرمجموعه‌ای از مجموعهٔ بزرگ‌تری از آمینو اسیدهایِ ممکن هستند. حال به خوداوریگامی می‌پردازیم. مولکول‌هایِ پروتئین، به سادگی، با تبعیت از قوانینِ شیمیایی و ترمودینامیک[1]، به صورتِ

[1] thermodynamics

خود-به-خودی و ناگهانی، به شکل‌هایی سه‌بعدی و ظریف در می‌آیند — نزدیک بود بگویم «گره می‌خورند»، اما، بر خلافِ بی‌فَک‌ماهی‌ها (صرفاً محضِ این که حقیقتی جالب را همین‌طوری بپرانم بی‌آن‌که تبعاتی داشته باشد)، پروتئین‌ها، در معنایِ واقعی، با گره به یک‌دیگر وصل نمی‌شوند. سازهٔ سه‌بعدی، که از طریقِ تا خوردن و چرخشِ زنجیره‌هایِ پروتئینی حاصل می‌شود، یک «سازهٔ سه‌تایی» است؛ مانندِ همان سازه‌ای که در بحثِ ویروس‌هایِ خودمونتاژ به آن‌ها بر خوردیم. هر ترتیبِ خاصِ آمینو اسید الگویِ تایِ خاصی را دیکته می‌کند. ترتیبِ آمینو اسید، که خود به واسطهٔ حروفِ کدِ ژنتیکی تعیین می‌شود، شکلِ این الگویِ سه‌تایی را تعیین می‌کند.[ix] شکلِ این سازهٔ سه‌تایی نیز پیامدهایِ شیمیاییِ بسیار مهمی دارد.

قواعدِ جاذبهٔ شیمیایی و قواعدی که تعیین کنندهٔ پیوندِ سه‌گانهٔ[1] اتم‌ها به یک‌دیگراند تعیین‌کنندهٔ خوداوریگامی‌ای هستند که زنجیره‌هایِ پروتئین، بر اساسِ آن، خود را تا می‌زنند و در یک‌دیگر می‌پیچند. گردنبندی را از آهن‌رباهایی با طرح‌هایی عجیب-و-غریب تصور کنید. این گردنبند با انحنایی شکیل بر گردنی شکیل نمی‌نشیند و شکلِ دیگری به خود می‌گیرد. از آنجا که آهن‌رباها در یک‌دیگر می‌تنند و در تورفتگی‌هایِ یک‌دیگر قفل می‌شوند، گردنبند شکلی نامنظم و در-هم-و-بر-هم به خود می‌گیرد. بر خلافِ زنجیرهٔ پروتئینی، نحوهٔ قرارگیریِ دقیقِ آهن‌رباها قابلِ پیش‌بینی نیست؛ چرا که هر آهن‌ربایی ممکن است آهن‌ربایی دیگر را به خود جذب کند. اما <این قیاس> به خوبی نشان می‌دهد که زنجیره‌هایِ آمینو اسید چگونه می‌توانند، خودانگیخته، ساختاری پیچیده و در-هم-گره-خورده را تشکیل دهند که ممکن است به زنجیره یا گردنبند هم شباهتی نداشته باشد.

هنوز جزئیاتِ قوانینِ شیمیایی در تعیینِ سازهٔ سه‌تاییِ پروتئین‌ها به طورِ کامل فهمیده نشده است: شیمی‌دان‌ها نمی‌توانند، در همهٔ موارد، شیوهٔ در-هم-تنیده-شدنِ دنباله‌ای از آمینواسیدها را

[1] tertiary

درک کنند. با وجودِ این، شواهدِ خوبی وجود دارد که نشان می‌دهد می‌توان شکلِ سازهٔ سه‌تایی را، ***اصولاً***، از ترتیبِ آمینو اسیدها استنتاج کرد. واژهٔ «اصولاً» واژهٔ رازآلودی نیست. هیچ کس نمی‌تواند پیش‌بینی کند که تاس چه عددی را نشان‌مان می‌دهد، اما همهٔ ما معتقدیم که جزئیاتِ مربوط به نحوهٔ ریخته شدنِ آن و عواملی همچون مقاومتِ هوا و مانندِ آن تعیین می‌کنند که چه عددی رو خواهد شد. این موضوع حقیقتی ثابت شده است که دنباله‌هایِ خاصی از آمینواسیدها همیشه، به شکلی خاص یا یکی از مجموعه شکل‌هایِ مجزایِ دیگر، در هم می‌تنند (رجوع شود به پاورقیِ طولانیِ صفحهٔ بعد). و نکته‌ای که برایِ فرگشت اهمیتی اساسی دارد این است که ترتیبِ آمینواسیدها، به طورِ کامل، از طریقِ اعمالِ قواعدِ کدهایِ ژنتیکی و ترتیبِ «حروف» (سه‌گانهٔ) یک ژن، تعیین می‌شود. با این که شیمی‌دان‌ها نمی‌توانند پیش‌بینی کنند که چه تغییری در شکلِ پروتئین از یک جهشِ ژنتیکیِ خاص حاصل می‌شود، همچنان این امر حقیقت دارد که وقتی جهشی رخ داد، تغییری که، در پیِ آن، در شکلِ پروتئین ایجاد می‌شود، اصولاً، قابلِ پیش‌بینی است. ژنِ جهش‌یافته‌ای یکسان همواره تغییری یکسان (یا یکی از تغییرهایِ موجود در «منو»یِ شکل‌هایِ جایگزین) را در شکلِ پروتئین ایجاد می‌کند. و تنها همین قضیه است که برایِ انتخابِ طبیعی اهمیت دارد. برایِ انتخابِ طبیعی درکِ این که یک تغییرِ ژنتیکی چگونه پیامدی خاص را به وجود می‌آورد اهمیتی ندارد، تنها چیزی که برایش مهم است این است که آن تغییر پیامدی دارد. اگر آن پیامد بر رویِ بقا تأثیر بگذارد، ژنِ تغییریافته برجا می‌ماند یا برایِ تسلط بر استخرِ ژنی واردِ رقابت می‌شود؛ چه مسیری را که ژن، از طریقِ آن، بر پروتئین تأثیر می‌گذارد درک بکنیم، چه آن را درک نکنیم.

با توجه به این که شکلِ پروتئین تنوعِ بسیار گسترده‌ای دارد و این که شکلِ آن را ژن‌ها تعیین می‌کنند، دلیلِ اهمیتِ این چنین بالایِ آن چیست؟ دلیلِ اهمیتِ آن، تا اندازه‌ای، این است که بعضی پروتئین‌ها نقشی ساختاری در بدن ایفاء می‌کنند. پروتئین‌هایِ رشته‌ای (پروتئین‌هایِ ساختاری)، همچون کلاژن[1]، در قالبِ «ریسمان»هایی تنومند، که به آن‌ها «رباط[1]» یا «تاندون[2]» می‌گوییم، به

[1] collagen

یک‌دیگر می‌پیوندند. اما بیشترِ پروتئین‌ها رشته‌ای نیستند. دیگر پروتئین‌ها خود را در قالبِ شکل‌هایِ توپ‌گونهٔ منحصر-به-خود در می‌آورند که در خود فرورفتگی‌هایی دارند و این شکل تعیین‌کنندهٔ نقشِ خاصِ این دسته از پروتئین‌ها، به عنوانِ ***آنزیم***، است. آنزیم نوعی ***کاتالیزگر*** [3]می‌باشد.

کاتالیزگر ماده‌ای است که واکنشی شیمیایی را میانِ دو ماده، چند میلیارد یا حتی چند تریلیون برابر، تسریع می‌بخشد اما خود، دست‌نخورده، از فرآیند بیرون می‌آید و آزاد است که واکنشِ دیگری را کاتالیزه کند. آنزیم‌ها، که کاتالیزگرِ پروتئین‌ها هستند، به سببِ ***ویژگی‌شان***، از قهرمانانِ کاتالیزگرها محسوب می‌شوند: آن‌ها خیلی ایرادگیر و افاده‌ای هستند و فقط واکنش‌هایِ شیمیاییِ خاصی را تسریع می‌کنند. یا شاید بتوان گفت که واکنش‌هایِ شیمیاییِ درونِ سلول‌هایِ زنده نسبت به این که چه آنزیمی آن‌ها را تسریع می‌کند بسیار ایرادگیر و حساس هستند. بسیاری از واکنش‌هایِ شیمیاییِ سلول آن قدر آرام‌اند که، بدونِ آنزیمِ مناسب‌شان، می‌توان گفت که عملاً رخ نمی‌دهند. اما در حضورِ آنزیمِ مناسب‌شان، بسیار سریع انجام می‌شوند و می‌توانند به صورتِ انبوه فرآورده تولید کنند.

بگذارید این پدیده را این گونه بیان کنم. در یک آزمایشگاهِ شیمی صدها بطری در قفسه وجود دارد که هر کدام حاویِ موادی خالص هستند، موادی چون ترکیب‌ها و عناصرِ مختلف و محلول‌ها و پودرهایِ گوناگون. یک شیمی‌دان که مایل است واکنشِ شیمیاییِ خاصی را انجام دهد؛ دو یا سه بطری را انتخاب می‌کند؛ مقداری ماده را از هر کدام بر می‌دارد؛ آن‌ها را، در یک لولهٔ آزمایش یا فلاسک، با یک‌دیگر مخلوط می‌کند؛ شاید کمی هم آن‌ها را گرم کند؛ و، بعد، واکنش انجام می‌شود. دیگر واکنش‌هایِ شیمیایی، که به صورتِ بالقوه می‌توانستند در آزمایشگاه رخ دهند، رخ نمی‌دهند؛ چرا که پوششِ شیشه‌ایِ بطری‌ها مانع از ترکیبِ مواد با یک‌دیگر می‌شود. اگر مایل به

---

[1] ligament

[2] tendon

[3] catalyst

انجامِ واکنشِ شیمیاییِ دیگری باشید، می‌توانید موادِ دیگری را، در فلاسکی دیگر، با یک‌دیگر ترکیب کنید. موانعی شیشه‌ای، در همه جا، موادِ خالص را، در قالبِ بطری یا ظروفِ مختلف، از یک‌دیگر جدا نگه می‌دارند و موادی را، که در حالِ واکنش با یک‌دیگر هستند، در قالبِ لوله‌ها یا لیوان‌هایِ آزمایشگاهی و یا فلاسک‌هایِ مختلف، از یک‌دیگر جدا نگه می‌دارند.

سلولِ زنده نیز مانندِ یک آزمایشگاهِ شیمیِ بزرگ است و انباری، به همان بزرگی، از موادِ شیمیاییِ مختلف نیز دارد. اما این مواد در ظروفِ مختلف، بر رویِ قفسه‌هایِ گوناگون، نگه داشته نشده‌اند. آن‌ها همگی با هم مخلوط هستند. چنان که گویی یک آشوبگر، یک حکمرانِ شیمیاییِ هرج-و-مرج-طلب، واردِ آزمایشگاه شده است، همهٔ ظروف را از رویِ قفسه برداشته است و آن‌ها را، با بی‌نظمی، در یک بادیهٔ بزرگ ریخته است. انجامِ چنین کاری فاجعه‌بار است، مگر نه؟ اگر همهٔ این مواد می‌توانستند، در هر حالتی که برای‌شان ممکن است، با یک‌دیگر ترکیب شوند، این اتفاق واقعاً فاجعه می‌بود. اما چنین اتفاقی رخ نمی‌دهد. یا اگر هم رخ بدهد، آن قدر سرعتِ واکنش‌شان اندک است که اگر واکنش ندهند سنگین‌تر است. ***مگر این که*** (و نکتهٔ اصلی این جاست) آنزیمی حضور داشته باشد. هیچ لزومی ندارد که این مواد، در ظرف‌هایِ شیشه‌ای، از یک‌دیگر جدا نگه داشته شوند؛ چرا که عملاً، با یک‌دیگر واکنش نخواهند داد، مگر در حضورِ آنزیمِ مناسب. معادلِ نگه‌داشتنِ موادِ شیمیایی در ظروفِ دربسته، تا زمانِ ترکیبِ جفتی خاص (مثلاً «آ» و «ب») با یک‌دیگر، این است که همهٔ صدها ماده را، در بادیهٔ بزرگِ ساحره‌ای بریزند، اما آنزیمِ مناسب را نیز، برایِ کاتالیزه کردن، صرفاً، واکنشِ بینِ «آ» و «ب» (و نه هیچ واکنشی دیگر) به محلول اضافه کنند. در واقع، استعارهٔ این که فردی، با تمایلاتِ آنارشیستی[1]، بطری‌ها را به هم زده باشد کمی زیاده‌روی است. سلول‌ها زیرساختی متشکل از غشاء دارند که واکنش‌هایِ شیمیایی، در میان و، همچنین، در درون‌شان، انجام می‌شوند. تا اندازه‌ای، این غشاءها نقشِ همان شیشه‌ای را ایفاء می‌کند که میانِ لوله‌هایِ آزمایش و فلاسک‌هایِ مختلف قرار دارد.

[1] anarchist

نکتهٔ کلیدیِ این بخش از این فصل این است که ویژگیِ «مناسب بودنِ» یک آنزیم عمدتاً مرهونِ شکلِ فیزیکیِ آن است (و این نکتهٔ مهمی است؛ چرا که شکلِ فیزیکی را ژن‌ها تعیین می‌کنند و انتخابِ طبیعی هم دربارهٔ تنوعِ همین ژن‌هاست که قضاوت می‌کند). انبوهی از مولکول‌ها، در «سوپِ» داخلِ سلول، از کنارِ یک‌دیگر رد می‌شوند و دورِ یک‌دیگر می‌چرخند. ممکن است مولکولِ «آ» خیلی مایل به انجامِ واکنش با مولکولِ «ب» باشد، اما این واکنش تنها در صورتی رخ می‌دهد که این دو مولکول، دقیقاً در جهتِ مناسب، با یک‌دیگر برخورد کنند. ضرورتاً، چنین چیزی به ندرت رخ می‌دهد، مگر این که آنزیمِ مناسب مداخله کند. شکلِ منظم و دقیقِ آنزیم، که از تا خوردنِ آن در قالبِ «گردنبندی آهن‌ربایی» پدید می‌آید، حفره‌ها و دندانه‌هایی را در آن پدید می‌آورد که، هر کدام از آن‌ها نیز، شکلی خاص و دقیق دارند. هر آنزیم جایگاهی خاص دارد که به آن «جایگاهِ فعال» گفته می‌شود. این جایگاه دندانه یا فرورفتگی‌ای است که شکل و ویژگی‌هایِ شیمیایی‌اش تعیین‌کنندهٔ ویژگیِ آن آنزیم است. واژهٔ «فرورفتگی»، آن طور که شاید، ویژگی و دقتِ این مکانیزم را بیان نمی‌کند. شاید بهتر باشد این فرورفتگی را با پریزِ برق مقایسه کنیم. کشورهایِ مختلف، در سراسرِ جهان، معیارهای قراردادی و دلبخواهیِ متفاوتی را برایِ پریزها و اتصالات تعیین کرده‌اند که، دوستِ جانورشناسم، جان کربز[1]، از آن به عنوانِ «توطئهٔ بزرگِ پریز» یاد می‌کند. پریزهایِ برقِ بریتانیایی با پریزهایِ آمریکایی یا فرانسوی مطابقت ندارد و مثال‌هایی از این دست فراوان‌اند. جایگاه‌هایِ فعالِ موجود رویِ سطحِ مولکول‌هایِ پروتئین همچون پریزهایی هستند که تنها با مولکول‌هایِ خاصی هم‌خوانی دارند. اما، با این که نتیجهٔ توطئهٔ بزرگِ پریز صرفاً حدودِ ده پریزِ مختلف در سراسرِ دنیا است (که البته آن قدری هست که موجباتِ سلبِ آسایشِ مسافرانِ قاره‌ای را فراهم کند)، تعدادِ پریزهایِ مختلفِ آنزیم‌ها بسیار فراتر از این حرف‌هاست.

آنزیمی خاص را در نظر بگیرید که کاتالیزگرِ ترکیبِ شیمیاییِ دو مولکولِ P و Q است که ترکیبِ PQ از آن حاصل می‌شود. نیمی از «پریزِ» جایگاهِ فعال دقیقاً برایِ جا دادنِ مولکولِ P مناسب

[1] John Krebs

است، مانندِ یک تکهٔ پازل. شکلِ نیمهٔ دیگرِ همان پریز نیز دقیقاً به گونه‌ای است که یک مولکولِ Q می‌تواند در آن جا بگیرد و درست در جهتی در مقابلِ مولکولِ P — که از قبل در آنجا قرار دارد — قرار بگیرد که جهتِ مناسب، برایِ واکنشِ شیمیاییِ این دو، با یک‌دیگر است. مولکول‌هایِ P و Q، که هر دو در حفره‌ای یکسان قرار دارند و آنزیمی که عاملِ آشناییِ آن‌ها است آن‌ها را دقیقاً، در زاویهٔ مناسب نسبت به یک‌دیگر، قرار داده است، به یک‌دیگر می‌پیوندند. سپس، ترکیبِ جدیدِ PQ، رها می‌شود و واردِ «سوپ» می‌شود. آنگاه، دندانهٔ فعالِ درونِ مولکولِ آنزیم خالی می‌شود و می‌تواند شرایطِ پیوندِ یک P و Q دیگر را فراهم کند. ممکن است یک سلول مملو از مولکول‌هایِ آنزیمِ یکسانی باشد که همچون روبات‌هایِ داخلِ یک کارخانهٔ ماشین‌سازی، به تولیدِ انبوهِ PQ، در چیزی معادلِ مقیاسِ صنعتی برایِ سلول، می‌پردازند. کافی است آنزیمی متفاوت را واردِ سلول کنید و فرآورده‌ای متفاوت، مثلاً QS ،PR یا YZ، را تحویل خواهید گرفت. فرآوردهٔ نهایی متفاوت است، با این که موادِ خامِ در–دسترس یکسان‌اند. بعضی آنزیم‌ها هم ترکیبِ جدیدی نمی‌سازند، بلکه کارشان شکستنِ ترکیب‌هایِ کهنه است. بعضی از این آنزیم‌ها در هضمِ غذا کاربرد دارند و در پودرهایِ شست–و–شویِ «بیولوژیک» نیز از آن‌ها استفاده می‌شود. اما، از آن جا که این فصل دربارهٔ ساختِ رویان است، بیشتر از آنزیم‌هایِ سازنده، که واسطهٔ ساختِ ترکیباتِ شیمیاییِ جدید هستند، سخن خواهیم گفت. تصویرِ رنگی ۱۲ نمونه‌ای از این گونه فرآیندهایِ در–حالِ–رخداد را نشان می‌دهند.

ممکن است سؤالی برای‌تان پیش آمده باشد. تا این جا که صحبت از دندانه و پریز و جایگاه‌هایِ فعالِ بسیار ویژه‌ای بود که می‌توانند واکنشِ شیمیاییِ خاصی را، چند تریلیون برابر، تسریع کنند، حرف‌تان منطقی به نظر می‌رسد. اما این رخدادها آن قدر کامل به نظر می‌رسند که تصورِ واقعی بودن‌شان سخت است، این طور نیست؟ مولکول‌هایِ آنزیمی که دقیقاً شکلِ مناسب را <برایِ تسریعِ واکنش> دارند چگونه، از جایی که چنان کامل نبوده‌اند، فرگشتِ خود را شروع کرده‌اند و به این جا رسیده‌اند؟ احتمالِ این که فرورفتگی‌ای، که به صورتِ تصادفی شکل گرفته است، دقیقاً به شکل و ویژگی‌هایِ شیمیاییِ مناسب، برایِ مهیا کردنِ پیوندِ دو مولکولِ P و Q، دست یابد و

برخوردِ این دو مولکول را، درست در زاویهٔ مناسب، تنظیم کند چقدر است؟ «پازلی تکمیل‌شده» پاسخِ خیلی خوبی برایِ این معمّا نیست؛ همچنین «توطئهٔ بزرگِ پریز». در واقع، پاسخِ درستْ «سیرِ پیشرفتِ ملایم» است. وقتی که با این معمّا روبرو می‌شویم که چگونه چیزهایی پیچیده و نامحتمل، از طریقِ فرگشت، به وجود آمده‌اند، مغالطهٔ رایج این است که فرض را بر این بگذاریم که نتیجهٔ کاملِ به‌دست‌آمده، که امروزه شاهدش هستیم، همیشه به همین منوال بوده است. مولکول‌هایِ آنزیم فرگشتِ گسترده‌ای یافته‌اند و دقیقاً شکلی را به خود گرفته‌اند که چند تریلیون برابر کردنِ سرعتِ واکنش‌هایی را که کاتالیزه می‌کنند مقدور می‌کند. این امر، به این دلیل، میسر می‌شود که آن‌ها، با ظرافت، دقیقاً شکلِ مناسب را برایِ انجامِ این کار به خود گرفته‌اند. اما حتماً نیازی نیست که عملکردی با سرعتِ چند تریلیون برابر داشته باشید که انتخابِ طبیعی به نفع‌تان عمل کند. یک میلیون برابر هم کارمان را راه می‌اندازد. هزار برابر هم همین طور. و حتی ده برابر و دو برابر نیز برایِ این که انتخابِ طبیعی قلقِ کار دستش بیاید کافی است. سیرِ پیشرفتِ ملایمی در عملکردِ آنزیم وجود دارد که همهٔ این مراحل را در بر دارد: در آغاز هیچ دندانه‌ای در آن وجود ندارد؛ سپس حفره‌ای زمخت و نادقیق در آن شکل می‌گیرد؛ و، سرانجام، فرورفتگی‌ای در آن پدید می‌آید که شکل و ویژگی‌هایِ شیمیاییِ دقیقاً مناسب و منحصر-به-خود را دارد. وقتی که از «سیر» سخن می‌گوییم، منظور این است که، در هر گام، پیشرفتِ قابلِ ملاحظه‌ای را شاهد هستیم، حتی اگر، نسبت به گامِ پیشینِ خود، پیشرفتِ چندانی به نظر نیاید. و، از منظرِ انتخابِ طبیعی، «بارز» یعنی پیشرفتی کوچک‌تر از حداقلی که برایِ ما قابلِ توجه است.

پس، اکنون متوجه شده‌اید که این فرآیند چگونه کار می‌کند. فوق‌العاده است! سلول یک کارخانهٔ شیمیاییِ همه‌کاره است که توانایی تولیدِ موادِ مختلفِ بسیار را به صورتِ انبوه دارد و انتخابِ این که چه ماده‌ای تولید شود به این بستگی دارد که چه آنزیمی حضور دارد. و چه چیزی تعیین کنندهٔ ***این انتخاب*** است؟ این که چه ژنی «***روشن***» باشد. همان گونه که موادِ شیمیاییِ

بسیاری در سلول وجود دارند اما تنها تعدادِ کمی از آن‌ها با یک‌دیگر واکنش می‌دهند، هستهٔ هر سلول[1] نیز کلِ ژنوم را در خود دارد، اما تنها تعدادِ اندکی از ژن‌هایِ آن روشن هستند. وقتی که ژنی در، مثلاً، یک سلولِ لوزالمعده[2] روشن باشد، ترتیبِ کدهایش، مستقیماً، ترتیبِ آمینواسیدهایِ یک پروتئین را تعیین می‌کنند. ترتیبِ آمینواسیدها نیز شکلی را که، از طریقِ خوداوریگامیِ پروتئین، به دست می‌آید تعیین می‌کند. شکلِ پروتئین نیز شکلِ دقیقِ حفره‌هایِ تشکیل‌شده‌ای را تعیین می‌کند که پیوندِ موادی را که درونِ سلول شناوراند میسر می‌کند. هر سلولی — به جز استثنائاتی انگشت‌شمار، مانندِ گلبولِ قرمز[3] — دارایِ هسته‌ای است که ژنِ لازم برایِ ساختِ همهٔ آنزیم‌ها را در خود دارد. اما در هر سلول، تنها بعضی از ژن‌ها، در هر زمانِ خاص، روشن هستند. مثلاً، در سلول‌هایِ تیروئید[4]، تنها ژن‌هایی روشن هستند که آنزیم‌هایِ کاتالیزگرِ مناسب برایِ تولیدِ هورمون[5] تیروئید را می‌سازند. و همین شرایط برایِ دیگر سلول‌ها نیز برقرار است. سرانجام، واکنش‌هایِ شیمیایی که در یک سلول رخ می‌دهند شکل و رفتارِ آن را تعیین می‌کند و، همچنین، تعیین می‌کند که آن سلول با دیگر سلول‌ها، چگونه در تعاملاتِ اوریگامی‌گونه، تعامل می‌کند. پس، کلِ رشدِ رویان را ژن‌ها، از طریقِ <دیکته کردنِ> ترتیبِ پیچیده‌ای از رخدادها، کنترل می‌کنند. این ژن‌ها هستند که ترتیبِ آمینو اسیدها را تعیین می‌کنند، سازه‌هایِ سه‌تایی پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند، اَشکالِ پریزمانندِ جایگاه‌هایِ فعال را تعیین می‌کنند، <ویژگی‌هایِ> شیمیاییِ سلول را تعیین می‌کنند، و رفتارِ «سارگونهٔ» سلول را، در رشدِ رویان، تعیین می‌کنند. پس، تفاوت‌هایِ ژنی، در حلقهٔ اولِ این زنجیرهٔ رخدادهایِ پیچیده، باعثِ بروزِ تفاوت در نحوهٔ رشدِ رویان‌ها و، در نتیجه، تفاوت در شکل و رفتارِ

---

[1] cell nucleus

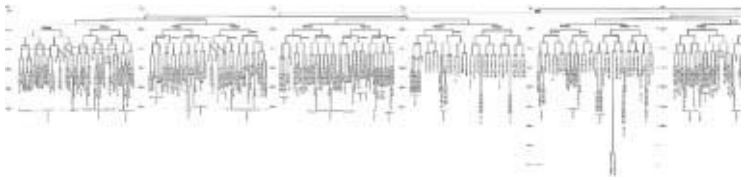
[2] pancreas

[3] red blood corpuscles

[4] thyroid

[5] hormone

بزرگ‌سالان می‌شود. سپس، موفقیتِ این بزرگ‌سالان در تولیدِ مثل و بقا بر بقایِ آن ژن‌هایِ منجر به موفقیت یا شکست، در استخرِ ژنی، تأثیر می‌گذارد. و این همان انتخابِ طبیعی است.



**شکل ۴۹ - شجره‌نامهٔ سلولیِ سینورَبدایتیس الگانس[1]**

رشدِ رویان پیچیده بود و همچنان هم پیچیده است، اما درکِ این نکتهٔ مهم ساده است که ما، در رشدِ رویان، با فرآیندهایِ خودمونتاژِ محلی سر-و-کار داریم. مسئلهٔ دیگری که وجود دارد این است که، با توجه به این که (تقریباً) همهٔ سلول‌ها همهٔ ژن‌ها را در خود دارند، چه عاملی، در سلول‌هایِ مختلف، تعیین می‌کند که کدام ژن‌ها روشن باشند؟ حال، به طورِ خلاصه، به این موضوع می‌پردازم.

## کرم‌ها تلاش خواهند کرد

روشن یا خاموش بودنِ یک ژن را محیطِ شیمیاییِ سلول تعیین می‌کند که خود، از طریقِ دنباله‌ای از ژن‌هایِ دیگر، تعیین می‌شود که به آن‌ها «ژن‌هایِ سوئیچی» یا «ژن‌هایِ کنترل‌کننده» می‌گویند. سلول‌هایِ تیروئید بسیار متفاوت از سلول‌هایِ ماهیچه هستند، با این که ژن‌هاشان یکسان است و همین ماجرا، برایِ دیگر سلول‌ها نیز، صادق است. ممکن است بگویید که این توضیحات، پس از این که فرآیندِ رشدِ رویان شروع شده باشد و انواعِ بافت‌هایِ مختلف، مانندِ تیروئید و عضلات، به وجود آمده باشند، کاملاً قابلِ فهم هستند. اما رویان که در آغاز سلولی واحد بیش نیست. سلول‌هایِ تیروئید، ماهیچه، کبد[2]، استخوان، و پوست، همگی، با شجره‌نامه‌ای چندشاخه‌شونده، از یک تخمکِ

[1] *Caenorhabditis elegans*

[2] liver

بارورشدهٔ یکتا به وجود می‌آیند. این شجره‌نامهْ شجره‌نامه‌ای سلولی است و نهایتاً تا زمانِ لقاح به عقب بر می‌گردد و هیچ ارتباطی با شجره‌نامهٔ تکاملی، که تا میلیون‌ها سالِ پیش به عقب باز می‌گردد و، در فصل‌هایِ دیگر هم، هر از گاهی، سر-و-کله‌اش پیدا می‌شود، ندارد. برایِ نمونه، بگذارید کلِ شجره‌نامهٔ تمامِ ۵۵۸ سلولِ لاروِ تازه-از-تخم-بیرون-آمدهٔ یک کرمِ نماتُد[1]، به نامِ *سینورَبدایتیس الگانس*، را به شما نشان دهم (شکل ۴۹؛ لطفاً به همهٔ جزئیاتِ عکس دقت کنید). در ضمن، نمی‌دانم این کرمِ کوچک چه کار کرده که نامِ *الگانس* را برایِ گونهٔ خود کسب کرده است، اما، حال که با دانشِ امروزه به گذشته نگاه می‌کنم، می‌توانم بفهمم که واقعاً لایقِ چنین اسمی بوده است. می‌دانم این که مدام بحث‌هایِ جانبی را مطرح می‌کنم به مذاقِ بیشترِ خوانندگانم خوش نمی‌آید، اما پژوهشی که بر رویِ *سینورَبدایتیس الگانس* انجام شده است چنان پیروزیِ بزرگی برایِ علمِ بشر محسوب می‌شود که نمی‌توانید من را از این کار باز دارید.

زیست‌شناسِ بسیار باهوشِ اهلِ آفریقایِ جنوبی، سیدنی برِنر[2]، در دههٔ ۱۹۶۰، *سینورَبدایتیس الگانس* را، به عنوانِ موجودی ایده‌آل برایِ آزمایش، برگزید. او، در آن زمان، تازه کارِ خود را با فرانسیس کریک[3] و دیگران، در دانشگاهِ کمبریج، بر رویِ رمزگشاییِ کدهایِ ژنتیکی، به پایان رسانده بود و در-به-در به دنبالِ معمّایِ جدیدی می‌گشت تا آن را حل کند. انتخابِ تحسین‌برانگیزِ و پژوهش‌هایِ پیشروانهٔ او بر رویِ ساختارِ ژنتیکی و آناتومیِ عصبیِ این کرم باعثِ پیدایشِ جامعه‌ای از پژوهشگرانِ *سینورَبدایتیس*، در سراسرِ جهان، شد که تعدادشان به چندین هزار نفر می‌رسد. اگر بگویم امروزه **همه چیز** را دربارهٔ *سینورَبدایتیس الگانس* می‌دانیم چندان اغراق نکرده‌ام! کلِ ژنومِ آن را می‌دانیم. دقیقاً می‌دانیم که هر یک از ۵۵۸ سلولِ آن (در لارْو و ۹۵۹ سلولِ آن در شکلِ بالغِ هرمافرودیت[4] آن، بدونِ احتسابِ سلول‌هایِ تولیدِ مثلیِ[1] آن) در کجایِ بدنش قرار دارد. «پیشینهٔ

---

[1] nematode worm

[2] Sydney Brenner

[3] Francis Crick

[4] hermaphrodite

خانوادگیِ» هر یک از آن سلول‌ها را، طیِ رشدِ رویان، می‌دانیم. ما ژن‌هایِ جهش‌یافتهٔ زیادی را می‌شناسیم که موجبِ پیدایشِ کرم‌هایی غیرِ طبیعی می‌شوند. همچنین، دقیقاً می‌دانیم که آن جهش‌ها در کدام بخش از بدنِ کرم عمل می‌کنند. علاوه بر این، از تاریخِ سلولیِ چگونگیِ رشدِ آن ناهنجاری‌ها نیز، به صورتِ دقیق، باخبر هستیم. از سیر تا پیازِ و بالا تا پایینِ این موجود آگاهیم و از همهٔ سوراخ-سمبه‌هایش خبر داریم (الله اکبر![۲]). جایزهٔ نوبلِ فیزیولوژی، در سالِ ۲۰۰۲، به برنر تعلق گرفت که خیلی دیر بود و گونه‌ای از کرم‌هایِ مربوط <به سینورَبدایتیس>، به افتخارِ او، *سینورَبدایتیس برنری*[۳]، نام‌گذاری شد. در نشریهٔ *کارنتْ بیولوژی*[۴]، ستونی به او تعلق داشت که با نامِ مستعارِ «عمو سید[۵]» در آن مقاله می‌نوشت. مطالبِ آن نشان از شوخ‌طبعیِ عالمانه، هوشمندانه، و قالب‌شکنانهٔ او دارد و به شکوهِ همان جنبشِ پژوهشیِ جهانی، بر رویِ *سینورَبدایتیس الگانس*، است که از کارِ او الهام گرفته بود. ولی کاش زیست‌شناسانِ مولکولی با جانورشناسانی (چون خودِ برنر) مشورت می‌کردند تا می‌فهمیدند که نباید از *سینورَبدایتیس* به عنوانِ «<یگانه> نماتُد» یا، حتی از آن بدتر، «<یگانه> کرم» یاد کنند که چنین استنباط شود که گویی نماتُد یا کرمِ دیگری وجود ندارد.

بدونِ شک، قادر به خواندنِ نامِ انواعِ سلولیِ که در زیرِ تصویر آمده است نیستید (برایِ این که بتوان نامِ آن‌ها را، به صورتِ خوانا نوشت، هفت صفحه جا لازم است)، اما چنین عناوینی دارند: «حلق[۶]»، «عضلهٔ روده[۷]»، «عضلهٔ بدن[۱]»، «عضلهٔ اسفَنْکْتِر[۲]»، «حلقهٔ گانگلیون[۳]»، و «گانگلیونِ لومبار

---

[1] reproductive cell

[۲] عبارتی که در متنِ اصلی به کار رفته است «O frabjous day!» می‌باشد که از شعری جفنگ (nonsense poem) به نامِ Jabberwocky، سرودهٔ Lewis Carrol، گرفته شده است.

[3] *Caenorhabditis brenneri*

[4] Current Biology

[5] Uncle Syd

[6] pharynx

[7] intestinal muscle

<(کمری)>[4]». همهٔ این سلول‌ها، از هر نوعی که باشند، در معنایِ واقعی، خویشاوندِ یک‌دیگر محسوب می‌شوند. خویشاوندیِ آن‌ها به سببِ نیایِ <مشترکِ> آن‌ها، در طولِ عمرِ یک کرمِ واحد، است. برایِ نمونه، هم اکنون دارم به سلولِ عضلهٔ خاصی از بدن نگاه می‌کنم که MSpappppa نام دارد. این سلول «خواهر یا برادرِ» یکی دیگر از سلول‌هایِ عضلهٔ بدن محسوب می‌شود. «عموزادهٔ» درجه یکِ دو سلولِ عضلهٔ دیگر است؛ فرزندِ عموزادهٔ درجه یکِ دو یا تعدادِ بیشتری سلولِ عضلهٔ بدن است؛ عموزادهٔ درجه دوِ شش سلولِ حلق است؛ و عموزادهٔ درجه سهِ هفده‌امین سلولِ حلق است. . . و الی آخر. خارق‌العاده نیست؟ ما می‌توانیم برایِ اشاره به سلول‌هایِ نام‌گذاری‌شده و همواره–قابلِ تشخیص در بدنِ یک حیوان، با قاطعیت و دقتِ تمام، از واژگانی چون «فرزندِ عموزادهٔ درجه دو» استفاده کنیم. تعدادِ «نسل»هایی که بافت‌ها را، از تخمکِ اولیه جدا می‌کند، آن قدرها زیاد نیست. به هر حال، تنها ۵۵۸ سلول در بدنِ این کرم وجود دارد و، از لحاظِ نظری، می‌توان ۱،۰۲۴ (۲ به توانِ ۱۰) سلول، طیِ ده نسل تقسیمِ سلولی، حاصل کرد. تعدادِ نسل‌هایِ سلولیِ انسان به مراتب بیشتر خواهد بود. با وجودِ این، از لحاظِ نظری، می‌توان شجره‌نامه‌ای مشابه را برایِ هر یک از حدودِ یک تریلیون سلولِ بدنِ انسان (در مقابلِ ۵۵۸ سلولِ یک لارْوِ مادهٔ *سینورَبدایتیس الگانس*) رسم کرد و عقبهٔ هر یک از سلول‌ها را تا یک سلولِ تخمکِ بارورشدهٔ <اولیه> ردیابی کرد. اما، در پستان‌داران، این امکان وجود ندارد که سلول‌هایی خاص را پیدا کرد که مرتباً از آن‌ها نام برده می‌شود. در ما انسان‌ها، عموماً جمعیتِ آماریِ سلول‌هاست که جزئیاتِ آن، از فردی به فردِ دیگر، متفاوت است.

---

[1] body muscle

[2] sphincter muscle

[3] ring ganglion

[4] lumbar ganglion

بحثِ اصلی چگونگیِ تغییرِ در شکل و خاصیتِ سلول‌ها نسبت به یک‌دیگر، طیِ شاخه-شاخه شدن‌شان در شجرهٔ رویانی، بود و امیدوارم که بحثِ جانبیِ من، دربارهٔ شکوهِ پژوهش بر رویِ *سینورَبدایتیس*، که ناشی از شور و هیجانِ من بود، خیلی ما را از آن پرت نکرده باشد. در نقطهٔ انشعابِ سلولِ تکثیرشده‌ای که قرار است به یکی از سلول‌هایِ حلق بدل شود و سلولِ دیگری که قرار است به سلولِ حلقهٔ گانگلیون تبدیل شود، باید عاملی وجود داشته باشد که میانِ این دو تمایز ایجاد کند. وگرنه این سلول‌ها از کجا می‌توانند بفهمند که باید ژن‌هایِ متفاوتی را روشن کنند؟ پاسخ اینجاست که وقتی متأخرترین نیایِ مشترکِ این دو سلول تقسیم شده بود، دو نیمهٔ سلول، پیش از تقسیمِ سلولی، با هم متفاوت بودند. پس، وقتی که سلول تقسیم شده بود، دو سلولِ دخترش، با این که ژن‌هایِ یکسانی داشتند (هر سلولِ دختر کلِ ژن‌ها را دریافت می‌کند)، از لحاظِ موادِ شیمیاییِ احاطه‌کننده‌شان با یک‌دیگر تفاوت داشته‌اند. و این بدان معناست که ژن‌هایِ یکسانی روشن نشده بودند و همین امر موجبِ تغییرِ سرنوشتِ نوادگان‌شان شده است. همین اصل نیز، طیِ کلِ رشدِ رویان، از همان لحظهٔ آغازِ آن، برقرار است. عاملِ گوناگونی، در میانِ تمامِ حیوانات، تقسیماتِ سلولیِ نامتقارن است.[x]

سِر جان سالستن[1] و همکارانش، هر یک از سلول‌هایِ بدنِ کرم را، تا رسیدن به فقط یکی از شش سلولِ پایه‌گذار، به نام‌هایِ C، D، E، MS، AB، و P4 — که می‌توانیم آن‌ها را سلول‌هایِ «نخست‌مادر[2]» هم بخوانیم — دنبال کردند.[xi] در نام‌گذاریِ سلول‌ها، از کدهایِ منظمی استفاده کردند که سرگذشتِ هر یک از سلول‌ها را خلاصه می‌کرد. نامِ هر سلول با نامِ یکی از شش سلولِ پایه‌گذاری آغاز می‌شود که سلول از آن حاصل شده است. بعد از آن، نامِ سلولْ زنجیره‌ای از حروف می‌شود که حرفِ اول جهتِ تقسیمِ سلولی است که منجر به پیدایشِ آن شده است. این جهت‌ها از این قرارند: قدامی، خلفی، فوقانی، شکمی، چپ، یا راست. برایِ نمونه، Ca و Cp دو سلولِ دخترِ

[1] Sir John Sulston

[2] matriarch cells

حاصل از نخست‌مادرِ C هستند و، به ترتیب، دخترانِ قُدامی (a) و خَلفی (p) هستند. توجه داشته باشید که هر سلول بیش از دو دختر ندارد (که یکی از آن‌ها نیز ممکن است بمیرد). اکنون دارم به یکی از سلول‌هایِ عضله‌ایِ بدن نگاه می‌کنم که نامش Cappppv است. نامِ آن، به طورِ خلاصه، سرگذشتِ آن را شرح می‌دهد. C دختری قدامی داشته است، آن نیز دختری خلفی، آن دختر نیز دختری خلفی، و آن نیز دختری خلفی، و آن نیز دخترِ خلفیِ دیگری داشته که دختری شکمی داشته که همان سلولِ عضله‌ایِ موردِ نظر در بدن است. نامِ هر سلولِ بدن، از زنجیره‌ای از حروفِ قابلِ مقایسه با یکدیگر ساخته شده است، که با حرفی که نمادِ یکی از سلول‌هایِ پایه‌گذار است آغاز می‌شود. ABprpapppap نیز نمونه‌ای دیگر است که یک سلولِ عصبی است که در طنابِ عصبیِ شکمیِ کرم قرار دارد، که در سراسرِ بدنش امتداد دارد. بدیهی است که نیازی نیست همهٔ جزئیات را به خاطر بسپاریم. نکتهٔ جالبِ ماجرا این است که هر یک از سلول‌هایِ بدنِ این کرم چنین نامی دارد که کلِ تاریخچهٔ آن را، طیِ رشدِ رویان، شرح می‌دهد. هر یک از ده تقسیمِ سلولی که ABprpapppap از آن پدید آمده است و هر سلولِ دیگری تقسیمی نامتقارن است که بالقوه می‌تواند منجر به روشن شدنِ ژن‌هایی متفاوت در هر یک از سلول‌هایِ دختر شود. و، در همهٔ حیوانات، همین اصل است که موجبِ ایجادِ تمایز در بافت‌ها می‌شود با این که همهٔ سلول‌ها حاویِ ژن‌هایی یکسان هستند. البته، تعدادِ سلول‌هایِ عمدهٔ حیواناتْ بسیار فراتر از ۵۵۸ سلولِ *سینورَبدایتیس* است و رشدِ رویانِ آن‌ها نیز، در بیشترِ موارد، به این دقت مشخص نیست. مخصوصاً، سرِ جان سالستن، از سرِ لطف، این نکته را — که خودم هم قبلاً، به اختصار، به آن اشاره کردم — یادآوری می‌کند که، در میانِ پستانداران، «شجره‌نامهٔ» هر فرد با دیگری فرق دارد، اما شجره‌نامهٔ سلول‌هایِ *سینورَبدایتیس*‌هایِ مختلف تقریباً همسان‌اند (مگر در میانِ افرادِ جهش‌یافته). با وجودِ این، اصلِ یادشده همچنان پا-بر-جاست. در هر حیوان، سلول‌هایِ قسمت‌هایِ مختلفِ بدن با یک‌دیگر متفاوت‌اند، با این که، از لحاظِ ژنتیکی، همسان‌اند. این تفاوت ناشی از سابقهٔ تقسیمِ سلولیِ نامتقارنِ آن‌ها، در دورهٔ کوتاهِ رشدِ رویان، است.

حال بگذارید به نتیجهٔ کلِ بحث بپردازیم. هیچ گونه برنامهٔ رشدِ کلی، هیچ گونه نقشهٔ ساخت، هیچ گونه طرحِ معمّاری، و، همچنین، هیچ گونه معمّاری وجود ندارد. رشدِ رویان و، به سببِ آن، رشدِ بزرگ‌سالِ <حاصل از آن> از طریقِ اعمالِ قوانینِ محلی توسطِ سلول‌هایی حاصل می‌شود که، در مقیاسی محلی، با دیگر سلول‌ها تعامل می‌کنند. چیزی که در سلول رخ می‌دهد نیز، به طریقِ مشابه، از طریقِ قوانینی محلی اداره می‌شود که بر مولکول‌ها، به ویژه، مولکول‌هایِ پروتئینی اِعمال می‌شود که، در درونِ سلول و در غشاءِ آن، با دیگر مولکول‌هایِ این چنینی، تعامل می‌کنند. باز هم می‌گویم: تمامِ قواعد صرفاً، منحصراً، و کاملاً محلی هستند! هیچ کس نمی‌تواند، با خواندنِ ترتیبِ حروفِ دی.ان.ایِ یک تخمکِ بارورشده، شکلِ رشدیافتهٔ آن موجود را پیش‌بینی کند. تنها راهِ فهمیدنِ آن این است که بگذاریم آن تخمک، به صورتِ طبیعی، رشد کند و ببینیم که عاقبت چه چیزی از آن به عمل می‌آید. هیچ رایانهٔ الکترونیکی قادر به محاسبهٔ آن نیست، مگر این که، برایِ شبیه‌سازیِ فرآیندِ زیست‌شناختیِ طبیعی، برنامه‌ریزی شده باشد. اما، در این صورت، به صرفه‌تر این است که کلاً بی‌خیالِ نسخهٔ الکترونیکی بشوید و رویانِ در–حالِ–رشد را به عنوانِ رایانهٔ خود به کار ببرید. این شیوهٔ تولیدِ سازه‌هایِ بزرگ و پیچیده، منحصراً، بر پایهٔ اجرایِ قوانینی محلی کاملاً با پیروی از نقشهٔ ساخت تفاوت دارد. اگر دی.ان.ای نوعی نقشهٔ ساختِ خطی بود، نوشتنِ برنامه‌ای رایانه‌ای که حروفِ دی.ان.ای را بخواند و شکلِ حیوان را رسم کند نسبتاً ساده می‌بود. اما چنین کاری به هیچ وجه ساده نیست. در واقع، شاید حتی غیرِ ممکن هم باشد.

و اکنون، برایِ این که این فصل، که دربارهٔ رویان بود، بحثِ جانبی‌ای صِرف، در کتابی دربارهٔ فرگشت، تلقی نشود، بر می‌گردیم به سؤالِ آن خانم از هالدین. با توجه به این که ژن‌ها نه شکلِ فردِ بزرگ‌سال، بلکه فرآیندهایِ رشدِ رویان را، کنترل می‌کنند، و با توجه به این که انتخابِ طبیعی، همچون خدا، بال‌هایِ کوچک را نمی‌سازد، بلکه این کار را رشدِ رویان بر عهده می‌گیرد، آنگاه، انتخابِ طبیعی چگونه بر رویِ شکلِ بدن و رفتارِ حیوانات اثر می‌گذارد؟ انتخابِ طبیعی چگونه رویِ رویان‌هایِ مختلف تأثیر می‌گذارد یا، به دیگر سخن، انتخابِ طبیعی چگونه رویان‌هایِ

مختلف را بازتنظیم می‌کند، به گونه‌ای که در ساختنِ بدن‌هایی موفق‌تر — با بال یا باله، برگ یا زره، نیش یا شاخک، یا در رشدِ هر چیزِ دیگری که مایهٔ بقا می‌شود — ماهرتر شوند؟

انتخابِ طبیعی بقایِ متفاوتِ ژن‌هایِ موفق، در برابرِ ژن‌هایِ دیگری از استخرِ ژنی است، که توفیقِ کمتری دارند. انتخابِ طبیعی مستقیماً ژن‌ها را انتخاب نمی‌کند، بلکه واسطه‌هایِ آن‌ها، یعنی افراد، را انتخاب می‌کند. چیزی که انتخابِ این افراد را — مسلماً، به طورِ خود-به-خودی، و بدونِ هیچ گونه دخالتِ آگاهانه — تعیین می‌کند بقا یافتن یا بقا نیافتنِ آن‌ها و توفیقِ آن‌ها در تولیدِ مثل و کپی کردنِ ژن‌هاشان است. بقایِ ژن با بقایِ بدنی که در ساختِ آن سهیم است پیوند خورده است؛ چرا که درونِ آن بدن به تکاپو می‌پردازد و با آن بدن می‌میرد. هر ژن ممکن است، در قالبِ کپی‌هایی از خود، از بدن‌هایِ زیادی سر در بیاورد، هم به صورتِ همزمان در یک جمعیت و هم در نسل‌هایی که پس از یک‌دیگر ظهور پیدا می‌کنند. بنابراین، از لحاظِ آماری، فراوانیِ ژنی را افزایش می‌دهد که، به طورِ متوسط، تأثیرِ مثبتی رویِ شانسِ بقایِ بدن داشته باشد، همان بدنی که از آن سر بر آورده است. پس، به طورِ متوسط، ژن‌هایی که در استخرِ ژنی به آن‌ها بر می‌خوریم معمولاً ژن‌هایی هستند که، در ساختِ بدن‌هایِ مختلف، عملکردِ خوبی دارند. این فصل دربارهٔ فرایندهایی بود که، به مددِ آن‌ها، ژن‌ها بدن‌هایِ مختلف را می‌سازند.

برایِ مخاطبِ هالدین، این که انتخابِ طبیعی، طیِ مثلاً یک میلیارد سال، بتواند «دستورِ پخت»ی ژنتیکی را برایِ ساختنِ بدنش تدارک ببیند، امری ناشدنی به نظر می‌آمد. من این امر را شدنی می‌دانم و، بی شک، نه من و نه هیچ کسِ دیگری نمی‌تواند جزئیاتِ چگونگیِ آن را شرح دهد. دلیلِ شدنی بودنِ آن دقیقاً این است که قوانینی محلی هدایتِ آن را بر عهده دارند. در هر یگانه کنشِ انتخابِ طبیعی، جهشی که انتخاب می‌شود — در سلول‌هایِ فراوانی از تعدادِ زیادی از افراد، به صورتِ همزمان — تأثیرِ ***بسیار ساده‌ای*** رویِ نحوهٔ به-هم-پیوستنِ خود-انگیختهٔ زنجیره‌هایِ پروتئینی داشته است. این زنجیرهٔ پروتئینی نیز، از طریقِ کاتالیزه کردن، واکنشِ شیمیاییِ خاصی را، در همهٔ سلول‌هایی که آن ژن در آن روشن است، تسریع می‌بخشد. احتمالاً، این امر موجبِ تغییرِ سرعتِ رشدِ فکِ بدویِ رویان شود. و این تغییر رویِ شکلِ کلِ صورت تأثیر می‌گذارد؛ مثلاً پوزه را

کوتاه می‌کند و حالتی بیشتر انسان‌گونه و کمتر کَپی‌گونه به آن می‌دهد. حال، نیروهایی که در انتخابِ طبیعی، به نفع یا به ضررِ ژنی خاص، عمل می‌کنند می‌توانند تا دل‌تان بخواهد پیچیده باشند. این نیروها ممکن است شاملِ انتخابِ جنسی (انتخابی، بر مبنایِ برتریِ زیبایی‌شناختی، از سویِ شریکِ جنسی‌ای احتمالی) باشد. یا تغییر در شکلِ پوزه می‌تواند تأثیری ظریف بر رویِ توانایی آن حیوان در شکستنِ دانه‌ها یا نبرد با رقبا داشته باشد. ترکیبی بسیار ظریف و پیچیده از نیروهایِ انتخابی —— که به نحوی پیچیده و گیج‌کننده به تعارض و سازش با یک‌دیگر می‌پردازند —— می‌تواند، همین طور که این ژنِ خاص در استخرِ ژنی گسترش می‌یابد، بر موفقیتِ آماریِ آن تأثیر بگذارد. اما ژنْ روحش هم از این قضایا باخبر نیست. تنها کاری که می‌کند این است که، در بدن‌هایِ مختلف و در نسل‌هایی پیاپی، دندانه‌ای را، که با ظرافت در یک مولکولِ پروتئین شکل گرفته است، بازتنظیم می‌کند. بقیهٔ ماجرا خود-به-خود، در قالبِ زنجیره‌ای از پیامدهایی محلی که منجر به ساختِ یک بدن می‌شود، رخ می‌دهد.

چیزی که از نیروهایِ انتخابیِ موجود در محیط‌هایِ اکولوژیک[1]، جنسی، و اجتماعیِ حیوانات هم پیچیده‌تر است شبکهٔ رؤیایی و غیرِ قابلِ باورِ تأثیر و تأثرهایی است که درون و بینِ سلول‌هایِ در حالِ رشد وجود دارد. این موارد شاملِ تأثیراتِ ژن‌ها بر پروتئین‌ها، ژن‌ها بر ژن‌ها، پروتئین‌ها بر نحوهٔ نمودِ ژن‌ها، پروتئین‌ها بر پروتئین‌ها؛ غشاءها، سیرهایِ شیمیایی، مسیرهایِ هدایت‌کنندهٔ فیزیکی و شیمیایی در رویان، هورمون‌ها و دیگر میانجی‌هایِ کنش از راهِ دور، و سلول‌هایِ برچسب‌گذاری‌شده هستند که به دنبالِ سلول‌هایِ دیگری، که برچسبِ مشابه یا مکمل دارند، می‌گردند. هیچ کس قادر به درکِ کلِ تصویر نیست و، البته، لازم هم نیست که کسی کلِ تصویر را درک کند تا به شدنی بودنِ انتخابِ طبیعی، که امری زیباست، پی ببرد. انتخابِ طبیعی، در استخرِ ژنی، به نفعِ بقایِ جهش‌هایِ ژنتیکی‌ای عمل می‌کند که عاملِ ایجادِ تغییراتِ حیاتی در رویان هستند. تصویرِ کلی پیامدِ صدها هزار بر-هم-کنشِ کوچک و محلی است که هر کدام‌شان، برایِ

[1] ecological

کسی که شکیبایی کافی برایِ آزمودن‌شان را دارد، اصولاً قابلِ فهم است، هر چند که، در عمل، چه بسا بیش-از-اندازه سخت یا زمان‌بر باشد. تصویرِ کلی می‌تواند، در عمل، گیج‌کننده و رازآلود بنماید، اما اصول، صِرفِ فرآیندِ رشدِ رویان، یا سرگذشتِ فرگشتی که کنترل‌کنندهٔ برتری یافتنِ ژن‌ها در استخرِ ژنی بوده‌اند رازآلود و غیرِ قابلِ فهم نیستند. این پیچیدگی‌ها، به مرورِ زمان، طیِ تاریخِ فرگشت، رویِ هم انباشته شده‌اند و هر گام تنها ذره‌ای با گامِ پیش-از-خود تفاوت داشته‌اند و هر گام نیز به واسطهٔ تغییریِ ساده و ظریف، در قوانینِ محلیِ موجود، میسر شده است. وقتی که تعدادِ کافی از نهادهایی کوچک، همچون سلول، مولکولِ پروتئین، و غشاءِ سلول، وجود داشته باشد که هر یک، در سطحِ خود، از قوانینی محلی تبعیت کند و بر دیگران تأثیر بگذارد، پیامدِ نهایی چیزِ غیرِ منتظره‌ای از آب در خواهد آمد. اگر ژن‌ها، به موجبِ تأثیرشان بر نهادهایِ محلی و رفتارشان، بقا یابند یا از بین بروند، انتخابِ طبیعیِ ژن‌هایِ موفق — و، متعاقباً، بروزِ نتایجِ موفقیت‌آمیزشان — ناگزیر، در نتیجهٔ آن، رخ می‌دهد. کسی که از هالدِین سؤال کرده بود در اشتباه بود. اصولاً، ساختِ چیزی مانندِ او دشوار نبوده است.

همچنین، همان گونه که هالدِین هم گفته بود، چنین کاری تنها نُه ماه زمان می‌برد.

[i] این نکته به من گوشزد شده بود که ممکن است عبارتِ «هر چه روشن و زیباست» آن بارِ نوستالژیک را، که برایِ من دارد، برایِ خوانندگانم نداشته باشد. این عبارت از سرودی مذهبی برایِ کودکان گرفته شده است که خانمِ سی. اِف. الکساندر (C. F. Alexander)، در سالِ ۱۸۴۸، آن را سروده است. او، در این شعر، با ترجیع‌بندِ «جمله آفریدهٔ خداوند است»، به ستایشِ زیبایی‌هایِ طبیعت (و، در یکی از ابیات، به ستایشِ یکی از نمودهایِ اوضاعِ سیاسیِ موجود) می‌پردازد. این شعر موضوعِ یک پارودیِ (parody) فوق‌العاده است که اریک آیدِل (Eric Idle) آن را سروده و تیمِ مونتی پایتون (Monty Python) آن را اجرا کرده است:

هر چه زشت و بی‌مزه است

همهٔ موجوداتِ چاق و خپل

هر چه کریه‌المنظر و گستاخ است

جمله آفریدهٔ خداوند است

هر مارِ کوچکی که نیش می‌زند

هر زنبورِ کوچکی که می‌گزد

ساختِ زهرشان کارِ اوست،

ساختِ بال‌شان کارِ اوست.

هر چیزِ مریض و سرطان‌زایی

هر چیزِ خبیث، چه بزرگ و چه کوچک

هر چیزِ شنیع و خطرناکی

جمله آفریدهٔ خداوند است.

هر زنبورِ سرخِ بدقواره

هر انکاسِ حال-به-هم-زن

یا خارپشتِ تیزِ دریایی آفریدهٔ کیست؟

کیست که تمامِ کوسه‌ها را آفریده است؟ همهٔ این‌ها کارِ اوست!

هر زخم و دلمهٔ رویِ آن

هر آبله، چه بزرگ و چه کوچک

هر چیزِ متعفن، قانقاریا

جمله آفریدهٔ خداوند است.

یادداشتِ ویراستار: parody یا تقلیدِ نقیضه‌ای، پادنمونه، پادگونه، نوعی ادبی که از سبک یا محتوایِ اثرِ ادبیِ دیگری تقلید می‌کند و هدفِ آن معمولاً تمسخر است. *فرهنگِ نظریه و نقدِ ابدی*، سعیدِ سبزیان، دکتر میرجلال‌الدینِ کزازی، نشرِ مروارید

[ii] یادداشتی برایِ دانشمندانی که در زیست‌شناسی و رایانه مهارت دارند: چارلز سیمونی، که حرفش به اندازهٔ صاحب‌نظرانِ طراحیِ نرم‌افزار، <در این زمینه>، اعتبار دارد، پس از خواندنِ پیش‌نویسِ این بخش از کتاب، چنین نوشت: «. . . <استفاده از> «دستورِ پخت» برایِ ساختِ چشم، مغز، خون، و غیره بسیار بسیار ساده‌تر از <استفاده از> نقشهٔ ساخت برایِ آنان (از لحاظِ بیت‌ها و جفت‌بازها) است؛ به نحوی که نقشهٔ ساخت وقوعِ فرگشت را (در کم‌تر از ۱۰ به توانِ ۱۰۰ سال)، عملاً، ناممکن می‌کند. مخصوصاً به این خاطر که احتمالِ این که تغییراتِ جزئی در نقشهٔ ساخت باعثِ ایجادِ تغییری مثبت شود، تقریباً برابرِ با صفر است، اما احتمالِ این که تغییر دستورِ پخت بتواند تغییرِ مثبتی ایجاد کند بسیار بالاست.» دکتر سیمونی، با اشاره به بیومورف‌ها و آرتومورف‌هایِ رایانه‌ایِ من (رجوع شود به فصلِ ۲)، می‌افزاید: «موجوداتِ مصنوعی که تو [در ***ساعت‌سازِ نابینا*** و ***صعود به قلهٔ نامحتمل*** برنامه‌نویسی کرده‌ای] هر دو به کمکِ دستورِ پخت تعریف شده‌اند، نه نقشهٔ ساخت. نقشهٔ ساخت صرفاً آمیخته‌ای از بردارها (vector) و خطوطِ سیاه است. آیا می‌توانی تصورش را بکنی که بخواهی با تغییرِ نقاطِ انتهاییِ یک خط یا حتی دو خط، در یک مرحله، بتوانی با آن‌ها فرگشت را شبیه‌سازی کنی؟» بیل گیتس آدمِ کمی نیست و او سیمونی را «یکی از بزرگ‌ترین

برنامه‌نویسانِ تاریخ» لقب داده است. همان طور که از چنین فردی انتظار می‌رود، حرفِ سیمونی دربارهٔ بیومورف‌هایِ رایانه‌ای کاملاً درست است و، مطمئناً، دربارهٔ موجوداتِ زنده نیز صدق می‌کند.

[iii] این خطر وجود دارد که «پسازایش» با «ورا-ژن‌شناسی» (epigenetics) اشتباه گرفته شود. «ورا-ژن‌شناسی» واژه‌ای است که اخیراً مد شده است و فعلاً دارد ماه عسلِ شهرتِ خود را در محافلِ زیست‌شناختی سپری می‌کند. فارغ از این که «ورا-ژن‌شناسی» چه تعریفی می‌تواند داشته باشد —— که البته کسانی هم که کشته-و-مردهٔ آن‌اند هنوز سرِ معنایِ آن، با خودشان هم، به نتیجه نرسیده‌اند، چه رسد با دیگران—— در اینجا، قصدم صرفاً این است که این نکته را شفاف مطرح کنم که «پسازایش» و «ورا-ژن‌شناسی» دو چیزِ متفاوت‌اند.

[iv] همکارم، دکتر کریستوفر تایرمَن، که تاریخ‌شناسِ قرونِ وسطی است، این مطلب را تأیید می‌کند که این موضوع، در واقع، اسطوره‌ای بوده است که، در دورهٔ ملکه ویکتوریا، برایِ اهدافِ ایدئولوژیک، ساخته-و-پرداخته شده است و هیچ نشانی از حقیقت در آن نیست.

[v] invaginate: ‘fold inwards to form a hollow’, ‘turn or double back within itself’ (*Shorter Oxford English Dictionary*).

[vi] این تب فرو نشسته بود، اما، در دههٔ ۱۹۵۰، من آن را، در همان مدرسه، دوباره زنده کردم و، پس از آن، همچون موجِ دومِ شیوعِ یک بیماری گریبانِ همه را گرفت.

[vii] ببخشید؛ واقعاً از شرحِ آن عاجزم که چرا «notochord» (به معنیِ «پشت‌مازه»)، مثلِ واژهٔ «chord» در ریاضی و موسیقی (به ترتیب، به معنایِ «وتر» و «آکورد») «h» می‌گیرد، اما « spinal cord» (به معنیِ «نخاع»)، که همچون یک تکه سیم است، «h» نمی‌گیرد. همیشه برایم سؤال بوده است و به این فکر کرده‌ام که شاید عاملش اشتباهی به-فراموشی-سپرده-شده اما «فسیل‌شده» باشد. باید به این نکته اشاره کرد که، *مطابقِ فرهنگِ واژگانِ آکسفورد*، «chord» یکی دیگر از املاهایِ

واژهٔ «cord» برایِ رشتهٔ سیم‌مانند است، اما، با توجه به این که نخاع و پشت‌مازه، بر رویِ یک‌دیگر، در امتدادِ بدن، کشیده می‌شوند، این تفاوتِ <املایی> عجیب به نظر می‌رسد.

[viii] این داستان نیز برایِ خودش داستانِ بسیار دل‌انگیزی است. این ماجرا، از اولین باری که از طریقِ فیزیولوژیستِ بزرگ، جوزف نیدهام (Joseph Needham)، با آن آشنا شدم، ذهنِ من را به خود درگیر کرده است. (نیدهام در علومِ مختلفی سررشته داشت و بیشتر به عنوانِ یکی از تاریخ‌شناسانِ برجستهٔ علومِ چینی مشهور است.) او، به دعوتِ خواهرزاده‌اش، که از قضا معلمِ کارآموزِ ما بود، برایِ نشان دادنِ این موضوع به مدرسه‌مان دعوت شده بود (امتیازی از رویِ پارتی‌بازی که همیشه مدیونِ آن خواهم بود). با راهنماییِ دکتر نیدهام، با میکروسکوپ‌هایی که در اختیار داشتیم به کوتاه شدنِ فیبرهایِ عضلانی در واکنش به افزودنِ قطره‌ای از ATP (آدنوزین تری‌فسفات ( adenosine triphosphate)، «واحدِ پولِ» انرژیِ سراسریِ بدن) نگاه می‌کردیم.

[ix] در موردِ این جمله، باید به نکتهٔ مهمی عنایت داشت. ژن ترتیبِ آمینو اسیدها را به صورتِ مطلق تعیین می‌کند. اما تعیینِ شکل‌هایِ سه‌بعدی، که آمینو اسیدهایِ تک‌بعدی آن را تعیین می‌کنند، مطلق نیست و این مسئله واقعاً مهم است. بعضی از توالی‌هایِ آمینو اسید هستند که توانایی خمش و ایجادِ شکل‌هایِ سه‌بعدی را دارند. برایِ نمونه، پروتئین‌هایی، به نامِ «پرایون» (prion)، وجود دارند که دو شکلِ پایدار دارند. این حالاتِ دیگرْ حالاتِ گسسته‌ای هستند و هیچ میانجیِ پایداری ندارند؛ درست همان طور که کلیدِ برق، در وضعیتِ بالا و پایین، پایدار است، اما در میانهٔ این دو حالت پایدار نیست. چنین «پروتئین‌هایِ سوئیچ‌مانند»ی هم می‌توانند فاجعه‌بار باشند و هم مفید. پرایون‌ها مخرب‌اند. در بیماریِ «جنونِ گاوی» (mad cow disease)، پروتئینی مفید در مغز وجود دارد (این پروتئین یکی از اجزایِ عادیِ غشاءِ سلول (cell membrane) است) و اتفاقاً شکلی دیگر نیز دارد. یعنی می‌تواند خود را، از طریقِ خوداوریگامی، به شیوهٔ دیگری نیز تا بزند. در حالتِ عادی،

گونهٔ متفاوتِ آن هیچ گاه بروز پیدا نمی‌کند، اما اگر در یک مولکول هم بروز پیدا کرد، مولکول‌های مجاورِ خود را تحریک می‌کند که همان کار را تکرار کنند: آن‌ها نیز از آن مولکول تقلید می‌کنند و به آن گونهٔ متفاوت تبدیل می‌شوند. مانندِ موجی از فرو ریختنِ تکه‌های دومینو (dominoe) یا موجِ غیرِ قابلِ مهارِ پخشِ شایعه، این شکلِ دیگرِ پرایون در مغز پراکنده می‌شود و برایِ گاو — یا برایِ انسان (در صورتِ بروزِ بیماریِ کِرویْتْسْفِلْد-یاکوب (Creutzfeldt-Jakob disease))، و یا برایِ گوسفند (در صورتِ بروزِ اسکِرِیْپی (scrapie)) — نتایجِ فاجعه‌باری را به همراه دارد. اما گاه مولکول‌هایی که می‌توانند، به بیش از یک شکل، خوداوریگامی کنند مفید هستند. بدونِ این که استعارهٔ کلیدِ لامپ را کنار بگذاریم، مثالِ جالبی را معرفی می‌کنیم. رودوپسینْ (rhodopsin) پروتئینی در چشمانِ ما است که عاملِ حساسیتِ آن به نور است. این پروتئین، جزئی به نامِ «رِتینال» (retinal) دارد — که پروتئین نیست — و، زمانی که نور به آن برخورد می‌کند، از حالتِ اصلی و پایدارش، به حالتی دیگر، تغییرِ شکل می‌یابد. سپس، مانندِ کلیدِ برقی که تایمرِ مصرفِ برق بر رویِ آن نصب شده است، به سرعت به حالتِ اولیهٔ خود باز می‌گردد. اما مغز این تغییرِ حالت را، بدین صورت، ثبت کرده است: «دقیقاً در این نقطه نور کشف شد». کتابِ فوق‌العادهٔ ژاک مونو (Jacques Monod)، ***بخت و ضرورت*** (*Chance and Necessity*)، منبعِ بسیار خوبی در زمینهٔ چنین مولکول‌هایِ سوئیچی است که دارایِ دو حالتِ پایدار هستند.

[x] در *سینورَبدایتیس*، سلولِ اولیه، که Z نام دارد، قسمتِ قدامیِ آن با قسمتِ خلفیِ آن تفاوت دارد و این تفاوت، سرانجام، باعثِ به وجود آمدنِ محورِ جلویی-و-عقبیِ - قدامی (جلو) و خلفی (عقب) - می‌شود. در زمانِ تقسیم شدنِ سلول، سلولِ دخترِ قدامی (که AB خوانده می‌شود)، نسبت به سلولِ دخترِ خلفی (که P1 خوانده می‌شود)، دارایِ مادهٔ بیشتری در قسمتِ جلوِ خود است. این تفاوتِ جزئی، در ادامهٔ سیرِ تقسیمِ سلولی، باعثِ ایجادِ تفاوت‌هایِ بیشتری می‌شود. AB، سرانجام، چیزی بیش از نیمی از سلول‌هایِ بدن، از جمله عمدهٔ سلول‌هایِ دستگاهِ عصبی، را تشکیل می‌دهد و توضیحِ

بیشتری دربارهٔ آن نخواهم داد. P1 دو دختر دارد که آن‌ها نیز با یک‌دیگر فرق دارند و EMS (تعیین‌کنندهٔ بخشِ شکمیِ کرمِ نهایی) و P2 (تعیین‌کنندهٔ بخشِ فوقانیِ آن) نام دارند. آن‌ها نوه‌هایِ Z هستند. (دقت داشته باشید که وقتی از واژگانی چون «فرزند» و «نوه» استفاده می‌کنم، منظورم سلول‌هایِ درونِ رویانِ در حالِ رشد است، نه کرم‌هایِ نسل‌هایِ مختلف). EMS اکنون دو فرزند، به نام‌هایِ E و MS دارد، اما P2 دو فرزند به نام‌هایِ C و P3. E، MS، C و P3 نتیجه‌هایِ Z هستند. (دیگر نتیجه‌ها از نسلِ AB هستند و آن‌ها را در اینجا ذکر نمی‌کنم. تنها به ذکرِ همین نکته اکتفا می‌کنم که دو تا از آن‌ها، به نام‌هایِ ABal و ABpl، سمتِ چپ را تعیین می‌کنند و عموزاده‌هایشان، به نام‌هایِ ABar و Abpr، سمتِ راستِ کرمِ نهایی را تعیین می‌کنند.) P3 نیز دو فرزند، به نام‌هایِ D و P4 دارد، که از نبیره‌هایِ Z هستند. MS و Z نیز فرزندانی دارند، اما نامی از آن‌ها نخواهم برد. P4 تقدیرش این است که تولیدِ رگهٔ زایشی (germ line) را میسر کند. رگهٔ زایشی شاملِ سلول‌هایی است که در تشکیلِ بدن دخالتی ندارند اما در تولیدِ سلول‌هایِ تولیدِ مثلی نقش دارند. ناگفته پیداست که به خاطر سپردنِ نامِ این سلول‌ها هیچ ضرورتی ندارد. نکتهٔ اصلی اینجاست که با این که این سلول‌ها، از لحاظِ ژنتیکی، همانندِ یک‌دیگراند، از لحاظِ شیمیایی، با یک‌دیگر متفاوت‌اند. این تفاوتْ پیامدِ انباشتِ تدریجیِ تفاوت‌ها طیِ زنجیرهٔ تقسیماتِ سلولی‌شان است.

[xi] سالستِن، که پس از این که برنر به آمریکا رفت، همچنان در کمبریج ماند، یکی از سه غولی است که به خاطرِ پژوهش‌هایش بر رویِ *سینورَبدایتیس* برندهٔ جایزهٔ نوبل شد. سالستِن، در ادامه، هدایتِ بخشِ بریتانیاییِ طرحِ رسمیِ «پروژهٔ ژنومِ انسان» (Human Genome Project) را بر عهده گرفت. بخشِ آمریکاییِ آن نخست تحتِ نظرِ جیمز واتسون بود و، بعداً، فرانسیس کالینز هدایتِ آن را به دست گرفت.

# فصلِ ۹: کشتیِ قاره‌ها

دنیایی بدونِ جزیره را تصور کنید.

وقتی که زیست‌شناسان از واژهٔ «جزیره» استفاده می‌کنند، منحصراً منظورشان تکه‌ای خشکی، که آب آن را احاطه کرده است، نیست. برایِ یک ماهیِ آبِ شیرین، دریاچه یک جزیره محسوب می‌شود: جزیره‌ای متشکل از آبی که می‌توان در آن زیست که خشکیِ غیرِ قابلِ زیست دورِ آن را احاطه کرده است. برایِ سوسکِ آلپ[1] که، پایین‌تر از ارتفاعی خاص، قادر به نشو-و-نما نیست، هر قلهٔ بلندی، که دره‌هایی تقریباً غیرِ قابلِ عبور بینِ آن‌ها قرار دارد، حکمِ یک جزیره را دارد. کرم‌هایِ نماتُدِ بسیار ریزی وجود دارند که هم‌خانوادهٔ کرم‌هایِ باشکوهِ *سینوربدایتیس* هستند. آن‌ها درونِ برگ زندگی می‌کنند و ممکن است تعدادِ آن‌ها در برگی که شدیداً آلوده شده باشد به ۱۰،۰۰۰ تا هم برسد. این کرم‌ها از طریقِ روزنه‌هایِ هوایی[2] برگ به آن نفوذ می‌کنند. (روزنه‌هایِ هوایی سوراخ‌هایی میکروسکوپی است که برگ از طریقِ آن دی‌اکسیدکربن را تنفس می‌کند و اکسیژن آزاد می‌کند.) برایِ هر کرمِ نماتُدی، همچون *آفلنکویدیس*[3]، هر گلِ انگشتانه‌ای یک جزیره محسوب می‌شود. برایِ یک شپش[4]، سرِ یا بینِ پاهایِ یک انسان چه بسا جزیره به شمار آید. حیوانات و گیاهانِ بسیار زیادی وجود دارند که واحهٔ[5] درونِ صحرا برای‌شان جزیره‌ای قابلِ زیست، خنک، و سرسبز محسوب می‌شود که دریایی خشن از ماسه گرداگردِ آن را گرفته است. حال که بحثِ بازتعریفِ واژگان از دیدِ حیوانات مطرح است و از آنجا که مجمع‌الجزایر[6] زنجیره یا خوشه‌ای از

---

[1] Alpine beetle

[2] stomata

[3] *Aphelencoides*

[4] louse

[5] oasis

[6] archipelago

جزایر است، به نظرم، از دیدِ یک ماهیِ آبِ شیرینْ مجمع‌الجزایر زنجیره یا خوشه‌ای از دریاچه، همچون دریاچه‌هایی که در امتدادِ درهٔ کافتیِ بزرگ در آفریقا قرار دارند، محسوب می‌شود. مارموتی که در آلپ زندگی می‌کند[1] زنجیره‌ای از قله‌هایِ کوه را، که از طریقِ چند دره از هم جدا شده‌اند، مجمع‌الجزایر به حساب می‌آورد. ممکن است برایِ یک حشرهٔ کرم‌برگ[2] درختانی که پشتِ-سرِ-هم قرار گرفته‌اند مجمع‌الجزایر تلقی شود. شاید برایِ مگسِ پاشنه[3] گله‌ای از دامْ مجمع‌الجزایری متحرک به نظر بیاید.

حال که واژهٔ «جزیره» را بازتعریف نمودیم (واژگان باید در خدمتِ ما باشند، نه این که سدِ راه‌مان باشند)، بگذارید به جملهٔ اولِ این فصل باز گردم. دنیایی بدونِ جزیره را تصور کنید.

خریده بود نقشه‌ای سترگ از دریا

بی هیچ لکه‌ای از خشکی در آن:

خدمه با دُمِ خود می‌شکست گردو

چون همه سر در می‌آوردند از آن.[4]

حالا ما به اندازهٔ بِلمَن، <یکی از شخصیت‌هایِ شعرِ بالا>، زیاده‌روی نمی‌کنیم، اما تصور کنید که همهٔ خشکی‌ها در کنارِ هم جمع شده بودند و قاره‌ای بزرگ را، در میانِ دریایی ملال‌آور و بی‌جذابیت، تشکیل می‌دادند. هیچ جزیره‌ای دور از ساحل یا هیچ دریاچه یا رشته‌کوهی بر خشکی وجود ندارد: هیچ چیزی وجود ندارد که یک‌نواختیِ یک‌دستِ پیوسته را بر هم بزند. در چنین

---

[1] Alpine marmot

[2] leaf-mining insect

[3] botfly

[4] بخشی از یکی دیگر از اشعارِ جفنگِ Lewis Carroll، به نامِ The Hunting of the Snark

دنیایی، هر حیوانی می‌تواند به راحتی از هر جایی به هر جایِ دیگری سفر کند و تنها چیزی که آن را محدود می‌کند فاصله است و هیچ مانعِ غیرِ قابلِ زیستی هم برایش وجود ندارد. چنین دنیایی برایِ فرگشت مناسب نیست. حیات بر رویِ زمین، بدونِ وجودِ جزایر، بسیار کسل‌کننده می‌شد و، در این فصل، می‌خواهم چراییِ آن را توضیح دهم.

## گونه‌هایِ جدید چگونه متولد شدند

هر گونه‌ای خویشاوندِ گونه‌ای دیگر محسوب می‌شود. هر دو گونهٔ متفاوت از نوادگانِ یک گونهٔ نیاکانی هستند که به دو شاخه منشعب شده است. برایِ نمونه، نیایِ مشترکِ انسان و مرغِ عشق[1] حدودِ ۳۱۰ میلیون سالِ پیش می‌زیسته است. دو گونهٔ نیاکانی به دو بخش منشعب شدند و این دو شاخه، در طولِ زمان، راه‌هایِ جداگانهٔ خود را در پیش گرفتند. به این علت انسان و مرغِ عشق را مثال زدم که این تفاوت را روشن‌تر بیان کرده باشم، اما همین گونهٔ نیاکانی، در یک سرِ آن انشعابِ اولیه، نیایِ مشترکِ همهٔ پستان‌داران نیز هست و تمامِ خزندگان (همان گونه که در فصلِ ۶ دیدیم، از دیدِ جانورشناختی، پرندگان نیز جزءِ خزندگان به حساب می‌آیند) از سرِ دیگرِ آن انشعاب به وجود آمده‌اند. اگر فسیلِ این گونهٔ نیاکانی یافت شد (که احتمالش خیلی کم است)، باید نامی را برایِ آن انتخاب کرد. بگذارید آن را *پروتامنیو داروینی*[2] بنامیم. از جزئیاتِ آن چیزی نمی‌دانیم و جزئیاتِ آن هم، در این بحث، توفیری نمی‌کند. پس، اگر آن را موجودی پهن و سوسمارگونه تصور کنیم که با پاهایِ کوچکش تند-و-تیز به شکارِ حشرات می‌پردازد، اشتباه نکرده‌ایم. حال، نکتهٔ اصلی این جاست. وقتی که *پروتامنیو داروینی* به دو زیرجمعیت منشعب شد، اعضایِ آن جمعیت‌ها به راحتی می‌توانستند با یک‌دیگر تولیدِ مثل کنند، اما تقدیرِ یکی این بود که پستان‌داران از نسلش برخیزند و در تقدیرِ دیگری نوشته شده بود که پرندگان (و دایناسور، مار، و کروکودیل) از نسلِ آن به وجود

---

[1] budgerigar

[2] *Protamnio darwinii*

بیایند. این دو جمعیتِ حاصل از *پروتامنیو داروینی* در آستانهٔ گسستِ از یک‌دیگر، به مقدارِ بسیار زیاد و در طولِ زمانی طولانی، بودند. اما اگر به زاد-و-ولدِ با یک‌دیگر ادامه می‌دادند، از یک‌دیگر جدا نمی‌شدند. استخرهایِ ژنی‌شان مداوماً با یک‌دیگر تداخل پیدا می‌کردند. پس، هر نوع تمایل به واگرایی[1] <از گونهٔ دیگر> پیش از آن‌که فرصتِ حرکت پیدا کند با هجومِ شارشِ ژنی[2] از سمتِ جمعیت‌های دیگر در نطفه خفه می‌شد.

این که در زمانِ این جداییِ مسیرِ حماسی واقعاً چه اتفاقی افتاده بود، کسی خبر ندارد. این اتفاق در گذشته‌هایِ بسیار دور رخ داده است و ما هیچ سرنخی نداریم که در کدام مقطع. اما علمِ تاریخِ فرگشتِ امروزی می‌تواند با اطمینانی بالا تاریخچه‌ای از این قرار را بازسازی کند: دو زیرجمعیتِ *پروتامنیو داروینی* به نحوی از یک‌دیگر جدا افتادند و دلیلِ این جدایی به احتمالِ خیلی زیاد مانعی جغرافیایی بوده است، مثلاً دریایی که دو جزیره را از یک‌دیگر یا جزیره‌ای را از سرزمینِ اصلی جدا می‌کرده است. یا می‌توانسته است رشته‌کوهی بوده باشد که دو دره را از یک‌دیگر یا رودی که دو جنگل را از یک‌دیگر جدا می‌کرده است: دو «جزیره» به همان گونه‌ای که تعریف کردم. چیزی که مهم است این است که دو جمعیت باید چنان به مدتی به اندازهٔ کافی طولانی از یک‌دیگر جدا بیافتند که اگر هم سرانجام، به طورِ اتفاقی، دوباره به یک‌دیگر می‌رسیدند، می‌دیدند که چنان از یک‌دیگر فاصله گرفته‌اند که دیگر قادر به زاد-و-ولد با یک‌دیگر نیستند. چه مدت برایِ این اتفاق زمان لازم است؟ اگر پایِ نیروهایِ انتخابیِ متضاد و قدرتمندی در میان باشد، زمانی کمتر از تنها چند قرن یا حتی کم‌تر از آن کافی است. برایِ نمونه، ممکن است درنده‌ای حریص، که در یکی از جزایر وجود دارد، در دیگری وجود نداشته باشد. یا جمعیتِ یکی از جزایر ممکن است از حشره‌خواری به گیاه‌خواری روی آورده باشد، مثلِ سوسمارهایِ آدریاتیک که در فصلِ ۵ به آن‌ها بر خوردیم. باز هم تأکید می‌کنم، ما نمی‌توانیم از جزئیاتِ چگونگیِ انشعابِ *پروتامنیو داروینی* اطلاعی

---

[1] divergence

[2] gene flow

کسب کنیم و نیازی هم به آن نیست. شواهدی که از حیواناتِ امروزی در دست داریم چنان قوی هستند که با اطمینان می‌توانیم بگوییم که چیزی شبیهِ ماجرایی که برای‌تان شرح دادم، برایِ هر نمونه از واگرایی‌هایی که در گذشته در جمعیتِ نیاکانیِ دو حیوانِ مختلف به وجود آمده است، رخ داده باشد.

حتی اگر هم شرایط در دو طرفِ مانع یکسان باشد، دو استخرِ ژنی از گونه‌ای یکسان، که توسطِ مانعی جغرافیایی از هم جدا افتاده‌اند، عاقبت از یک‌دیگر فاصله می‌گیرند تا جایی که دیگر، وقتی که مانعِ جغرافیایی هم سرانجام از میان‌شان برداشته شود، قادر به زاد-و-ولد با یک‌دیگر نخواهند بود. تغییراتِ تصادفی در دو استخرِ ژنی، به تدریج، رویِ هم انباشته می‌شود و به جایی می‌رسد که اگر نر و ماده‌ای هم از دو طرفِ مانع گذرشان به هم بخورد، آن قدر ژنوم‌شان با یک‌دیگر فرق کرده است که دیگر قادر به ترکیب با یک‌دیگر و تولیدِ فرزندی بارور نیستند. چه، منحصراً، به سببِ جدایی اتفاقی و چه به سببِ تفاوت در <نیروهایِ حاکم بر> انتخابِ طبیعی، وقتی که دو استخرِ ژنی به جایی رسیدند که دیگر برایِ جدایی‌شان به مانعی جغرافیایی نیاز نبود، آن گاه آن‌ها را دو گونهٔ مختلف قلمداد می‌کنیم. در مثالِ فرضی‌مان، در نظر بگیرید که جمعیتِ جزیره، مثلاً به سببِ نبودِ درنده و تغییر به رژیمی بیشتر گیاهی، تغییرِ بیشتری نسبت به جمعیتِ سرزمینِ اصلی کرده باشد. جانورشناسی هم که در آن دوره می‌زیسته متوجه شده بوده که جمعیتِ جزیره به گونهٔ جدیدی تبدیل شده است و نامی جدید به آن داده بود، مثلاً *پروتامنیو سائورُپس*[1]، در حالی که نامِ قدیمیِ *پروتامنیو دارووینی* همچنان برایِ جمعیتِ سرزمینِ اصلی به کار می‌رفته است. در سناریویِ فرضی‌مان، تصور می‌کنیم که تقدیر چنین رقم می‌خورد که از جمعیتِ جزیره خزندگانِ کلادِ خزنده‌چهرگان[2] (آن چه که امروزه جزءِ خزندگان و پرندگان به حساب می‌آوریم عضوِ این کلاداند) بر می‌خیزند، اما از جمعیتِ سرزمینِ اصلی نسلِ پستانداران بر می‌آید.

---

[1] *Protamnio saurops*

[2] sauropsid reptiles

باز هم تأکید می‌کنم: توجه داشته باشید که *جزئیاتِ* این داستانِ کوتاهی که نقل کردم حاصلِ تخیلِ محض است. اصلاً، به همین میزان، قابلِ تصور است که پستان‌داران از جمعیتِ ساکنِ جزیره پا گرفته باشند. این «جزیره» می‌توانسته واحه‌ای محصور در صحرا باشد و نه خشکی‌ای محصور با آب. و، البته، کوچک‌ترین سرنخی هم نداریم که این انشعاب حدوداً در کدامِ نقطه از زمین رخ داده است. در واقع، نقشهٔ جهان در آن زمان آن قدر متفاوت بوده است که این سؤال معنایی ندارد. چیزی که تخیلی نیست درسِ اصلی است که از این داستان می‌گیریم: بیشترِ، اگر نگوییم همهٔ، میلیون‌ها <گونهٔ حاصل از> واگراییِ فرگشتی، که کرهٔ زمین را با چنین تنوعِ چشمگیری فرا گرفته‌اند، از جداییِ اتفاقیِ دو زیرجمعیت حاصل شده‌اند که معمولاً، اما نه همیشه، در دو سویِ مانعی جغرافیایی، همچون دریا، رود، رشته‌کوه، یا دره‌ای خشک قرار گرفته‌اند. زیست‌شناسان، برایِ انشعابِ یک گونه به دو گونهٔ دختر، از واژهٔ «گونه‌زایی[1]» استفاده می‌کنند. عمدهٔ زیست‌شناسانْ جداییِ جغرافیایی را مقدمهٔ عادیِ گونه‌زایی قلمداد می‌کنند، اما برخی دیگر، مخصوصاً حشره‌شناسان، ممکن است این احتمال را هم در نظر بگیرند که «گونه‌زاییِ هم‌بوم[2]» نیز ممکن است مؤثر باشد. گونه‌زاییِ هم‌بوم نیز برایِ این که رویِ دور بیافتد نیازمندِ جداییِ‌ای اولیه و اتفاقی است، اما این جدایی با جداییِ جغرافیایی فرق دارد. این عامل می‌تواند تغییری محلی در ریزاقلیم[3] باشد. خیلی واردِ جزئیات نمی‌شوم، اما به ذکرِ این نکته اکتفا می‌کنم که ظاهراً گونه‌زاییِ هم‌بوم مخصوصاً در میانِ حشرات اهمیت داشته باشد. با وجودِ این، به منظورِ سادگیِ بحث، در ادامهٔ این فصل، فرض را بر این می‌گذارم که جداییِ اولیه که مقدمهٔ گونه‌زایی را فراهم می‌کند مانعی جغرافیایی است. احتمالاً به خاطر دارید که، در فصلِ ۲، که دربارهٔ نژادهایِ مختلفِ سگ‌هایِ خانگی صحبت کردیم،

---

[1] speciation

[2] sympatric speciation

[3] microclimate

تأثیرِ قوانینِ تحمیل‌شده توسطِ پرورش‌دهندگانِ نژادهایِ خالص را به ساختِ «جزایرِ مَجازی» تشبیه کردم.

## «ممکن است کسی واقعاً دلش بخواهد . ..»

چه عاملی باعث می‌شود که دو جمعیتِ مختلف، از یک گونه، از دو سویِ متفاوت از یک مانعِ جغرافیایی سر در بیاورند؟ گاه خودِ مانع اتفاقی جدید است. زمین‌لرزه‌ای گذرگاهی غیرِ قابلِ عبور را باز می‌کند یا مسیرِ رود را تغییر می‌دهد و گونه‌ای که شاملِ جمعیتی واحد بود که با یک‌دیگر زاد-و-ولد می‌کردند در دو دسته از یک‌دیگر جدا می‌افتد. چیزی که بیشتر اتفاق می‌افتد این است که این مانع همیشه وجود داشته است، اما این خودِ آن حیوانات هستند که، طیِ رخدادی عجیب-و-غریب و نادر، از آن عبور می‌کنند. این رخداد باید حتماً نادر باشد، وگرنه شایستهٔ «مانع» خوانده شدن نیست. پیش از ۴ اکتبرِ ۱۹۹۵، هیچ عضوی از گونهٔ *ایگوآنا ایگوآنا*[1]، در جزیرهٔ کارائیبی[2] آنگویلا[3]، وجود نداشت. در آن روز، جمعیتی از این سوسمارهایِ بزرگ، ناگهان، در قسمتِ شرقیِ این جزیره، پدیدار شدند. خیلی اتفاقی، افرادی شاهدِ ورودِ آن‌ها به جزیره بوده‌اند. آن‌ها خودشان را به تخته‌پاره یا یک تکه از ریشهٔ از جا در آمدهٔ درخت چسبانده بودند که طولش اندکی از ۱۰ متر تجاوز می‌کرد و آب آن را با خود از جزیره‌ای همسایه، احتمالاً گوآدلوپ[4]، که در ۲۵۷ کیلومتری قرار داشت، آورده بود. یک ماه پیش از آن، دو طوفان، به نام‌هایِ لوئیس[5]، در ۴ تا ۵ سپتامبر و مرلین[6]، دو هفته

---

[1] *Iguana iguana*

[2] Caribbean island

[3] Anguilla

[4] Guadeloupe

[5] Luis

[6] Marilyn

پس از آن، آن جزیره را در نوردیده بودند و از ریشه کندنِ درختان با ایگوآناهایی که بر رویِ آن بوده‌اند برای‌شان کارِ ساده‌ای بوده است (ایگوآناها گاهی اوقات را بالایِ درخت سپری می‌کنند). جمعیتِ جدیدِ آنگویلا، در سالِ ۱۹۹۸ نیز، همچنان با قدرت پا بر جا بود و آن طور که دکتر الِن سنسکی[1]، که هدایت‌کنندهٔ مطالعهٔ اولیه بر رویِ این گونه بود، به من گفته است، تا بدین روز نیز این ایگوآناها در حالِ نشو-و-نما هستند. حتی به نظر می‌رسد که نشو-و-نمایِ آن‌ها از دیگر گونه‌هایی هم که قبل از ورودِ این «متجاوزان» می‌زیسته‌اند بهتر باشد.

این رخدادهایِ جدایی‌افکنِ عجیب-و-غریب باید یک ویژگیِ مهم داشته باشند: به اندازهٔ کافی رایج باشند تا بتوانند موجبِ گونه‌زایی شوند، اما رواج‌شان هم نباید بیش از حد زیاد باشد. اگر زیادی رایج باشند، مثلاً، اگر هر ساله آبْ چند ایگوآنا را از گوآدلوپ به آنگویلا می‌بُرد، ژن‌هایِ استخرِ ژنیِ جمعیتِ ورودی مرتباً به جمعیتِ در-آستانهٔ-گونه‌زاییِ ساکنِ آنگویلا، اضافه می‌شد و، در نتیجه، نمی‌توانست از جمعیتِ ساکنِ گوآدلوپ فاصله بگیرد. در ضمن، لطفاً نگذارید عبارتی چون « به اندازهٔ کافی رایج باشند» شما را گمراه کند. چرا که ممکن است از آن استنباط شود که حتماً اقداماتی لازم است تا اطمینان حاصل شود که جزیره‌ها، به منظورِ فراهم کردنِ امکانِ گونه‌زایی، درست به اندازهٔ کافی از یک‌دیگر فاصله داشته باشند! چنین چیزی مانندِ این است که سرنا را از سرِ گشادِ آن بزنیم. در اصل، این گونه است که هر جایی که جزایرِ مختلفی وجود دارند (البته، مثلِ همیشه، «جزیره» در معنایِ گستردهٔ آن) جزایری که فاصله‌شان از یک‌دیگر برایِ وقوعِ گونه‌زایی مناسب باشد، گونه‌زایی در آن‌ها رخ می‌دهد. و «فاصلهٔ مناسب» به این بستگی دارد که گذر از آن چقدر برایِ آن حیوانات ساده است. مثلاً پیمودنِ ۲۵۷ کیلومتر فاصلهٔ بینِ گوآدلوپ و آنگویلا برایِ هر پرندهٔ نیرومندی، همچون کبوترِ دریایی[2]، آبِ خوردن است. اما حتی چند صد متر فاصلهٔ دریایی

[1] Ellen Censky

[2] petrel

نیز، برایِ موجوداتی همچون قورباغه[1] و حشراتِ بدونِ بال، به اندازهٔ کافی صعب‌العبور است که برایِ پیدایشِ گونه‌هایی جدید کافی باشد.

حدودِ ۹۶۰ کیلومتر آب‌هایِ آزاد بینِ مجمع‌الجزایرِ گالاپاگوس[2] و سرزمینِ اصلیِ[3] آمریکایِ جنوبی جدایی افکنده است. این فاصله تقریباً چهار برابرِ فاصله‌ای است که ایگوآناهایِ یادشده بر رویِ درختانِ از-ریشه-درآمده تا آنگویلا طی کرده بودند. این جزیره‌ها آتش‌فشانی هستند و، بر اساسِ معیارهایِ زمین‌شناختی، جوان محسوب می‌شوند. هیچ یک از آن‌ها، هیچ وقت، به سرزمینِ اصلی متصل نبوده است. احتمالاً کلِ زیاگان[4] و گیاگان[5] (حیاتِ جانوری و گیاهیِ) این جزیره از سرزمینِ اصلیِ آمریکایِ جنوبی به آنجا انتقال یافته باشد. با این که پرندگانِ کوچک توانایی پرواز دارند، فاصله‌ای حدوداً ۹۵۰ کیلومتری آن‌قدر هست که طیِّ این مسافت را برایِ فنچ‌ها[6] به فتح‌الفتوح تبدیل کند. اما آن‌قدرها هم نادر نیست که اصلاً رخ ندهد. در واقع، فنچ‌هایی در گالاپاگوس زندگی می‌کنند اعقابِ فنچ‌هایی هستند که، در گذشته‌هایِ دور، احتمالاً طوفانی شدید پاشان را به گالاپاگوس باز کرده است. این فنچ‌ها همه از نسلِ نوعی فنچِ آمریکایِ جنوبی هستند، اما تنوعِ گونه‌ایِ آن‌ها منحصر به جزایرِ گالاپاگوس است. به نقشهٔ داروین، که در شکل ۵۰آمده است، نگاه کنید. دلیلِ این که این نقشه را انتخاب کرده‌ام هم عاطفی است و هم به این خاطر است که در آن، به جایِ نام‌هایِ اسپانیاییِ امروزی، از نام‌هایِ انگلیسی‌ای استفاده شده است که نیرویِ دریایی از آن‌ها استفاده می‌کرده است. به این نکته توجه داشته باشید که مقیاسِ <حدوداً> ۱۰۰ کیلومتر حدودِ یک دهمِ فاصله‌ای است که یک حیوان در آغاز باید می‌پیموده تا از سرزمینِ اصلی به آن

---

[1] frog

[2] the Galapagos archipelago

[3] mainland

[4] fauna

[5] flora

[6] finch

مجمع‌الجزایر برسد. خودِ جزیره‌ها فقط چند ده کیلومتر از یک‌دیگر فاصله دارند، اما فاصله‌شان از سرزمینِ اصلی صدها کیلومتر است. انگار در و تخته جور شده‌اند برای گونه‌زایی! ساده‌انگارانه است که بگوییم احتمالِ انتقالِ تصادفی توسطِ باد یا تکه‌ای تخته از مانعی دریایی به یک جزیره نسبتی عکس با عرضِ آن مانع دارد. با وجودِ این، به وضوح نوعی همبستگیِ معکوس بینِ فاصله و احتمالِ پیمایشِ آن وجود دارد. تفاوتِ میانگینِ فاصلهٔ جزیره‌ها از یک‌دیگر (حدودِ چند ده کیلومتر) و فاصله از سرزمینِ اصلی (حدودِ ۹۶۵ کیلومتر) به اندازه‌ای بزرگ است که بتوان انتظار داشت که این مجمع‌الجزایر یک کارخانهٔ گونه‌زایی باشند. همین طور هم هست و داروین هم، سرانجام، به این نتیجه رسید، اما تنها پس از این که این جزایر را برایِ همیشه بدرود گفته بود.

**شکل ۵۰ – نقشهٔ داروین از جزایرِ گالاپاگوس با نام‌هایِ انگلیسی که امروزه نادراند**

این تفاوتِ میانِ ده‌ها کیلومتر فاصلهٔ بینِ‌جزیره‌ای و صدها کیلومتر فاصلهٔ این مجمع‌الجزایر از سرزمینِ اصلی باعث می‌شود که یک فرگشت‌گرا پیش‌بینی کند که گونه‌هایِ ساکنِ این مجمع‌الجزایر بسیار به یک‌دیگر شبیه هستند اما با گونه‌هایِ متناظرشان در سرزمینِ اصلی تفاوتِ بسیار

دارند. و دقیقاً هم چنین چیزی مشاهده می‌شود. داروین — حتی خیلی وقت پیش از این که نظریهٔ خود را به طورِ کامل شکل داده باشد — این مطلب را به شیوایی و با زبانی بسیار نزدیک به زبانِ فرگشتی بیان کرده بود. و این حرفِ مهمِ او را به صورتِ مورب (ایتالیک) نوشته‌ام و، در طیِ این فصل، در بافت‌هایِ گوناگون، آن را تکرار خواهم کرد.

> با مشاهدهٔ این تغییراتِ تدریجی و گوناگونیِ ساختاری در گروهی این چنین قلیل از پرندگان، که قرابتِ بالایی هم به هم دارند، *به‌راستی این گمان به ذهن خطور می‌کند که از میانِ پرندگانِ اندکی که در ابتدا در این مجمع‌الجزایر می‌زیسته‌اند گونه‌ای انتخاب و برایِ اهدافِ مختلف اصلاح شده است*. بر همین طریق، ممکن است چنین به ذهن متبادر شود که پرنده‌ای که در اصل لاشخور[1] بوده است به این منطقه گسیل شده تا همان وظیفهٔ خوردنِ لاشهٔ حیوانات را بر عهده بگیرد، وظیفه‌ای که در قارهٔ آمریکا بر دوشِ پُلی‌بُری[2] نهاده شده است.

جملهٔ آخر به شاهینِ گالاپاگوس[3]، *بوئِتو گالاپاگوئِنسیس*[4]، اشاره دارد که یکی دیگر از گونه‌هایِ ساکنِ گالاپاگوس است. این گونه به گونه‌هایی که در سرزمینِ اصلی یافت می‌شوند، مخصوصاً *بوئِتو سِوائینسونی*[5]، شباهتی نسبی دارد. بوئِتو سِوائینسونی بینِ آمریکایِ شمالی و جنوبی مهاجرت می‌کند. به احتمالِ زیاد، یکی دو مورد اتفاقِ عجیب-و-غریب تعدادی از این پرندگان را از مسیرِ اصلی‌شان، در طیِ مهاجرت، منحرف کرده باشد. امروزه، باید شاهینِ گالاپاگوس و باکلان‌هایِ ناپَر[6] را

---

[1] buzzard

[2] Polybori

[3] Galapagos hawk

[4] *Buteo galapagoensis*

[5] *Buteo swainsoni*

[6] flightless cormorant

«بوم‌زاد[1]» این جزایر تلقی کرد. این بدان معناست که این گونه‌ها، منحصراً، در این جزایر یافت می‌شوند. داروین، که همچنان نظریهٔ فرگشت برایش درونی نشده بود و آن را به طورِ کامل نپذیرفته بود، عبارتِ «مخلوقاتِ بومی[2]» را در شرحِ آن‌ها به کار برد. معنیِ این عبارت این است که «خدا این موجودات را فقط برایِ آن ناحیه آفریده است و نه هیچ جایِ دیگر». او همین عبارت را در دو جایِ دیگر برایِ لاک‌پشت‌هایِ غول‌پیکر[3]، که در آن زمان در همهٔ این جزیره‌ها یافت می‌شدند، و برایِ دو گونه از ایگوآنا (ایگوآناییِ خشکی‌زیِ گالاپاگوس[4] و ایگوآناییِ دریاییِ گالاپاگوس[5]) نیز به کار برد. ایگوآناهایِ دریایی موجوداتِ بسیار کنجکاوی‌برانگیز و عجیبی هستند و نمونه‌شان هیچ جایِ دنیا یافت نمی‌شود. آن‌ها در دریا شیرجه می‌زنند و از جلبکِ دریایی[6]، که به نظر می‌رسد تنها غذاشان باشد، تغذیه می‌کنند. به زیبایی شنا می‌کنند اما، به زعمِ داروین، ظاهرِ زیبایی ندارند:

> این موجودْ بس کریه‌المنظر است. [i] رنگش سیاهِ چرک‌تاب است. ابله است و حرکاتِ اندامش نیز شل و وارفته. طولِ معمولِ نوعِ بالغِ این ایگوآناها قریبِ به یک متر است، لیکن طولِ بعضی‌هاشان به یک متر و بیست سانتی‌متر نیز می‌رسد ... طرفینِ دُمش صاف است و هر چهار پایش انگشتانی تقریباً به‌هم‌پیوسته دارد ... . وقتی که این سوسمار واردِ آب می‌شود، به سادگی و چابکیِ تمام، با حرکتی مارگونه در بدن و دُمِ صافش، در حالی که پاهایش بی‌حرکت در کنارِ بدنش قرار گرفته‌اند، شنا می‌کند.

---

[1] endemic

[2] aboriginal creations

[3] giant tortoise

[4] Galapagos land iguana

[5] Galapagos marine iguana

[6] seaweed

از آن جا که ایگوآناهایِ دریایی شناگرانِ ماهری‌اند، شاید تصور شود که این گونه از ایگوآناها بوده‌اند (و نه ایگوآناهایِ خشکی‌زی) که از سرزمینِ اصلی عبور کرده‌اند و، بعداً، در این مجمع‌الجزایر، گونه‌زایی کرده‌اند و ایگوآناهایِ خشکی‌زی از آن‌ها پا گرفته‌اند. اما تقریباً مطمئنیم که این تصورْ تصورِ درستی نیست. ایگوآنایِ خشکی‌زیِ گالاپاگوس تفاوتِ چندانی با ایگوآناهایی که همچنان در سرزمین اصلی زندگی می‌کنند ندارند، اما ایگوآناهایِ دریایی منحصر به مجمع‌الجزایرِ گالاپاگوس هستند. تا کنون، هیچ سوسماری، با عاداتِ دریاییِ مشابه، در هیچ کجایِ دنیا یافت نشده است. امروزه مطمئن هستیم که این ایگوآناهایِ خشکی‌زی بوده‌اند که نخست، از سرزمینِ اصلیِ آمریکایِ جنوبی، به آنجا راه یافته‌اند (شاید، مانندِ ایگوآناهایِ امروزی که، در پیِ طوفان، از گوآدلوپ به آنگویلا راه پیدا کرده بودند، سوار بر چوب‌هایِ روان-بر-آب به آنجا راه پیدا کرده باشند). آن‌ها بعداً در گالاپاگوس گونه‌زایی کردند و ایگوآنایِ دریایی از آن‌ها پدید آمد. و تقریباً مطمئنیم که جداییِ جغرافیاییِ حاصل از فاصلهٔ بینِ این جزایر عاملِ جداییِ اولیهٔ بینِ ایگوآناهایِ خشکی‌زیِ نیاکانی و ایگوآناهایِ دریاییِ گونه‌زا بوده است. احتمالاً چند ایگوآنایِ خشکی‌زی، به طورِ اتفاقی، سوار بر تکه‌هایی چوب، به یکی از جزایر، که تا آن زمان هیچ ایگوآنایی در آن نمی‌زیسته است، رسیدند. سپس، این ایگوآناها، فارغ از آلودگی توسطِ ژن‌هایِ استخرِ ژنیِ ایگوآناهایِ خشکی‌زی، عاداتی دریایی را در پیش گرفته‌اند. مدت‌ها بعد، آن‌ها در جزیره‌هایِ مختلف پراکنده شدند و، سرانجام، به جزیره‌ای که محلِ زندگیِ نیاکانِ خشکی‌زی‌شان بود برگشتند. در آن زمان، دیگر قادر به آمیزش با یک‌دیگر نبودند و عاداتِ دریایی‌شان، که به طورِ ژنتیکی به آن‌ها رسیده بود، از آلوده شدن به ژن‌هایِ ایگوآناهایِ خشکی‌زی مصون شده بود.

داروین، در مثال‌هایِ مختلف، مرتباً موردِ مشابهی را مشاهده می‌کرد. حیوانات و گیاهانِ هر یک از جزایرِ گالاپاگوس عموماً بوم‌زادِ («مخلوقاتِ بومیِ») آن مجمع‌الجزایر هستند اما ، در جزئیات، از جزیره تا جزیره، با یک‌دیگر تفاوت دارند. از این جهت، گیاهانِ آنجا، به طرزِ ویژه‌ای، توجهِ داروین را به خود جلب کرده بود:

در نتیجه، از این نکتهٔ شگفت‌انگیز نیک آگاهیم که در جزیرهٔ جیمز [سانتیاگو][1]، از میانِ سی‌وهشت گیاهِ گالاپاگوسی، یا گیاهانی که در هیچ جایِ جهان یافت نمی‌شود، سی گونه صرفاً منحصر به این یک جزیره است. و، در جزیرهٔ آلبِمارل [ایزابلا][2]، از میانِ بیست و شش گیاهِ گالاپاگوسی، بیست و دو گونه منحصر به همین یک جزیره‌اند. یعنی فقط چهار گونه از این گیاهان در دیگر جزایرِ این مجموعه می‌رویند ... چنین است در موردِ جزایرِ چَتم [سن کریستوبال][3] و چارلز [فلورِئانا][4].

او قضیهٔ مشابهی را در پراکندگیِ مرغِ مقلد[5] نیز، در این جزایر، مشاهده کرد.

هنگامی که چندین گونه از مرغِ مقلد را، که خودم و چند تن از همسفران شکار کرده بودیم، با یک‌دیگر مقایسه می‌کردم، با شگفتیِ تمام متوجه شدم که همهٔ آن‌هایی که در جزیرهٔ چارلز زندگی می‌کردند متعلق به یک گونه (*میموس تریفاسیاتوس*[6]) بوند. همچنین، دیدم که تمامِ مرغ‌هایِ مقلدِ جزیرهٔ آلبِمارل متعلق به گونهٔ *میموس پاروولوس*[7] بودند و تمامِ گونه‌هایِ ساکنِ جزایرِ جیمز و چَتم — که دو جزیرهٔ دیگر نیز بینِ آن‌ها قرار دارد و حلقهٔ واصلِ آن‌ها هستند — متعلق به گونهٔ *میموس ملانوتیس*[8] هستند. این موضوع توجهِ من را عمیقاً به خود جلب کرد.

---

[1] James Island; Santiago

[2] Albermarle Island; Isabela

[3] Chatham; San Cristobal

[4] Charles; Floreana

[5] mocking bird

[6] *Mimus trifasciatus*

[7] *Mimus parvulus*

[8] *Mimus melanotis*

در همه جایِ دنیا هم همین طور است. گیاگان و زیاگانِ منطقه‌ای خاص دقیقاً مطابقِ همان چیزی <فرگشت می‌یابند> که از این حرفِ داروین انتظار می‌رود: «گونه‌ای انتخاب و برایِ اهدافِ مختلف اصلاح شده است». (داروین این حرف را در موردِ فنچ‌هایی زده بود که نام‌شان را از او گرفته‌اند.)

مشاورِ فرماندارِ جزایرِ گالاپاگوس، آقایِ لاسون[1]، به داروین اطلاع می‌دهد که:

> لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ جزایرِ مختلف با هم تفاوت دارند و خود، با قاطعیت، می‌تواند بگوید که هر کدام متعلق به کدام جزیره‌اند. زمانی خودم عنایتِ چندانی به این نقلِ قول نداشتم، در حالی که مجموعه‌هایی متعلق به دو تا از جزایرِ گالاپاگوس را با هم یکجا مخلوط کرده بودم. به ذهنم هم خطور نمی‌کرد که جزایری که فقط هشتاد تا صد کیلومتر از یک‌دیگر فاصله دارند، به یک‌دیگر دید دارند، دقیقاً از سنگ‌هایِ یکسانی تشکیل شده‌اند، اقلیمِ نسبتاً مشابهی دارند، و ارتفاع‌شان تقریباً یکسان است، ساکنانی این چنین متفاوت داشته باشند.

تمامِ لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ گالاپاگوس به گونه‌ای خاص از لاک‌پشتِ زمینیِ سرزمینِ اصلی، به نامِ *جئوکلونی چیلنسیس*[2] شباهت دارند، که از همهٔ آن‌ها کوچک‌تر است. یک جایی، طیِ میلیون‌ها سالی که از قدمتِ این جزایر می‌گذرد، یک یا چند تا از لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ سرزمینِ اصلی ناخواسته در آب افتاده و، شناور بر آب، به آن جزایر برده شده‌اند. چگونه ممکن است که آن‌ها از چنین عبور-و-مرورهایِ طولانی و، بی‌شک، دشواری جانِ سالم به در برده باشند؟ مطمئناً عمدهٔ آن‌ها دوام نیاوردند، اما فقط لازم بوده است که یک ماده به آن جا راه یابد تا ماجرا به جریان بیافتد. و لاک‌پشت‌ها هم به طرزِ خارق‌العاده‌ای از امکاناتِ لازم برایِ عبور از این گذرگاه بهره‌مندانند.

---

[1] Lawson

[2] *Geochelone chilensis*

اولین شکارچیانِ نهنگ هزاران لاک‌پشتِ غول‌پیکر را از جزایرِ گالاپاگوس، به عنوانِ غذا، با خود به کشتی بردند. برایِ این که گوشتِ لاک‌پشت‌ها تازه بماند، آن‌ها را فقط موقعِ نیاز زنده نگه می‌داشتند، اما مادامی که در صفِ سلاخی شدن بودند، نه به آن‌ها آب می‌دادند و نه غذا. آن‌ها را وارونه می‌کردند و گاه آن‌ها را چند-تا-چند-تا رویِ هم تلنبار می‌کردند که نتوانند فرار کنند. این ماجرا را برایِ ترساندن تعریف نمی‌کنم (البته باید بگویم که چنین رفتارِ ستم‌گرانه و وحشیانه‌ای مو را بر تنِ من سیخ می‌کند)، بلکه هدفم این است که نکته‌ای را بیان کنم. لاک‌پشت‌هایِ زمینی می‌توانند هفته‌ها، بدونِ آبِ شیرین و غذا، تاب بیاورند؛ آن قدر که بتوانند شناور بر جریانِ هامبالت[1]، از آمریکایِ جنوبی تا مجمع‌الجزایرِ گالاپاگوس، دوام بیاورند. و واقعاً پیش می‌آید که لاک‌پشت‌ها بر آب شناور شوند.

لاک‌پشت‌ها، پس از رسیدن به اولین جزیرهٔ گالاپاگوس و چندین برابر شدن، برای‌شان به نسبت ساده‌تر است که، باز هم به طورِ اتفاقی، به طریقی مشابه فاصلهٔ بینِ جزایر را، که کوتاه‌تر است، طی کنند. و، پس از رسیدن به جزیره، همان کاری را کردند که بسیاری از حیوانات هنگامِ پا گذاشتن به جزایر انجام می‌دهند: در جهتِ بزرگ‌تر شدن فرگشت یافتند. این پدیده، که غول‌پیکریِ جزیره‌ای[2] نام دارد، پدیده‌ای است که خیلی وقت است دانشمندان از آن خبر دارند. (نکتهٔ گیج‌کننده‌ای که وجود دارد این است که پدیدهٔ دیگری هم، به نامِ کوتاه‌قامتیِ جزیره‌ای[3]، وجود دارد که به همین میزان شهرت دارد.) [i i]

اگر این لاک‌پشت‌هایِ زمینی همان راهی را در پیش می‌گرفتند که فنچ‌هایِ معروفِ داروین در پیش گرفته بودند، به نحوی فرگشت می‌یافتند که، در هر جزیره، گونهٔ متفاوتی از آن‌ها به وجود آید. سپس، پس از چند بار رانده شدنِ تصادفی از این جزیره به آن جزیره، قادر به زاد-و-ولد با

---

[1] Humboldt Current

[2] island gigantism

[3] island dwarfism

یک‌دیگر نخواهند بود (به یاد داشته باشید که تعریفِ گونهٔ متفاوت همین است) و خواهند توانست آزادانه، با در پیش گرفتنِ سبکِ زندگیِ منحصر به خود، فرگشت یابند، بدونِ این که استخرِ ژنی‌شان آلوده به استخرِ دیگری شود.

می‌توان گفت که ناسازگاریِ سلایق و رفتارهایِ تولیدِ مثلی در گونه‌هایِ مختلف منجر به ایجادِ نوعی جداییِ ژنتیکی می‌شود که می‌تواند جایگزینِ جداییِ جغرافیاییِ جزایرِ جدا-از-هم شود. با این که مکانِ جغرافیاییِ یکسانی با یک‌دیگر دارند، اکنون انحصار در جفت‌گیری، همچون جزایری مجزا-از-هم، آنان را از یک‌دیگر جدا نگه می‌دارد. پس، ممکن است جدایی‌شان، از چیزی هم که امروز هست، فراتر رود. فنچِ زمینی[1] بزرگ، متوسط، و کوچک، در آغاز، <از طریقِ فرگشت> در جزایرِ مختلف راه‌شان از یک‌دیگر جدا شد. اما حال که این سه گونه، در بیشترِ جزایرِ گالاپاگوس، با هم هم‌زیستی دارند، هیچ گاه با یک‌دیگر جفت‌گیری نمی‌کنند و هر کدام‌شان هم از دانهٔ متفاوتی تغذیه می‌کنند.

فرگشتِ متفاوتِ لاکِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی در جزایرِ مختلف نیز نتیجهٔ فرآیندی مشابه است. لاکِ گونه‌هایی که در جزایرِ بزرگ‌تر زندگی می‌کنند ارتفاعِ بلندتری دارد. اما لاکِ گونه‌هایی که در جزایرِ کوچک‌تر زندگی می‌کنند شبیه به زینِ اسب است و دهانهٔ حفرهٔ جلویِ لاک‌شان گشادتر است. احتمالاً علتش این است که جزایرِ بزرگ، برایِ رشدِ علف، به اندازهٔ کافی مرطوب هستند و لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ ساکنِ آن‌ها نیز چرنده هستند. جزایرِ کوچک‌تر رطوبتِ کافی، برایِ رشدِ علف، ندارند و لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ ساکنِ آن‌ها به تغذیه از <میوهٔ> کاکتوس‌ها روی می‌آورند. گشادیِ حفرهٔ لاک‌هایِ زین‌گونه، به گردنِ لاک‌پشت، برایِ قد کشیدن و رسیدن به میوهٔ کاکتوس‌ها (که آن‌ها هم، در نبردِ فرگشتی با لاک‌پشت‌هایی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند، روز-به-روز بزرگ‌تر می‌شوند)، مجالِ کافی می‌دهد.

---

[1] Ground Finch

ماجرایِ لاک‌پشت‌هایِ زمینی، نسبت به مدلِ فرگشتِ فنچ‌ها، یک پیچیدگیِ دیگر نیز دارد: از دیدِ لاک‌پشت‌ها، آتش‌فشان‌هایِ درونِ جزایر نیز جزیره‌ای دیگر محسوب می‌شوند. آتش‌فشان‌ها واحه‌هایی بلند، خنک، مرطوب، و سبز را پدید می‌آورند که، در ارتفاعاتِ پایین‌تر، منطقهٔ وسیعی از گدازهٔ خشک گرداگردِ آن‌ها را احاطه کرده است. این مناطق، برایِ لاک‌پشت‌هایِ غول‌پیکرِ چرنده حکمِ صحرایی بی‌آب-و-علف را دارند. هر یک از جزایرِ کوچک‌تر یک آتش‌فشانِ بزرگ دارد که گونه (یا زیرگونهٔ) لاک‌پشتِ غول‌پیکرِ مختصِ به خود را دارد (به جز آن معدود جزایری که هیچ آتش‌فشانی ندارند). جزیرهٔ بزرگِ ایزابلا (که <رویِ نقشهٔ> داروین، «آلبمارل» نام دارد) پنج آتش‌فشانِ بزرگ دارد و هر آتش‌فشان گونه (یا زیرگونهٔ) لاک‌پشتِ زمینیِ منحصر به خود را دارد. ایزابلا، حقیقتاً، مجمع‌الجزایری است که در دلِ مجمع‌الجزایری دیگر قرار گرفته است: سامانه‌ای متشکل از چند جزیره درونِ یک جزیره. و این اصل که یک سری جزیره (در معنایِ تحت‌اللفظیِ جغرافیایی‌شان) زمینه را برایِ فرگشتِ جزایری دیگر (در معنایِ استعاریِ ژنتیکی‌شان که به «گونه»هایِ مختلف اشاره دارد) فراهم می‌کنند، هیچ وقت و در هیچ جایِ دیگری، به این خوبی نشان داده نشده است که در مجمع‌الجزایرِ اوانِ جوانیِ داروین نمود پیدا کرده است.[iii]

جزیره‌ای منزوی‌تر از سِنت هِلِنا[1] وجود ندارد، جزیره‌ای یکه و تنها در اقیانوسِ اطلسِ جنوبی، در ۱۹۳۰ کیلومتریِ ساحلِ آفریقا. این جزیره حدودِ ۱۰۰ گیاهِ بوم‌زاد دارد (داروینِ جوان آن‌ها را «مخلوقاتِ بومی» می‌خواند، اما، وقتی که سنّی از او گذشت، می‌گفت که آن‌ها در آنجا فرگشت یافته‌اند). در میانِ این گیاهان، درختانی جنگلی، متعلق به خانوادهٔ گلِ مینا[2]، وجود دارند (یا «وجود داشتند»؛ چرا که بعضی از آن‌ها امروزه منقرض شده‌اند).

عاداتِ این درختان به درختانِ سرزمینِ اصلیِ آفریقا شبیه است، که خویشاوندیِ نزدیکی هم با آن‌ها ندارند. گیاهانِ سرزمینِ اصلی که ***واقعاً*** به آن‌ها مرتبط‌اند سبزی‌ها یا درختچه‌هایی کوچک

[1] St Helena

[2] daisy family

هستند. چیزی که اتفاق افتاده است این است که چند بذرِ سبزی و درختچهٔ کوچکی که از فاصلهٔ میانِ آفریقا <و سرزمینِ اصلی> سر در آورده بودند، در سِنت هِلِنا مستقر شده بودند و، از آنجا که همچنان جا برایِ رشدِ درختانِ جنگلی وجود داشت، کنده‌هایی چوبین در آن‌ها فرگشت یافته بود، تا جایی که به درختانی تنومند تبدیل شدند. میناهایِ درخت‌گونهٔ مشابهی نیز، به صورتِ مستقل، در جزایرِ گالاپاگوس فرگشت یافته‌اند. الگویِ مشابهی در همهٔ جزایرِ سراسرِ جهان یافت می‌شود.

**شکل ۵۱ - درختانِ جنگلیِ سِنت هِلِنا**

هر یک از دریاچه‌هایِ عمدهٔ آفریقا زیاگانِ ماهی‌ایِ منحصر به خود را دارد، که عمدهٔ آن‌ها ماهیانی از گروهِ سیکلیدها هستند. هر یک از زیاگانِ سیکلیدیِ دریاچه‌هایِ ویکتوریا، تانگانیکا[1]، و مالاوی[2] از چندصد گونهٔ مختلف تشکیل شده است، که کاملاً از یک‌دیگر متمایزاند. چنان که از شواهد بر می‌آید، این زیاگان، به صورتِ مجزا، در این سه جزیره فرگشت یافته‌اند و این موضوع باعث می‌شود که اشتراکِ آن‌ها در ویژگی‌هایی خاص بیشتر به چشم بیاید. در هر جزیره، چنین به نظر می‌رسد که یک یا دو گونهٔ پایه‌گذار نخست به نحوی، احتمالاً از طریقِ رود، به آن دریاچه‌ها راه پیدا کرده باشند. سپس، این گونه‌هایِ پایه‌گذار، در هر یک از دریاچه‌ها، آن قدر گونه‌زایی کرده‌اند که صدها گونهٔ مختلفی را که امروزه این دریاچه‌ها را پر کرده‌اند به وجود آورده‌اند. در محدودهٔ یک دریاچه، جداییِ جغرافیاییِ اولیه، که باعثِ انشعابِ گونه‌هایِ پیشتاز شده است، چگونه ممکن است رخ داده باشد؟

[1] Tanganyika

[2] Malawi

هنگامِ معرفیِ مفهومِ «جزیره»، توضیح دادم که، برایِ یک ماهی، دریاچه‌ای که خشکی آن را احاطه کرده است جزیره محسوب می‌شود. نکته‌ای که کمتر بدیهی به نظر می‌رسد این است که حتی «جزیره» در معنایِ مرسومِ آن، که تکه‌ای خشکی است که آب آن را احاطه کرده است، نیز از دیدِ یک ماهی، مخصوصاً ماهی‌ای که فقط در آب‌هایِ کم‌عمق زندگی می‌کند، «جزیره» محسوب می‌شود. در دریا، برایِ موردِ ماهیِ خود مثالی سراغ دارم که در صخرهٔ مرجانی[1] زندگی می‌کند و هیچ گاه خطرِ رفتن به آب‌هایِ پرعمق را به جان نمی‌خرد. از دیدِ این ماهی، حاشیهٔ کم‌عمقِ جزیره‌ای مرجانی یک «جزیره» تلقی می‌شود و سدِ بزرگِ مرجانیِ <اقیانوسِ آرام> برایش حکمِ یک مجمع‌الجزایر را دارد. چنین چیزی ممکن است حتی در دریاچه هم اتفاق بیافتد. در یک دریاچه، مخصوصاً دریاچه‌ای بزرگ، صخره‌ای هم که سر از آب بر آورده است، برایِ ماهی‌ای که عاداتی محدود به آب‌هایِ کم‌عمق دارد، جزیره محسوب می‌شود. تقریباً به طورِ قطع می‌توان گفت که، دستِ کم برایِ بعضی از سیکلیدهایِ دریاچه‌هایِ عمدهٔ آفریقا، انزوایِ اولیه از این طریق حاصل شده است. بیشترِ این ماهی‌ها محدود به آب‌هایِ کم‌عمقِ اطرافِ جزایر، خلیج‌ها[2]، و خلیجک‌ها[3] هستند. این امر باعثِ انزوایِ نسبی از دیگر محدوده‌هایِ حاویِ آبِ کم‌عمقِ مشابه شد، عبورِ هر-از-گاهیِ آب‌هایِ پرعمق میانِ آن‌ها، آن‌ها را به معادلی آبی برایِ «مجمع‌الجزایری» گالاپاگوس‌گونه بدل کرد.

شواهدی قوی مبنی بر افزایش و کاهشِ سطحِ ناگهانیِ دریاچهٔ مالاوی (که وقتی اولین تجربه‌هایِ ساختنِ قلعهٔ شنی را در تعطیلات تجربه می‌کردم، «دریاچهٔ نیاسا[4]» نام داشت) ، طیِ قرونِ متمادی، وجود دارد. در قرنِ هجدهم، سطحِ این دریاچه به یکی از پایین‌ترین سطوحِ خود رسید، که ۱۰۰ متر از سطحِ کنونیِ آن پایین‌تر بود. در آن زمان‌ها، بسیاری از جزایرِ آن اصلاً جزیره به حساب

---

[1] coral reef

[2] bay

[3] inlet

[4] Nyasa

نمی‌آمدند، بلکه تپه‌هایی بر رویِ خشکی‌ای بودند که دریاچه - که در آن زمان کوچک‌تر بود — آن‌ها را احاطه کرده بود. در قرونِ نوزدهم و بیستم، که سطحِ دریاچه بالاتر آمد، تپه‌هایِ رویِ خشکی تبدیل به جزیره شدند و از مجموعهٔ تپه‌ها مجمع‌الجزایر به وجود آمد. سپس، فرآیندِ گونه‌زایی در میانِ سیکلیدهایِ ساکنِ قسمتِ کم‌عمق (که افرادِ بومی به آن مِبونا[1] می‌گفتند) کلید خورد. «تقریباً هر صخرهٔ برآمده از آب و هر جزیره زیاگانِ مِبونایِ مختصِ به خود را دارد، که در رنگ‌ها و گونه‌هایِ بی‌شماری هستند. از آنجا که بسیاری از این جزایر و برآمدگی‌ها، طیِ ۳۰۰-۲۰۰ سالِ گذشته، سرزمینی خشک بوده‌اند، برقراریِ زیاگانِ آن‌ها طیِ آن زمان‌ها رخ داده است».

این گونه گونه‌زاییِ سریع کاری است که ماهی‌هایِ سیکلید در آن مهارتی خاص دارند. دریاچهٔ مالاوی و تانگانیکا قدمتِ زیادی دارند، اما دریاچهٔ ویکتوریا به شدت جوان است. حوضهٔ این دریاچه تنها ۴۰۰،۰۰۰ سالِ پیش شکل گرفته است و، از آن زمان تا کنون، بارها خشک شده است، که متأخرترین موردِ آن ۱۷،۰۰۰ سالِ پیش بوده است. از آن می‌توان برداشت کرد که زیاگانِ بومزادِ آن - که متشکل از حدودِ ۴۵۰ گونه ماهیِ سیکلید است - طیِ چند قرن فرگشت یافته‌اند، نه میلیون‌ها سالی که انتظار می‌رود برایِ گوناگونیِ فرگشتی، در این مقیاسِ بزرگ، نیاز باشد. سیکلیدهایِ دریاچه‌هایِ آفریقا نشان‌مان می‌دهند که فرگشتی چنین پیچیده در چه زمانِ کوتاهی میسر است و با این کار ما را به شگفتی وا می‌دارند. آن‌ها تا اندازهٔ زیادی ویژگی‌هایِ لازم را، برایِ گنجانده شدن در فصلِ «درست جلویِ چشمانِ ما»، داشتند.

درختانی از یک سردهٔ واحد، یعنی *اوکالیپتوس*[2]، بیشه‌ها و جنگل‌هایِ استرالیا را تحتِ سلطهٔ خود قرار داده‌اند. این سرده ۷۰۰ گونهٔ مختلف با ویژگی‌هایِ بسیار گسترده را در بر می‌گیرد. در اینجا نیز می‌شود حرفی مشابهِ حرفِ داروین دربارهٔ فنچ‌ها را تکرار کرد: می‌توان تصور کرد که گونه‌ای از اوکالیپتوس «انتخاب و برایِ اهدافِ مختلف اصلاح شده است». از این هم معروف‌تر، در

---

[1] Mbuna

[2] *Eucalyptus*

این زمینه، زیاگانِ پستان‌دارِ استرالیا هستند. در استرالیا، معادل‌هایِ اکولوژیکِ گرگ، گربه، خرگوش، موشِ کور، حشره‌خوار، شیر، سنجابِ پرنده و بسیاری دیگر از حیوانات زندگی می‌کنند (یا تا زمانِ انقراض‌هایِ اخیر — که احتمالاً علتش ورودِ افرادِ بومی بوده است — زندگی می‌کرده‌اند). اما کیسه‌دارانی نیز در آنجا زندگی می‌کنند که بسیار با گرگ، گربه، خرگوش، موشِ کور، و حشره‌خوارهایی که، در دیگر نقاطِ جهان، با آن‌ها آشنا هستیم (که به اصطلاح به آن‌ها «پستان‌دارانِ جُفت‌دار[1]» می‌گویند)، فرق دارند. این معادل‌هایِ استرالیایی شاید همگی از نوادگانِ تنها چند، یا شاید حتی تنها یک، گونه از کیسه‌دارانِ نیاکانی باشند که «انتخاب و برایِ اهدافِ مختلف اصلاح شده»اند. این زیاگانِ کیسه‌داری که ذکرِ آن‌ها رفت نیز موجوداتِ جالبی را پدید آورده‌اند که سخت می‌توان برای‌شان، خارج از استرالیا، معادلی را یافت. گونه‌هایِ بسیار متنوعِ کانگورو[2] معمولاً ویژگی‌هایی شاخ‌درازگونه[3] (یا، در موردِ کانگوروهایِ درختی، ویژگی‌هایی میمون و لِمورگونه) دارند، اما از طریقِ پرش از این سو به آن سو می‌روند. این کانگوروها از کانگوروهایِ بزرگِ سرخ (و بعضی گونه‌هایِ حتی بزرگ‌تر که اکنون منقرض شده‌اند و شاملِ نوعی کانگورویِ رعب‌آور، جهنده، و گوشت‌خوار هم می‌شوند) تا والابی‌هایِ[4] کوچک و کانگوروهایِ درختی را در بر می‌گیرند. کیسه‌دارانی غول‌پیکر و به اندازهٔ کرگدن[5]، متعلق به راستهٔ کیسه‌دارانِ علف‌خوار[6]، وجود داشته‌اند، که از خویشاوندانِ وُمبات‌هایِ امروزی محسوب می‌شده‌اند. اما درازایِ آن‌ها دو متر و هفتاد سانتی‌متر، و قدِ آن‌ها (محاسبه شده از شانه) صد و هشتاد سانتی‌متر، و وزنِ آن‌ها ۲ تُن بوده است. در فصلِ بعد، به مبحثِ کیسه‌دارانِ استرالیا باز خواهم گشت.

---

[1] placental mammals

[2] kangaroo

[3] antelope

[4] wallaby

[5] rhinoceros

[6] Diprotodon

ممکن است ذکرِ این نکته خنده‌دار به نظر بیاید، اما شوربختانه، به خاطرِ آن بیش از ۴۰ درصد از جمعیتِ آمریکا که داستان‌هایِ کتابِ مقدس را واقعی می‌دانند و، در فصلِ ۱، از دست‌شان آه و فغان سر داده بودم، باید آن را بیان کنم: تصور کنید که اگر مبدأ پراکندگیِ همهٔ حیوانات از کشتیِ نوح بود، توزیعِ جغرافیایی‌شان چگونه می‌شد؟ نمی‌بایست این گونه باشد که، با دور شدن از یک مرکزِ پراکنش (مثلاً کوهِ آرارات[1])، تنوعِ گونه‌ها کم شود؟ اصلاً نیازی هم نیست که من بخواهم بگویم که این امر خلافِ واقع است.

چه دلیلی داشته است که همهٔ آن کیسه‌داران — از موش‌هایِ کوچکی که جیبِ دهانی[2] دارند تا کوآلاها[3]، بزرگ‌گوش‌ها[4]، کانگوروها، و کیسه‌دارانِ علف‌خوار — آن هم فقط آن کیسه‌داران، و نه هیچ جفت‌داری، فوج-فوج از کوهِ آرارات به استرالیا کوچ کرده باشند؟ از چه مسیری ممکن است کوچ کرده باشند؟ و چرا حتی یک عضو از میانِ آن‌هایی که از قافله عقب مانده‌اند، توقف نکرده و در همان جا — مثلاً، هند، چین، یا مأمنی در مسیرِ راهِ ابریشم[5] — مستقر نشده‌اند؟ به چه دلیل ممکن است کلِ راستهٔ[6] شگفت‌بندان[7] (همهٔ بیست گونهٔ آرمادیلو[8]، شاملِ آرمادیلویِ غول‌پیکرِ منقرض‌شده، همهٔ شش گونهٔ تنبل‌ها[9]، شاملِ تنبلِ غول‌پیکرِ منقرض‌شده، و تمامِ چهار گونهٔ مورچه‌خوار[10]) بدونِ این که مو لایِ درزِ کارشان برود، بدونِ این که اندک ردِ پایی به جا

---

[1] Mount Ararat

[2] pouch

[3] koala

[4] bilby

[5] the Great Silk Road

[6] order

[7] Edentata

[8] armadillo

[9] sloth

[10] anteater

بگذارند، یا بدونِ این که اثری از پوست و مو و پشم و زرهِ یکی از در-راه-ماندگان بر جا مانده باشد، به آمریکایِ جنوبی لشکرکشی کرده باشند؟ چرا آن‌ها را زنجیره‌ای از جوندگانی[1] از مرتبهٔ دون‌ترِ تشی‌آروارگان[2] — شاملِ خوکچهٔ هندی[3]، آگوتی[4]، پاکا[5]، گوش‌بلند[6]، کاپی‌بارا[7]، چینچیلا[8]، و بسیاری از حیواناتِ دیگر — به هم متصل کرده است که گروهِ بزرگی از جوندگانِ خاصِ آمریکایِ جنوبی هستند و هیچ جایِ دیگری یافت نمی‌شوند؟ چرا زیرراسته‌ای از میمون‌ها، یعنی پَخ‌بینیان[9]، فقط و فقط در آمریکایِ جنوبی یافت می‌شوند و نه هیچ جایِ دیگر؟ نباید دستِ کم چند تا از آن‌ها به میمون‌هایِ دیگر، یعنی راست‌بینیانِ ساکنِ آسیا و آفریقا، می‌پیوستند؟ و نباید دستِ‌کم یک گونه از راست‌بینیان، در کنارِ دیگر پَخ‌بینیان، سر از برِّ جدید در می‌آورد؟ چرا همهٔ پنگوئن‌ها می‌بایستی این همه راه را، هلک-و-هلک، به سمتِ جنوب طی کنند تا به جنوبگان برسند و حتی یکی از آن‌ها هم در شمالگان[10]، که به همان اندازه برای‌شان قابلِ سکونت است، یافت نمی‌شود؟

گونه‌ای لِمورِ نیاکانی، که باز هم احتمال می‌رود گونه‌ای یکتا باشد، سر از ماداگاسکار[11] در آورده بوده است. در این عصر، سی و هفت گونه لِمور (به اضافهٔ چند گونهٔ منقرض) وجود دارد.

---

[1] rodent

[2] caviomorph rodents

[3] guinea pig

[4] agouti

[5] paca

[6] mara

[7] capybara

[8] chinchilla

[9] platyrrhine monkeys

[10] the Arctic

[11] Madagascar

اندازهٔ آن‌ها هم تنوعِ گسترده‌ای دارد، از لِمورِ موشیِ کوتوله[1]، که از همستر[2] هم کوچک‌تر است، گرفته تا لِمورِ غول‌پیکر، که از گوریل هم بزرگ‌تر است و به خرس شباهت دارد (از زمانِ انقراضِ این گونه زمانِ زیادی نمی‌گذرد). و همهٔ آن‌ها، بدونِ استثناء، در ماداگاسکار زندگی می‌کنند. هیچ لِمورِ دیگری در هیچ جایِ دنیا وجود ندارد و هیچ میمونی هم در ماداگاسکار یافت نمی‌شود. واقعاً این ۴۰ درصد انکارکنندهٔ تاریخ فکر می‌کنند که چه چیزی باعثِ شده است که شرایط این گونه رقم بخورد؟ آیا همهٔ بیش از سی‌وهفت گونهٔ لِمور، دسته‌ای، به سرعت (این موضوع در موردِ لِمورِ دُم‌حلقه‌ای[3] واقعاً صدق می‌کند) از دروازهٔ کشتیِ نوح، به سمتِ ماداگاسکار، گریخته‌اند و حتی یک دانه از آن‌ها هم از جمع عقب نیافتاده و، در هیچ نقطه‌ای از سرزمینِ وسیعِ آفریقا، به جا نمانده است؟

باز هم عذر می‌خواهم که این گونه با مته به جانِ خشخاشی این چنین پوسیده افتاده‌ام، اما مجبورم؛ چرا که بیش از ۴۰ درصدِ آمریکایی‌ها داستانِ کشتیِ نوح را، واژه-به-واژه، قبول دارند. ما باید بتوانیم بی‌خیالِ این عده شویم و به کارِ علمیِ خود بپردازیم، اما نمی‌شود. چرا که آن‌ها برنامهٔ درسیِ مدارس را تدوین می‌کنند، در خانه به فرزندانِ خود درس می‌دهند و آن‌ها را از دسترسی به معلم‌هایِ علومِ درست-و-حسابی محروم می‌کنند، بسیاری از آن‌ها از اعضایِ کنگرهٔ ایالاتِ متحده هستند، بعضی از آن‌ها فرماندارِ ایالات، و حتی نامزدهایِ ریاستِ جمهوری و گزینه‌هایِ احتمالیِ معاونتِ ریاستِ جمهوری هستند. آن‌ها از ثروت و قدرتِ لازم برایِ ساختِ مؤسسات و دانشگاه‌هایِ مختلف برخوردارند. آن‌ها حتی امکانِ ساختِ موزه‌ای را دارند که کودکان در آن می‌توانند از دایناسورهایی که در اندازهٔ واقعی مدل‌سازی شده‌اند سواری بگیرند و، با قاطعیت، به آن‌ها گفته می‌شود که آن‌ها همزمان با انسان می‌زیسته‌اند. و، همان گونه که نظرسنجی‌ای اخیر نشان می‌دهد،

---

[1] pygmy mouse lemur

[2] hamster

[3] ringtailed lemur

بریتانیا نیز، هم‌رده با دیگر کشورهایِ اروپایی و اسلامی، خیلی عقب (یا بهتر این است که بگوییم «جلو») نیست.

حتی اگر بی‌خیالِ ماجرایِ کوهِ آرارات شویم، حتی اگر از استهزایِ کسانی که اسطورهٔ کشتیِ نوح را داستانی واقعی تلقی می‌کنند دست برداریم، باز هم نقدهایِ مشابهی به هر نظریهٔ دیگری، که معتقد به خلقِ جداگانهٔ گونه‌ها است، وارد می‌باشد. چه دلیلی دارد که خالقی قادرِ مطلق گونه‌هایِ با-ظرافت-و-دقت-طراحی-شدهٔ خود را، درست به گونه‌ای در جزایر و قاره‌هایِ خاص منزل دهد که از آن استنباط شود که از خاستگاهِ خود فرگشت یافته‌اند و در جاهایِ مختلف پراکنده شده‌اند؟ به چه دلیل باید لِمورها را فقط در ماداگاسکار، و نه در هیچ جایِ دیگر، آفریده باشد؟ چه دلیلی دارد که میمون‌هایِ پَخ‌بینی را فقط در آمریکایِ جنوبی قرار داده باشد و میمون‌هایِ راست‌بینی[1] را فقط در آفریقا و آسیا؟ چه دلیلی داشته است که به جز خفاش، که توانایی پرواز به نیوزلند را داشته است، هیچ پستان‌دارِ دیگری را در نیوزلند قرار نداده بوده است؟ چرا حیواناتِ ساکنِ مجمع‌الجزایر به حیواناتِ ساکنِ جزایرِ نزدیک به خود بیشترین شباهت را دارند و چرا آن حیوانات شباهتی (کمتر اما باز هم غیرِ قابلِ انکار) با حیواناتِ ساکنِ نزدیک‌ترین قاره یا جزیرهٔ بزرگِ خود دارند؟ چرا یک خالق می‌بایست فقط پستان‌دارانِ کیسه‌دار را در استرالیا قرار دهد؟ (باز هم به استثناءِ خفاش‌ها که توانایی پرواز به آنجا را داشته‌اند و آن حیواناتی که با قایق‌هایِ ساختهٔ انسان به آنجا منتقل شده‌اند.) حقیقت این است که اگر تک-تکِ قاره‌ها، جزیره‌ها، دریاچه‌ها، رودها، قله‌هایِ آلپ، جنگل‌ها، و همهٔ صحراها را بررسی کنیم، تنها یک راه برایِ درکِ پراکندگیِ حیوانات و گیاهان وجود دارد و این راه چیزی نیست جز دنبال کردنِ منطقِ داروین در مواجهه با فنچ‌هایِ گالاپاگوس: «به‌راستی این گمان به ذهن خطور می‌کند که از میانِ گونه‌های اولیه و اندک ... گونه‌ای انتخاب و برایِ اهدافِ مختلف اصلاح شده است».

[1] catarrhine monkey

داروین علاقهٔ خاصی به جزایر داشت و وجب-به-وجبِ خیلی از آن‌ها را، طیِ سفرهایش با کشتیِ *بیگل* پیموده بود. او حتی حقیقتی شگفتی‌برانگیز را در موردِ نحوهٔ تشکیلِ دستهٔ عمده‌ای از جزایرِ مرجانی کشف کرده بود. بعدها، داروین به اهمیتِ حیاتیِ جزایر و مجمع‌الجزایر در نظریهٔ خود پی برد و آزمایش‌هایِ مختلفی را برایِ رفعِ شبهه‌هایی در موردِ نظریهٔ خود، مبنی بر این که جداییِ جغرافیایی مقدمهٔ گونه‌زایی است، انجام داد. (البته او واژهٔ «گونه‌زایی» را، برایِ اشاره به این پدیده، به کار نبرده بود.) مثلاً، در یک سری از آزمایش‌هایش، بذرهایی را به مدتی طولانی در آبِ دریا قرار داده بود و، از این طریق، ثابت کرده بود که بعضی از دانه‌ها، حتی پس از غوطه‌وریِ طولانی در آبِ دریا نیز، توانایی جوانه‌زنیِ خود را حفظ کرده بودند. مدتِ غوطه‌وری در این آزمایش‌ها به اندازه‌ای طولانی بوده است که، برایِ انتقال از قاره‌ها به جزایرِ همسایه، کافی باشد. او، همچنین، موردِ متفاوتی را هم کشف کرده بود. او متوجه شده بود که آبِ دریا فوراً تخمِ قورباغه را می‌کشد و از این حقیقت به خوبی، در شرحِ حقیقتی شایانِ توجه دربارهٔ پراکندگیِ جغرافیاییِ قورباغه‌ها، استفاده کرده بود.

> بوری سَن وَنسان[1]، نظر به غیبتِ کلِ راستهٔ غوک‌مانندها[2] (قورباغه، وزغ، و سمندرهایِ آبی[3]) در جزایرِ اقیانوسی، خیلی وقتِ پیش گفته بود که این راسته، به هیچ وجه، در هیچ یک از جزایرِ متعددی که در احاطهٔ اقیانوس‌ها هستند، یافت نشده‌اند. من برایِ بررسیِ صحت و سقم این دیدگاه مرارتِ بسیار کشیدم و به این نتیجه رسیده‌ام که کاملاً درست است. اما طبقِ اطلاعِ دقیقی که به من رسیده است، نوعی قورباغه در کوهستان‌هایِ جزیرهٔ بزرگِ نیوزلند زندگی می‌کند. ولی احتمال می‌دهم که این استثناء، اگر این اطلاعات صحیح باشد، با توسل به یخچال‌هایِ طبیعی قابلِ توجیه باشد. شرایطِ فیزیکیِ این مناطق دلیلِ عدمِ حضورِ قورباغه، وزغ، و سمندرهایِ آبی در

---

[1] Bory St. Vincent

[2] Batrachians

[3] newt

آن‌ها نیست. اتفاقاً جزیره‌ها شرایطِ بسیار مساعدی برایِ این حیوانات دارند؛ چه، قورباغه‌هایی به <زیست‌بوم> جزایرِ مادیرا[1]، مجمع‌الجزایرِ آزور[2]، و موریس[3] آورده شده‌اند و آن قدر تعدادشان زیاد شده است که مشکل‌آفرین شده‌اند. اما، از آنجا که می‌دانیم که آبِ دریا فوراً این حیوانات و تخم‌هاشان را می‌کشد، از دیدِ من، انتقالِ آن‌ها از طریقِ دریا را شدیداً دشوار می‌کند و علتِ یافت نشدن‌شان در جزایرِ اقیانوسی هم همین است. اما، اگر نظریهٔ آفرینش را فرض بگیریم، چرا این حیوانات در این مناطق خلق نشده‌اند؟ جوابش بسی دشوار خواهد بود.

داروین از اهمیتِ پراکندگیِ جغرافیاییِ گونه‌ها برای نظریهٔ فرگشتش به خوبی آگاه بود. او فهمیده بود که، با پذیرفتنِ این نکته که حیوانات و گیاهانِ مختلف از طریقِ فرگشت به وجود آمده‌اند، بسیاری از حقایق قابلِ توجیه خواهند بود. با توجه به این نکته باید انتظار داشته باشیم —— و در واقعیت هم چنین است —— که حیواناتِ امروزی عمدتاً رویِ همان قاره‌ای یافت شوند که فسیل‌هایِ احتمالیِ نیاکان یا نزدیک به نیاکان‌شان رویِ آن‌ها یافت شده‌اند. باید چنین انتظار داشته باشیم و همین گونه هم هست که گونه‌هایِ مشابه رویِ قاره‌ای واحد زندگی می‌کنند. داروین، با در نظر گرفتنِ حیواناتِ آمریکایِ جنوبی، که به خوبی می‌شناخت‌شان، در این باره، چنین می‌گوید:

> اگر طبیعت‌شناسی، مثلاً از شمال به جنوب، سفر کند، لاجرم متوجه خواهد شد که موجوداتِ جاندارِ مختلف، که دقیقاً از یک‌دیگر متمایزاند اما مشخصاً نیز به یک‌دیگر مربوط‌اند، جایگزینِ یک‌دیگر می‌شوند. صدایِ پرندگانی را خواهد شنید که سخت خویشاوند ولی از یک‌دیگر متمایزاند. آوازشان تقریباً مشابه است. خواهد دید که نحوهٔ ساخته شدنِ لانه‌شان به یک‌دیگر شبیه است، اما کاملاً هم یکسان نیست و

---

[1] Madeira

[2] the Azores

[3] Mauritius

تخم‌هاشان رنگی مشابهِ یک‌دیگر دارند. در جلگه‌های[1] نزدیک به تنگه‌های ماژلان[2]، یک گونهٔ ریا[3] (نوعی شترمرغِ آمریکایی) زندگی می‌کند و، در قسمتِ شمالیِ جلگه‌های لا پلاتا[4]، گونه‌ای دیگر از همان سرده. با وجودِ این، شترمرغ[5] یا اِمویی[6]، مانندِ آن‌هایی که در آفریقا و استرالیا یافت می‌شوند و در ارتفاعاتِ یکسانی زندگی می‌کنند، در آنجا یافت نمی‌شود. در همین جلگه‌ها، حیواناتی چون آگوتی[7] و ویسکاچا[8] یافت می‌شوند، که عاداتی مشابهِ خرگوشِ صحرایی[9] و خرگوشِ[10] خودمان دارند . . . اما دارایِ پیکری یکسره آمریکایی هستند. بر فرازِ قله‌های بلندِ کوردیلرا[11] گام می‌نهیم و به گونه‌ای کوهستانی از ویسکاچا بر می‌خوریم. به آب که می‌نگریم، هیچ سگِ آبی[12] یا موسکْراتی[13] نخواهیم یافت، بلکه به نوتریا[14] و کاپی‌بارا بر خواهیم خورد، که گونه‌هایی آمریکایی هستند.

---

[1] plain

[2] the Straits of Magellan

[3] Rhea

[4] La Plata

[5] ostrich

[6] emeu

[7] agouti

[8] bizcacha

[9] hare

[10] rabbit

[11] Cordillera

[12] beaver

[13] musk-rat

[14] coypu

این حرف در زمرهٔ فهمِ عامه به حساب می‌آید و داروین قادر بود که، بر اساسِ آن، گسترهٔ وسیعی از مشاهداتِ مختلف را توجیه کند. اما حقایقِ خاصی در موردِ توزیعِ جغرافیاییِ حیوانات و گیاهان و، همچنین، توزیعِ سنگ‌هایِ مختلف وجود دارد که توجیهِ دیگری را می‌طلبد؛ توجیهی که به هیچ وجه با فهمِ عامه قابلِ دسترسی نیست و اگر داروین از آن باخبر می‌شد مات-و-متحیر می‌ماند.

## آیا زمین جابجا شده است؟

همهٔ هم‌عصرانِ داروین فکر می‌کردند که نقشهٔ زمین، <در طولِ اعصار>، ثابت بوده است. بعضی از هم‌دوره‌هایِ داروین این احتمال را پذیرفته بودند که شاید پل‌هایِ سرزمینیِ بزرگی که به زیرِ آب رفته بودند توجیه‌گرِ، برایِ نمونه، شباهت‌هایِ میانِ گیاگانِ قاره‌هایِ آمریکایِ جنوبی و آفریقا باشند. داروین به شخصه علاقهٔ خاصی به ایدهٔ پل‌هایِ سرزمینی نداشت، اما مطمئناً اگر با شواهدِ مبنی بر حرکتِ تمامِ قاره‌ها بر رویِ زمین، که امروزه به آن‌ها دسترسی داریم، روبرو می‌شد، شیفته و دل‌باخته‌شان می‌شد. این امر، تا کنون، بهترین توجیه برایِ حقایقی مهم دربارهٔ پراکندگیِ حیوانات و گیاهان، به ویژه فسیل‌هاشان، است. مثلاً، شباهت‌هایی میانِ فسیل‌هایِ آمریکایِ جنوبی، آفریقا، جنوبگان[1]، ماداگاسکار، هند، و استرالیا وجود دارد. امروزه این شباهت‌ها را با استناد به قارهٔ جنوبیِ گوندوانا[2]، که زمانی برایِ خود عظمتی داشت و همهٔ خشکی‌هایِ امروزی را به هم متصل می‌کرد، توجیه می‌کنیم. در اینجا نیز، کارآگاهِ داستانِ ما، که دیر بر سرِ صحنهٔ قتل رسیده است، ناگزیر به این نتیجه می‌رسد که فرگشت یک واقعیت است.

آلفرد وِگنر[3]، اقلیم‌شناسِ[1] آلمانی (۱۹۳۰-۱۸۸۰)، اولین هوادارِ شاخص و برجستهٔ نظریهٔ «رانشِ قاره‌ها[2]» (چنان که در گذشته بدین نام خوانده می‌شد) بود. وگنر اولین کسی نبود که با نگاه به

---

[1] Antarctica

[2] Gondwana

[3] Alfred Wegener

نقشهٔ جهان متوجهِ این امر شده بود که شکلِ یک قاره یا جزیره معمولاً با ساحلِ خشکیِ کنارِ خود تطابق دارد. چنان که گویی این دو قطعهٔ خشکی تکه‌هایی از یک پازل هستند، حتی زمانی که خطوطِ ساحلیِ آن دو فاصلهٔ زیادی از هم دارد. من به مثال‌هایی که در انگلیس یافت می‌شوند —— مانندِ جزیرهٔ وایت[۳] که کناره‌هایش کاملاً با ساحلِ همپ‌شایر[۴] تطابق دارد؛ چنان که گویی اصلاً تنگهٔ سولنتی[۵] در کار نیست —— کاری ندارم. چیزی که وگنر و پیشینیانش متوجهِ آن شده بودند این بود که چیزی شبیه به این امر در موردِ جانب‌هایِ مقابلِ قاره‌هایِ غول‌پیکرِ آفریقا و آمریکا نیز صدق می‌کند. ساحلِ برزیل با برآمدگیِ غربِ آفریقا کاملاً جفت-و-جور است. همچنین، برآمدگیِ قسمتِ شمالیِ آفریقا با ساحلِ آمریکایِ شمالی، که از ایالتِ فلوریدا تا کانادا امتداد دارد، به زیبایی تطابقِ دارد. مسئله به تطابقِ تقریبیِ شکلِ قاره‌ها ختم نمی‌شود. وگنر به این نکته نیز اشاره کرده بود که ساختارِ زمین‌شناختیِ بالایی و پایینیِ شرقِ آمریکایِ جنوبی و قسمت‌هایِ متناظر آن، در بخشِ غربیِ آفریقا، با هم شباهت دارند. چیزی که به این روشنی نیست این است که ساحلِ غربیِ ماداگاسکار تطابقِ خوبی با ساحلِ شرقی آفریقا دارد؛ البته نه با ساحلِ آفریقایِ جنوبی که امروزه مقابلِ آن قرار دارد، بلکه با ساحلِ تانزانیا[۶] و کنیا[۷] که شمالی‌تراند). همچنین، خطِ بلند و صافِ کنارهٔ شرقیِ ماداگاسکار به کنارهٔ غربیِ هند شباهت دارد. افزون بر این، وگنر به این نکته نیز اشاره کرده بود که فسیل‌هایِ باستانی، که در قاره‌هایِ آفریقا و آمریکایِ جنوبی کشف می‌شوند، شباهت‌شان به یکدیگر بیش از آن چیزی است که، در صورتِ یکسان بودنِ نقشهٔ جهان در طولِ اعصار، انتظار

---

[1] climatologist

[2] continental drift

[3] the Isle of Wight

[4] Hampshire

[5] the Solent

[6] Tanzania

[7] Kenya

می‌رود. با توجه به عرضِ اقیانوسِ اطلسِ جنوبی، چگونه چنین چیزی ممکن است؟ آیا زمانی این دو قاره فاصلهٔ کمتری از یک‌دیگر داشته‌اند و یا حتی به یک‌دیگر متصل بوده‌اند؟ ایده‌ای وسوسه‌برانگیز و دور-از-ذهن اما بسیار جلوتر از زمانِ خود بود. علاوه بر این، وگنر به تطابقِ بینِ فسیل‌هایِ ماداگاسکار و هند نیز پی برده بود. شباهت‌هایِ بسیار آشکاری نیز میانِ فسیل‌هایِ شمالِ آمریکایِ شمالی و اروپا وجود دارد.

وِگنِر، بر اساسِ چنین مشاهداتی، فرضیهٔ جسورانه و «کفرآمیز» رانشِ قاره‌ها را مطرح کرد. او گفت که زمانی قاره‌هایِ بزرگِ جهان، در قالبِ یک اَبَرقارهٔ غول‌پیکر—که آن را «پانجه‌آ[1]» نام نهاده بود —به یک‌دیگر متصل بوده‌اند. او این ایده را مطرح کرد که طیِ دوره‌ای طولانی در مقیاسِ زمانِ زمین‌شناختی، پانجه‌آ به تدریج تکه-تکه شده و قاره‌هایی را که امروزه می‌بینیم تشکیل داده است. سپس، آن تکه‌هایِ جداشده، به تدریج، از یک‌دیگر دور شده و به وضعیتِ کنونی‌شان رسیده‌اند و همچنان هم دست از رانش نکشیده‌اند.

می‌توان تصور کرد که هم‌دوره‌هایش، که به دیدگاهِ او شک داشته‌اند، به قولِ امروزی‌ها، از خود می‌پرسیده‌اند: «این یارو چه می‌زند؟» اما امروزه می‌دانیم که حرفش درست بوده است. یا تقریباً درست بوده است. باید این نکته را روشن کنم که وِگنِر، با همهٔ دوراندیشی و ذهنِ خلاقی که داشت، فرضیهٔ رانشِ قاره‌ای‌اش با نظریهٔ تکتونیکِ صفحه‌ای[2] امروزی تفاوت‌هایِ زیادی دارد. وِگنِر تصور می‌کرد که قاره‌ها، همچون کشتی‌هایی غول‌آسا، به آهستگی بر رویِ اقیانوس‌ها جابجا می‌شوند. نه این که، مانندِ جزیرهٔ توخالیِ دکتر دولیتِل[3]، کاملاً بر رویِ آب غوطه‌ور باشد، بلکه بر رویِ گوشتهٔ

---

[1] Pangaea

[2] plate tectonics

[3] Dr Dolittle

این شخصیت یکی از شخصیت‌هایِ داستان‌هایِ کودکان است که هیو لافتینگ (Hugh Lofting) آن را خلق کرده است.

نیمه‌مایعِ زمین، شناور است. دانشمندانِ دیگر موجی از تردیدها را حوالهٔ نظریه‌اش کردند، که منطقی هم به نظر می‌رسد. چه نیرویِ عظیمی ممکن است بتواند چیزی به بزرگیِ قارهٔ آمریکایِ جنوبی یا آفریقا را، هزاران کیلومتر، جابجا کند؟ پیش از پرداختن به شواهدِ ثابت‌کنندهٔ نظریهٔ امروزیِ تکتونیکِ صفحه‌ای، به شرحِ تفاوت‌هایِ میانِ این نظریه و نظریهٔ وِگنِر می‌پردازم.

**شکل ۵۲ - کارتونی که نظریهٔ «رانشِ قاره‌ایِ» وِگنِر الهام‌بخشِ آن بود**

مطابقِ نظریهٔ تکتونیکِ صفحه‌ای، کلِ سطحِ زمین، از جمله کفِ اقیانوس‌ها، از مجموعه‌ای از صفحاتِ سنگیِ متداخل تشکیل شده است، که به یک زره جنگی شباهت دارند. قاره‌هایِ مختلفی که شاهدشان هستیم صفحه‌هایی ضخیم هستند که از بر رویِ هم قرار گرفتنِ صفحه‌هایِ مختلف تشکیل شده و از سطحِ دریا سر بر آورده‌اند. بخشِ اعظمِ مساحتِ هر صفحه در زیرِ آب نهفته است. بر خلافِ قاره‌هایِ وِگنِر، این صفحه‌ها سوار بر دریا نیستند یا، به آرامی، بر سطحِ زمین حرکت نمی‌کنند، بلکه آن‌هاخود سطحِ زمین‌اند. نباید، همچون وِگنِر، تصور کرد که قاره‌ها همچون تکه‌هایِ پازلی هستند که به یک‌دیگر متصل یا از یک‌دیگر فاصله گرفته‌اند. این طور نیست. در واقع، باید این

گونه تصور کرد که صفحه‌ها، از قسمتی که منطقهٔ رشدِ آن‌هاست، مدام در حالِ تولید شدن است. این رشد طیِ فرآیندی جالبِ توجه رخ می‌دهد که به آن «گسترشِ بسترِ اقیانوس[1]» می‌گویند. به زودی، به شرحِ آن خواهم پرداخت. دیگر گوشه‌هایِ یک صفحه ممکن است زیرِ یکی از صفحه‌هایِ همسایه «فرو رانده شود». یا ممکن است گوشهٔ صفحه‌هایِ همسایه در کنارِ یک‌دیگر ساییده شوند. تصویرِ رنگی ۱۷ بخشی از گسلِ سان‌آندریاس[2]، واقع در کالیفرنیا، را نشان می‌دهد که محلِ ساییده شدنِ کناره‌هایِ صفحه‌هایِ اقیانوسِ آرام و آمریکایِ شمالی است. از <پدیدهٔ> گسترشِ بسترِ اقیانوس و فرورانشِ صفحه‌ها چنین برداشت می‌شود که فاصله‌ای بینِ صفحه‌هایِ مختلف وجود ندارد. کلِ سطحِ این کرهٔ خاکی را صفحه‌هایِ مختلف پوشانده است. هر یک از این صفحه‌ها، از یک سمت، طیِ فرورانش در زیرِ صفحه‌ای مجاور، ناپدید می‌شود یا دوشادوشِ صفحه‌ای دیگر کشیده می‌شود، در حالی که، در جایی دیگر، در ناحیهٔ گسترشِ بسترِ اقیانوس، در حالِ سر برون آوردن است.

جالب است که درهٔ کافتیِ[3] پهناوری را تصور کنیم، که زمانی همچون مار، به آرامی، میانِ قارهٔ گوندوانا خزیده است و از بینِ قاره‌هایِ آفریقا و آمریکایِ جنوبیِ آینده عبور کرده است. بی شک، همچون درهٔ کافتیِ امروزیِ واقع در شرقِ آفریقا، دریاچه‌هایِ مختلفی سطحِ این صفحه را پوشانده بوده است. بعدها، همان طور که آمریکایِ جنوبی، با تحملِ دردِ جراحتِ تکتونیک، از آن جدا می‌شده است، آبِ دریا این درهٔ کافتی را پر کرده است. منظره‌ای را تصور کنید که، در زمانِ دایناسورها، کورتز[4] تنومند، هنگام خیره شدن به تنگهٔ باریک و طولانیِ «گوندوانایِ غربی»، که به آرامی در حالِ جدا شدن بوده است، با آن روبرو بوده است. از این لحاظ که وگنر تصور می‌کرد

---

[1] sea-floor spreading

[2] the San Andreas Fault

[3] rift valley

[4] Cortez

جفت-و-جور بودنِ پازل‌گونهٔ قاره‌ها اتفاقی نیست، حق با او بود. اما این تصورش، که قاره‌ها همچون کشتی‌هایی غول‌آسا هستند که، در میانِ شکاف‌هایِ پوشیده-از-دریایِ بینِ خود، حرکت می‌کنند، اشتباه بود. آمریکایِ جنوبی، آفریقا، و برآمدگی‌هایِ رویِ سطح‌شان چیزی نیستند مگر قسمت‌هایی ضخیم‌شده از دو صفحه که بخشِ اعظمِ سطوحِ سنگی‌شان زیرِ دریا قرار دارد. صفحه‌هایِ مختلف تشکیل‌دهندهٔ سنگ‌کُرهٔ[1] سخت و جامدی هستند که رویِ سست‌کُرهٔ[2] داغ و نیمه‌مذاب شناور است. سست‌کُره سست و ضعیف است، به این معنی که، همچون صفحه‌هایِ سنگیِ سنگ‌کُره، سخت و شکننده نیست، بلکه رفتاری مایع‌مانند از خود نشان می‌دهد. شاید ضرورتاً مذاب نباشد، اما، مانندِ خمیر یا شکلات، راحت تغییرِ شکل می‌دهد. نکته‌ای که کمی گیج‌کننده است این است که این دو کُرهٔ هم‌مرکزِ متمایز با پوسته[3] و گوشته[4]، که با آن‌ها آشناییِ بیشتری داریم، (از لحاظِ ترکیباتِ شیمیایی، نه از لحاظِ سختیِ فیزیکی) مطابقتِ کامل ندارند.

بیشترِ صفحه‌ها از دو نوع صخرهٔ سنگ‌کُره‌ایِ متمایز تشکیل شده‌اند. کفِ اعماقِ اقیانوس‌ها را لایه‌ای تقریباً یک‌دست از جنسِ سنگِ آذرین تشکیل داده است که حدودِ ۱۰ کیلومتر ضخامت دارد. این لایهٔ آذرین را لایه‌ای سطحی از سنگ رسوبی و گل-و-لای پوشانده است. باز تأکید می‌کنم: یک قاره بخشی از صفحه است که از دریا سر بر آورده است و در آن قسمتی از سنگ‌کره تشکیل شده و به این ضخامت دست یافته است که لایه‌هایی از صخره‌هایِ کم‌تراکم‌تر رویِ هم انباشته شده‌اند. حاشیهٔ قسمت‌هایِ زیردریاییِ صفحه‌ها مدام در حالِ ساخته شدن هستند. مثلاً، در موردِ صفحهٔ آمریکایِ جنوبی، حاشیهٔ شرقیِ آن و، در موردِ صفحهٔ آفریقا، حاشیهٔ غربیِ آن در حالِ

---

[1] lithosphere

که به معنایِ «sphere of rock» یا «کرهٔ سنگی» است.

[2] asthenosphere

[3] crust

[4] mantle

ساخته شدن است. این دو حاشیه پشتهٔ میانیِ اقیانوسِ اطلس را تشکیل می‌دهند که، همچون یک مار، از سمتِ ایسلند (که، در واقع، تنها بخشِ عمدهٔ این پشته است که سر از آب بر آورده است)، از میانِ اقیانوسِ اطلس عبور کرده است و، تا مسافتِ زیادی، به سمتِ جنوب امتداد دارد.

پشته‌هایِ[1] زیردریاییِ مشابهی موجبِ برآمدنِ صفحاتی دیگر، در دیگر نقاطِ جهان، می‌شوند (تصویرِ رنگی ۱۸ و تصویرِ رنگی ۱۹). پشته‌هایِ زیردریایی همچون فواره‌هایی طویل، در مقیاسِ زمانیِ کندِ زمین‌شناختی، عمل می‌کنند که، طیِ فرآیندی که به آن «گسترشِ بسترِ اقیانوس» گفته می‌شود و قبلاً نیز به آن اشاره کردیم، سنگِ مذاب فوران می‌کنند. به نظر می‌رسد که پشتهٔ گسترندهٔ بسترِ میانیِ اقیانوسِ اطلسْ صفحهٔ آفریقا را به سمتِ شرق و صفحهٔ آمریکایِ جنوبی را به سمتِ غرب هل می‌دهد. تصورِ دو میزِ تحریرِ رول‌تاپ[2]، که در دو جهتِ مختلف در حالِ باز شدن هستند، منظور را می‌رساند، البته با عنایت به این نکته که همهٔ این اتفاقات در مقیاسِ زمانی‌ای رخ می‌دهد که، از فرطِ کندی، برایِ انسان غیرِ قابلِ مشاهده است. در واقع، سرعتِ جدا شدنِ <صفحهٔ> آمریکایِ جنوبی و آفریقا، به طرزِ به‌یادماندنی‌ای، به سرعتِ رشدِ ناخن تشبیه شده است. در واقع، این تشبیه آن قدر به‌یادماندنی است که تقریباً تبدیل به کلیشه شده است. این که این صفحه‌ها اکنون هزاران کیلومتر از هم دوراند گواهی دیگر بر قدمتِ طولانیِ زمین و مغایرت با روایتِ کتاب مقدس است، قدمتی که از شواهدِ رادیواکتیو، که در فصلِ ۴ با آن‌ها آشنا شدیم، به دست آمده است.

من از عبارتِ «به نظر می‌رسد که ... هل می‌دهد» استفاده کردم، اما باید، تا دیر نشده، از این حرفم عدول کنم. ممکن است وسوسهٔ این تصور به ما دست دهد که آن «میزِ تحریرهایِ رول‌تاپِ» فوران‌کننده صفحه‌هایِ قاره‌ایِ متناظر با خود را، از پشت، هل می‌دهند. اما این تصور ناواقع‌گرایانه است؛ این مقیاس به کل غلط است. صفحه‌هایِ تکتونیک[3] چنان عظیم‌الجثه هستند که هیچ نیرویِ

---

[1] ridge

[2] rolltop desk

[3] tectonic plate

آتش‌فشانیِ فوران‌کننده‌ای یارایِ هل دادنِ آن‌ها را، در امتدادِ پشتهٔ میان‌اقیانوسی[1]، ندارد. مانندِ این است که یک بچه‌قورباغه بخواهد شناکنان یک کشتیِ نفت‌کش را هل دهد. اما نکتهٔ اصلی اینجاست. سست‌کُره، با ظرفیتی که حاصلِ شبه‌مایع بودنش است، قابلیتِ تولیدِ جریان‌هایِ همرفتی[2] را دارد، جریان‌هایی که در سراسرِ سطحِ سست‌کُره و در زیرِ کلِ سطحِ صفحات گسترش می‌یابند. در هر یک از مناطق، سست‌کُره، به کندی، در جهتِ ثابتی حرکت می‌کند و، بعد، در جهتِ مخالفِ آن، به سمتِ لایه‌هایِ پایین‌تر، کمانه می‌کند. برایِ نمونه، لایهٔ بالایِ سست‌کُره که در زیرِ صفحهٔ آمریکایِ جنوبی قرار دارد، بی‌وقفه، به سمتِ غرب، حرکت می‌کند. با این که تصورش غیرِ ممکن است که «میزِ تحریرِ رول‌تاپی» فوران‌کننده توانِ آن را داشته باشد که کلِ صفحهٔ آمریکایِ جنوبی را هل بدهد، به هیچ وجه غیرِ قابلِ تصور نیست که جریانی همرفتی، که مدام در جهتی ثابت، ***زیرِ کلِ سطحِ تحتانیِ یک صفحه***، وجب-به-وجب راهِ خود را پیش می‌برد، نتواند چیزی به سنگینیِ قاره‌ای «شناور» را، با خود به دوش کشد. در اینجا دیگر با بچه‌قورباغه طرف نیستیم. اگر یک کشتیِ نفت‌کش، با موتورِ خاموش، در جریانِ هامبالت قرار داشته باشد، واقعاً هم‌جهت با جریان به حرکت در می‌آید.

این خلاصه‌ای بود از نظریهٔ امروزیِ تکتونیکِ صفحه‌ای. حال وقتِ آن رسیده است که به شواهدِ ثابت‌کنندهٔ آن بپردازم. در واقع، برایِ حقایقِ علمیِ محکم، به طورِ معمول،[iv] شواهدِ مختلفی وجود دارد، اما در اینجا فقط به باشکوه‌ترین مدرک برایِ درستیِ این پدیده می‌پردازم. این مدرک از دلِ عصرِ سنگ و، به ویژه، از رگه‌هایِ آهن‌ربایی موجود در آن‌ها به دست آمده است. آن قدر بی‌عیب-و-نقص است که باورش دشوار است. مثالی تمام‌عیار است برایِ استعارهٔ من از «کارآگاهی که دیر به صحنهٔ وقوعِ جرم می‌رسد» و ناگزیر به یک نتیجه می‌رسد. حتی چیزهایی را در اختیار داریم که بسیار به اثرِ انگشت مانندند: اثرِ انگشت‌هایی آهن‌ربایی و غول‌پیکر در دلِ سنگ‌ها.

---

[1] mid-ocean ridge

[2] convection currents

ما باید کارآگاهِ استعاریِ خود را، در سفری در امتدادِ اقیانوسِ اطلسِ جنوبی، در زیردریاییِ‌ای مقاوم در برابرِ فشارِ هولناکِ اعماقِ دریا، همراهی کنیم. این زیردریایی به دستگاهِ حفاری‌ای مجهز است که می‌تواند از رسوباتِ سطحیِ کفِ دریا عبور کند و به سنگ‌هایِ آتش‌فشانیِ نهفته در سنگ‌کُره نفوذ کند و نمونه‌هایِ سنگیِ لازم را استخراج کند. همچنین، این زیردریایی مجهز به آزمایشگاهی برایِ زمان‌سنجیِ رادیومتریک[1] نمونه‌هایِ سنگی است (به فصلِ ۴ رجوع شود). این کارآگاه، از بندرِ ماسیو[2]، واقع در برزیل، با ۱۰ درجه زاویه نسبت به عرضِ جغرافیاییِ جنوبِ استوا، رهسپارِ شرق می‌شود. پس از طیِ مسافتی حدودِ ۵۰ کیلومتر در آب‌هایِ کم‌عمقِ قاره‌ای (که، طیِ این بحث، آن را به عنوانِ بخشی از آمریکایِ جنوبی به حساب می‌آوریم)، آستین‌هایمان را بالا می‌زنیم و در دریا پایین می‌رویم (عجب خُردنمایی‌ای!) و آن قدر پایین می‌رویم که به عمقی برسیم که تنها نوری که به چشمان‌مان می‌رسد، برقِ شب‌تابِ سبزگونهٔ گاه-به-گاهِ حاصل از موجوداتِ کریه‌المنظری است که در آن وادیِ بیگانه زندگی می‌کنند.

وقتی که، در عمقِ حدوداً هفت کیلومتری (۳۰۰۰ فاتوم)[3]، به کفِ اقیانوس بر خوردیم، شروع به حفاری می‌کنیم تا به سنگ‌کُرهٔ آتش‌فشانی برسیم و نمونه‌ای را از هستهٔ سنگ استخراج می‌کنیم. آزمایشگاهِ زمان‌سنجیِ رادیواکتیو ارزیابی‌هایِ خود را انجام می‌دهد و سنی معادلِ کرتاسهٔ پیشین، یعنی حدودِ ۱۴۰ میلیون سال، را اعلام می‌کند. زیردریایی، در امتدادِ مدارِ جغرافیاییِ دهم، به سمتِ شرق، به حرکتِ خود ادامه می‌دهد و، در فاصله‌هایِ یکسان، به نمونه‌برداری از سنگ‌ها ادامه می‌دهد. سنِ هر نمونه به دقت محاسبه می‌شود و کارآگاه نیز موشکافانه زمان‌سنجی‌ها را بررسی می‌کند تا بتواند الگویی را در آن‌ها مشاهده کند. خیلی هم لازم نیست نبوغ به خرج دهد. حتی دکتر

---

[1] radiometric dating

[2] Maceio

[3] full fathom

واتسون[1] هم از پسِ حلِ این معمّا بر خواهد آمد. همان طور که، در نزدیکی و به موازاتِ کفِ دریا، به سمتِ شرق حرکت می‌کنیم، به طورِ پیوسته، به سنگ‌هایِ جوان و جوان‌تری بر می‌خوریم. پس از پیمایشِ ۷۳۰ کیلومتر، به نمونه‌هایِ سنگی بر می‌خوریم که متعلق به کرتاسهٔ پَسین، یعنی حدودِ ۶۵ میلیون سالِ پیش، هستند که مصادف است با زمانِ انقراضِ آخرین دایناسورها. همین طور که به میانه‌هایِ اقیانوسِ اطلس نزدیک می‌شویم و نورافکن‌هایِ زیردریایی پایهٔ رشته‌کوهی غول‌آسا را، در زیرِ آب، کشف می‌کند، روندِ جوان شدنِ سنگ‌ها ادامه می‌یابد. آن رشته‌کوهِ غول‌آسا پشتهٔ میانیِ اقیانوسِ اطلس است (تصویرِ رنگی ۱۸ و تصویرِ رنگی ۱۹) و زیردریاییِ ما باید صعود از آن را آغاز کند. در حالی که به آرامی به صعودِ خود ادامه می‌دهیم، نمونه‌برداری از سنگ‌ها را هم ادامه می‌دهیم و متوجه می‌شویم که، هر چه پیش می‌رویم، سنگ‌ها جوان و جوان‌تر می‌شوند. زمانی که به قلهٔ این پشته می‌رسیم، با چنان سنگ‌هایِ جوانی روبرو خواهیم شد که گویی گدازه‌هایِ تازه–فوران–کرده از آتش‌فشان‌اند. در واقع، می‌شود گفت که همین طور هم هست. جزیرهٔ اَسنشِن[2] بخشی از پشتهٔ میانیِ اقیانوسِ اطلس است که، در پیِ تعدادی فورانِ متأخر، به وجود آمده است. (منظور از «متأخر»، چیزی حدودِ ۶ میلیون سالِ پیش است. مطابقِ معیارِ سنگ‌هایی که زیردریایی در راهِ خود نمونه‌برداری کرده است، چنین مدت زمانی «متأخر» محسوب می‌شود.)

حال، از آن سویِ پشته[3]، به سمتِ آفریقا رهسپار می‌شویم و، آن قدر در اعماقِ اقیانوس فرو می‌رویم که به کفِ آن، که زیرِ قسمتِ شرقیِ اقیانوسِ اطلس قرار دارد، برسیم. باز به نمونه‌برداری از سنگ‌ها ادامه می‌دهیم و — آری، درست حدس زده‌اید! — این بار، همان طور که به سمتِ آفریقا پیش می‌رویم، سنگ‌ها پیوسته پیرتر و پیرتر می‌شوند. این اتفاق درست وارونهٔ روندی است که، پیش

---

[1] اشارهٔ داوکینز به یارِ نه–چندان باهوشِ شرلوک هولمز در مجموعه داستان‌هایِ نوشتهٔ سر آرتور کونان دویل است. ویراستار

[2] Ascension Island

[3] ridge

از رسیدن به پشتهٔ میانیِ اقیانوسِ اطلس، مشاهده می‌کردیم. کارآگاه توضیحی قطعی برایِ این پدیده پیدا می‌کند. این دو صفحه، همزمان با گسترشِ بسترِ اقیانوس از محلِ پشته، در حالِ جدا شدن هستند. تمامِ سنگ‌هایِ جدیدی که دارند به این دو صفحهٔ دورشونده اضافه می‌شوند حاصلِ فعالیت‌هایِ آتش‌فشانیِ خودِ پشته هستند که بعداً، در جهاتِ مخالف، رانده می‌شوند و از یکی از میزِ تحریرهایِ رول‌تاپِ غول‌پیکر، که «صفحهٔ آفریقا» و «صفحهٔ آمریکایِ جنوبی می‌خوانیم‌شان»، سر در می‌آورند. تصویرِ رنگی ۱۸ و تصویرِ رنگی ۱۹ این فرآیند را نشان می‌دهند و رنگ‌هایِ کاذبی که در آن‌ها به کار رفته بیان‌گرِ سنِ سنگ‌هاست. رنگِ قرمز جوان‌ترین سنگ‌ها را مشخص می‌کند. همان طور که به روشنی ملاحظه می‌کنید، الگویِ سنیِ سنگ‌ها، در دو سویِ پشتهٔ میانیِ اقیانوسِ اطلس، برعکسِ یک‌دیگراند.

چه ماجرایِ باشکوهی! تازه کجایش را دیده‌اید؟ همین طور که آزمایشگاهِ درونِ زیردریایی نمونه‌هایِ سنگی را ارزیابی می‌کند، کارآگاه قصه متوجهِ الگویِ ظریف‌تری نیز، در سنگ‌ها، می‌شود. نمونه‌هایِ سنگی که از اعماقِ سنگ‌کُره استخراج شده‌اند اندکی آهن‌ربایی‌تراند؛ همچون سوزنِ قطب‌نما. این پدیده پدیدهٔ بسیار آشنا و شناخته‌شده‌ای است. میدانِ مغناطیسیِ زمین، هنگامِ سخت شدنِ سنگ‌هایِ مذاب، در قالبِ قطبی‌شدنِ بلورهایِ ظریفِ سازندهٔ سنگِ آذرین، بر آن سنگ‌ها حک می‌شود. بلورها مانندِ سوزنِ قطب‌نمایِ منجمدِ بسیار کوچکی عمل می‌کنند که، رویِ جهتی که در هنگامِ سخت شدنِ مادهٔ مذاب نشان می‌داده‌اند، قفل شده‌اند. امروزه، دیر زمانی است که می‌دانیم قطبِ مغناطیسیِ[1] زمین ثابت نیست، بلکه متغیر است. این امر احتمالاً به سببِ جریان‌هایِ به‌آرامی‌منتشرشوندهٔ موجود در ترکیبِ آهن و نیکلِ[2] مذابِ هستهٔ زمین است. در حالِ حاضر، شمالِ مغناطیسی نزدیکِ جزیرهٔ الزِمیر[3]، واقع در شمالِ کانادا، است، اما در آنجا ثابت نخواهد ماند.

[1] magnetic pole

[2] nickel

[3] Ellesmere Island

برایِ تعیینِ شمالِ واقعی، با استفاده از قطب‌نما، دریانوردان باید ضریبی اصلاحی را پیدا و اعمال کنند و این ضریب سال به سال، با تغییرِ میدانِ مغناطیسیِ زمین، تغییر می‌کند.

اگر کارآگاهِ ما با موشکافی زاویهٔ دقیقِ قرارگیریِ نمونه‌هایِ سنگی را، هنگامِ حفاری، ثبت کند، میدانِ مغناطیسیِ ثابت‌شده در هر نمونه جهتِ میدانِ مغناطیسیِ زمین را، در روزی که آن سنگ از مادهٔ مذابِ سخت‌شده به وجود آمده است، نشان می‌دهد. و این هم ضربهٔ آخر! گاه، در فاصله‌هایِ زمانیِ نامنظمِ ده‌ها یا صدها هزار ساله، میدانِ مغناطیسیِ زمین کاملاً برعکس می‌شود. این امر احتمالاً به دلیلِ جابجایی‌هایِ عمده در هستهٔ مذابِ زمین است که از نیکل و آهن تشکیل شده است. چیزی که قبلاً شمالِ مغناطیسی بوده است به قطبِ جنوبِ واقعی تغییرِ مکان می‌دهد و چیزی که جنوبِ مغناطیسی بوده است به شمالِ <واقعی>. و سنگ‌ها، بی‌تردید، وضعیتِ کنونیِ شمالِ مغناطیسی را، در روزِ سخت شدنِ مادهٔ مذابِ برآمده از اعماقِ اقیانوس، بر خود ثبت می‌کنند. از آنجا که قطب‌هایِ زمین هر ده‌ها هزاران سال برعکس می‌شوند، مغناطیس‌سنج رگه‌هایِ مختلفی را، که در راستایِ بسترِ سنگ امتداد یافته‌اند، کشف می‌کند. میدانِ مغناطیسیِ بعضی از رگه‌ها، همگی، در یک جهت و میدانِ مغناطیسیِ رگه‌ای دیگر، همگی، در جهتی دیگراند. کارآگاهِ ما آن‌ها را، با رنگ‌هایِ سیاه و سفید، بر رویِ نقشه، مشخص می‌کند. و، وقتی که رگه‌هایِ رویِ نقشه را، همچون اثرِ انگشت، بررسی می‌کند، الگویی واضح و روشن را در آن‌ها می‌یابد. ردِّ مغناطیسیِ رگه‌ها — همچون رگه‌هایِ رنگیِ کاذب که سنِ مطلقِ سنگ‌ها را نشان می‌دادند — در قسمتِ غربیِ پشتهٔ میانیِ اقیانوسِ اطلس تصویری آینه‌وار از رگه‌هایِ قسمتِ شرقی است. این رخداد دقیقاً همان چیزی است که انتظار می‌رود: قطبشِ[1] مغناطیسیِ سنگ، هنگامِ سخت شدنِ گدازه در پشته، تثبیت می‌شود. سپس، سنگِ <سخت شده>، با سرعتی ثابت و بسیار کند، در جهاتِ مختلف، به بیرون از پشته رانده می‌شود. آبِ خوردن است، واتسونِ عزیزِ من.[۷]

[1] polarity

به واژگانِ فصلِ ۱ باز می‌گردم. تغییرِ تدریجیِ فرضیهٔ رانشِ قاره‌ایِ وِگنر و تبدیلِ آن به نظریهٔ امروزیِ تکتونیکِ صفحه‌ای مثالی ناب از تحکیمِ فرضیه‌ای غیرِ قطعی و تبدیل شدنِ آن به قضیه‌ای علمی یا واقعیتی است که همه آن را قبول دارند. بحثِ جنب-و-جوش‌هایِ تکتونیکِ صفحه‌ای برایِ این فصل مهم است؛ چرا که بدونِ آن نمی‌توانیم پراکندگیِ حیوانات و گیاهان را، در قاره‌ها و جزایرِ مختلفِ جهان، کامل درک کنیم. وقتی که بحثِ مانعِ جغرافیاییِ اولیهٔ جدایی‌افکن میانِ دو گونهٔ اولیه مطرح بود، زمین‌لرزه‌ای را مثال زدم که مسیرِ یک رود را تغییر داده باشد. می‌توانستم از نیروهایِ تکتونیکِ صفحه‌ای نیز، در آن بحث، سخن بگویم که قاره‌ای را به دو بخش تقسیم کرده باشند. سپس، تکه‌هایِ غول‌پیکرِ حاصل را، که آکنده از گیاهان و حیواناتِ مختلف بوده‌اند («کشتیِ قاره‌ها»)، در دو جهتِ مختلف، رانده باشند.

ماداگاسکار و آفریقا — به همراهِ آمریکایِ جنوبی، جنوبگان، هند، و استرالیا — زمانی جزءِ قسمتِ جنوبیِ قارهٔ پهناورِ گوندوانا بوده‌اند. حدودِ ۱۶۵ میلیون سالِ پیش، تقسیمِ گوندوانا آغاز شد. این تقسیم، به طرزِ آزاردهنده‌ای، برایِ ما غیرِ قابلِ تصور است. در این وهله، ماداگاسکار — در حالی که همچنان به هند، استرالیا، و جنوبگان متصل بود و، با آن‌ها، گوندوانایِ شرقی را تشکیل می‌داد — از قسمتِ شرقیِ آفریقا فاصله گرفت. تقریباً همزمان با آن، آمریکایِ جنوبی نیز، از سویِ دیگر، از غربِ آفریقا فاصله گرفت. گوندوانایِ شرقی نیز خود، نسبتاً کمی دیرتر، تقسیم شد و، حدودِ ۹۰ میلیون سالِ پیش، ماداگاسکار از هند جدا شد. هر تکه از گوندوانایِ کهن، محموله‌ای از حیوانات و گیاهانِ مختلف را با خود جابجا کرد. ماداگاسکار انصافاً برایِ خودش «کشتیِ نوحی» بود و هند نیز «کشتیِ نوحی» دیگر. مثلاً، ممکن است که نیاکانِ شترمرغ و مرغِ فیلی[1]، در ماداگاسکار-هند (زمانی که این دو سرزمین هنوز به هم متصل بوده‌اند)، پا گرفته باشند و بعداً از هم جدا شده باشند. آن‌هایی که بر رویِ «کَلَک» غول‌پیکرِ ماداگاسکار ماندند، بعدها، به مرغِ فیلی فرگشت یافتند. اما نیاکانِ شترمرغ، سوار بر کشتیِ بزرگِ هند، راهیِ نقاطِ دورتر شدند. سپس — زمانی که هند به

[1] elephant bird

آسیا پیوست و رشته—کوهِ هیمالیا را بر افراشت — آن نیاکان رها شدند و واردِ سرزمینِ اصلیِ آسیا شدند و آن گاه، سرانجام، توانستند به آفریقا راه یابند که امروزه اصلی‌ترین سرزمینی است که در آن پاهایِ خود را بر زمین می‌کوبند (آری، شترمرغ‌هایِ نر واقعاً برایِ جذبِ ماده‌ها پاهایِ خود را بر زمین می‌کوبند). افسوس! دیگر اثری از مرغِ فیلی نمی‌بینیم (یا نمی‌شنویم و این مایهٔ افسوسِ دو چندان است؛ چرا که اگر پا بر زمین می‌کوبیدند، زمینِ زیرِ پاشان به لرزه در می‌آمد). این غول‌هایِ ماداگاسکاری احتمالاً خاستگاهِ «رخِ»[1] اسطوره‌ای هستند. رخ چندین برابر بزرگ‌تر از شترمرغ است و، در دومین سفرِ سندبادِ دریانورد نیز، حضور دارد. رخ به اندازه‌ای بزرگ بوده است که انسان بتواند سوارش شود، اما بال نداشته است. پس، به رغمِ آنچه گفته می‌شود، تواناییِ بلند کردنِ سندباد را نداشته است. [vi]

نظریهٔ قویاً-پذیرفته-شدهٔ تکتونیکِ صفحه‌ای نه تنها می‌تواند حقایقِ بسیاری را دربارهٔ پراکندگیِ فسیل‌ها و موجوداتِ زنده توجیه کند، بلکه مدرکی دیگر برایِ قدمتِ بسیار بسیار طولانیِ زمین نیز هست. این نظریه خارِ بزرگی است به چشمِ آفرینش‌باوران، دستِ کم آن دسته از آنان که به «جوان بودنِ زمین» معتقدند. چگونه آن را توجیه می‌کنند؟ طوری که آدم شاخ در می‌آورد. آن‌ها جابجا شدنِ قاره‌ها را انکار نمی‌کنند، بلکه بر این باوراند که این فرآیند، با سرعتی خیلی زیاد و خیلی اخیر (در زمانِ طوفانِ نوح)، رخ داده است. [vii] ممکن است فکر کنید از آنجا که، در موردِ فرگشت، این افراد در نادیده گرفتنِ شواهدِ بسیار متنوع و گسترده‌ای که به مذاق‌شان سازگار نیست هیچ ابایی ندارند، احتمالاً همین رویه را در مواجهه با شواهدِ ثابت‌کنندهٔ تکتونیکِ صفحه‌ای هم در پیش خواهند گرفت. اما چنین نیست. عجیب است که این حقیقت را، که آمریکایِ جنوبی زمانی به آفریقا چسبیده بوده است، قبول دارند. به نظر می‌آید که شواهدِ مبنی بر آن را محکم و استوار می‌شمارند، اما شواهدِ ثابت‌کنندهٔ امرِ واقعیِ فرگشت را — که حتی قوی‌تر هم هستند — بدونِ این که خم به ابرو بیاورند، انکار می‌کنند. از آنجا که پشیزی برایِ مدرک و شواهد ارزش قائل نیستند، آدم تعجب

[1] roc

می‌کند که اصلاً چرا یکسره کلِ <نظریهٔ> تکتونیکِ صفحه‌ای را هم رد نمی‌کنند تا قالِ قضیه کنده شود؟

جری کوین، در کتابِ ***چرا فرگشت درست است؟***، استادانه به بررسیِ شواهدِ حاصل از پراکندگیِ جغرافیایی می‌پردازد. (البته جز این هم از نویسندهٔ عالی‌رتبهٔ معتبرترین کتابِ اخیر در زمینهٔ گونه‌زایی، انتظار نمی‌رود. همچنین، به راستی حقِ مطلب را دربارهٔ عادتِ‌آفرینش‌باوران به نادیده گرفتنِ شواهد ادا می‌کند، شواهدی که با آن‌چه از رویِ کتابِ مقدس ***می‌دانند*** که باید درست باشد در تعارض است: «امروزه، شواهدِ زیست‌جغرافیایی[1] در حمایت از فرگشت چنان قوی است که به هیچ کتاب، مقاله، یا سخن‌رانیِ آفرینش‌باورانه‌ای بر نخورده‌ام که سعی در ردِ آن‌ها داشته باشد. آفرینش‌باوران، خیلی راحت، تظاهر می‌کنند که هیچ مدرکی وجود ندارد.» آفرینش‌باوران طوری رفتار می‌کنند که گویی فسیل‌ها یگانه شواهدِ ثابت‌کنندهٔ فرگشت هستند. بی‌شک، شواهدِ فسیلی قوی هستند. از زمانِ داروین تا کنون، خروار-خروار فسیل کشف شده است و همهٔ این شواهد یا مستقیماً در حمایتِ از فرگشت هستند یا با آن هم‌خوانی دارند. مدرک از این محکم‌تر این که حتی یک عدد فسیل هم، در تعارضِ با فرگشت، یافت نشده است. با وجودِ این، باز هم باید تأکید کنم که شواهدِ فسیلی، با همهٔ قوّت‌شان، قوی‌ترین مدرکِ موجود در اثباتِ فرگشت نیستند. حتی اگر یک عدد فسیل هم کشف نشده بود، شواهدِ حاصل از حیواناتِ به-جا-مانده آن قدر قوی است که ناگزیر به این نتیجه منتهی می‌شوند که داروین درست می‌گفته است. کارآگاهِ ما، که پس از وقوعِ جرم بر سرِ صحنه آمده است، همچنان آن قدر سرنخ در اختیار دارد که از شواهدِ فسیلی هم بی‌چون-و-چراتر هستند. در این فصل، دیدیم که پراکندگیِ حیوانات در جزایر و قاره‌هایِ مختلف درست همان چیزی است که، در صورتِ خویشاوند بودنِ همهٔ موجودات و فرگشتِ آن‌ها از نیایی مشترک، طیِ زمانی بسیار طولانی، انتظار می‌رود. در فصلِ بعد، حیواناتِ امروزی را با یک‌دیگر مقایسه خواهیم

[1] biogeography

کرد و به بررسیِ پراکندگیِ ویژگی‌هایِ مختلف در قلمروِ حیوانات، به ویژه دنبالهٔ کدهایِ ژنتیکیِ آن‌ها، خواهیم پرداخت و، در پایان، به نتیجه‌ای یکسان خواهیم رسید.

---

[i] ***سفرهایِ بیگِل (The Voyage of Beagle)***. طبیعت‌شناسانِ دورهٔ ملکه ویکتوریا به این ارزش‌داوری‌ها در کتاب‌هایِ خود عادت داشتند. پدربزرگ و مادربزرگم کتابی دربارهٔ پرندگان داشتند که اولینِ جملهٔ توضیحیِ آن، برایِ مدخلِ «باکلان»، بی‌رودربایستی، چنین بود: «در موردِ این پرندهٔ منزجرکننده، حرفی برایِ گفتن وجود ندارد».

[ii] به نظر می‌آید که این قاعده چنین باشد. در جزایر، حیواناتِ بزرگْ کوچک می‌شوند (مثلاً، در جزایرِ مدیترانه‌ایِ سیسیل و کِرِت (Sicily and Crete)، فیل‌هایِ کوتوله‌ای وجود داشته‌اند که قدشان به اندازهٔ سگ بوده است)، اما حیواناتِ کوچکْ بزرگ می‌شوند (مثلِ لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ گالاپاگوس). نظریه‌هایِ مختلفی برایِ توجیهِ تمایل به این گونه گوناگونی‌ها وجود دارد، اما پرداختن به جزئیاتِ آن ما را از بحث دور می‌کند.

[iii] این بندها، که دربارهٔ لاک‌پشتِ غول‌پیکر بودند، برگرفته از مقاله‌ای هستند که، در کشتی‌ای به نامِ *«بیگِل»* (اما نه آن بیگِلِ واقعی؛ چرا که مدت‌هاست که دیگر اثری از آن نیست)، در جزایرِ گالاپاگوس، نوشته بودم و، در ۱۹ فوریهٔ ۲۰۰۵، در *گاردین* (the Guardian) منتشر کرده بودم.

[iv] مانندِ «نظریهٔ» فرگشت، این امر نیز حقیقتی محکم و پذیرفته‌شده، در معنایِ عادیِ کلمه، است؛ یعنی مطابقِ اولین تعریفِ واژهٔ «نظریه» در *فرهنگِ واژگانِ آکسفورد*، که در فصلِ ۱ آن را نقلِ قول کردم و عنوانِ آن را به «قضیهٔ علمی» تغییرِ دادم.

[v] افسوس که هولمز هیچ وقت این عبارت را – یعنی « Elementary, my dear Watson» – به کار نبرده بود (همان طور که <رابرت> بِرنْز (Robert Burns) هم هیچ گاه

«محضِ رضایِ» *اُلد لانگ سین* (*«for the sake of "auld Lang Syne"»*) – <به گویشِ اسکاتلندی: «گذشته‌هایِ دورِ دور»> – را ننوشته بود). اما استفاده از این تلمیح قابلِ درک است؛ چرا که همه فکر می‌کنند که هولمز آن را به کار برده است.

[vi] در واقع، مطابقِ قوانینِ فیزیکیِ مقیاس‌بندی، پرنده‌ای به بزرگیِ مرغِ فیلی، هر چه قدر هم که بال‌هایِ بزرگی داشته باشد، هرگز نمی‌تواند، با به–هم–زدنِ آن‌ها، نیرویِ لازم را برایِ پرواز تأمین کند. چرا که عضلاتِ لازم، برایِ نیرورسانی به چنین بال‌هایِ فراخی، آن قدر باید بزرگ باشند که توانایی بلند کردنِ وزنِ خود را نخواهند داشت.

[vii] چه صحنهٔ میخکوب‌کننده‌ای: آمریکایِ جنوبی و آفریقا، سریع‌تر از هر انسانی، به مدتِ چهل روز، بی‌وقفه، شناکنان از یک‌دیگر دور شوند.

# فصلِ ۱۰: شجره‌نامهٔ خانوادگی

## استخوانی به استخوانِ خود[1]

اسکلت[2] پستانداران عجب شاهکاری است! منظورم این نیست که صرفاً زیباست، با این که چنین باوری دارم. بلکه منظورم این است که همین که می‌توانیم از اسکلتی صحبت کنیم که خاصِ پستان‌داران است؛ همین که چیزی به این پیچیدگی و در-هم-تنیدگی، به طرزِ باشکوهی، جزء به جزءِ آن، در بدنِ همهٔ پستان‌داران متفاوت است، در حالی که، به طرزِ آشکاری، در میانِ همهٔ آن‌ها ***یکسان*** است؛ امرِ خارق‌العاده‌ای است. اسکلتِ خودمان آن قدر آشنا هست که نیازی به عکس نداشته باشد، اما به اسکلتِ این خفاش (شکل ۵۳) نگاه کنید. شگفت‌انگیز نیست که هر استخوانِ آن استخوانی نظیرِ خود را، به طرزی قابلِ تشخیص، در اسکلتِ انسان دارد؟ به سببِ ترتیبِ اتصال‌شان به یک‌دیگر از واژهٔ «قابلِ تشخیص» استفاده می‌کنم. فقط نسبت‌ها هستند که با هم فرق می‌کنند. دستانِ خفاش، نسبت به اندازهٔ کلِ جثه‌اش، بسیار بزرگ است، اما هر کسی متوجهِ تناظرِ میانِ انگشتانِ ما و استخوان‌هایِ بزرگِ بالِ خفاش می‌شود. دستِ انسان و دستِ خفاش بدونِ شک دو نسخه از یک چیزاند و هیچ آدمِ عاقلی نمی‌تواند آن را انکار کند. اصطلاحِ تخصصی‌ای که به این نوع از یکسان بودن اشاره دارد «هم‌ساخت بودن[3]» است. بالی که خفاش از آن برایِ پرواز استفاده می‌کند و دستانِ ما، که اجسام را در خود نگه می‌دارند، «هم‌ساخت» هستند. دستانِ نیایِ مشترک‌مان — و بقیهٔ

---

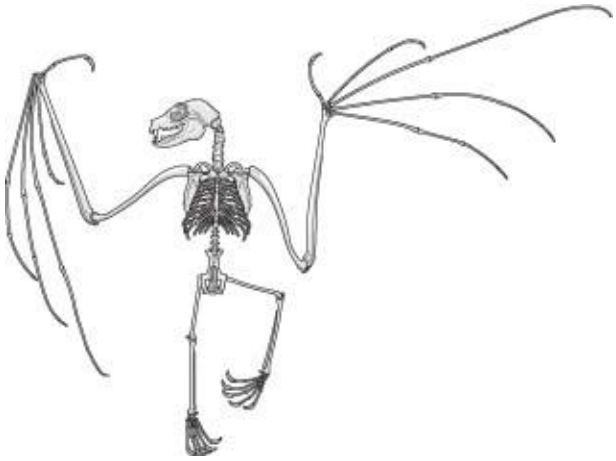
[1] عهدِ عتیق، حزقیالِ نبی، ۳۷:۷:

پس من به گونه‌ای که فرمان یافتم، نبوّت کردم و چون نبوّت می‌کردم، صدایی شنیده شد و به‌ناگاه جُنب و جوشی واقع گردید و استخوان‌ها به یکدیگر پیوستند، **استخوانی به استخوانِ خود**. *ترجمهٔ هزارهٔ نو*

[2] skeleton

[3] homology

اسکلت‌هایِ آن — طیِ سلسله‌هایِ نوادگانیِ مختلف، جزء-به-جزء، در جهاتِ و به مقادیرِ مختلف، کشیده یا فشرده شده‌اند.



**شکل ۵۳ - اسکلتِ خفاش**

همین امر — البته، باز هم، با نسبت‌هایِ متفاوت — در موردِ بالِ پِترودا‌کْتیل[1] نیز صدق می‌کند (این پرنده پستان‌دار نیست، اما آن اصول همچنان پا-بر-جا هستند و همین آن را جالب‌تر می‌کند). پوششِ بالِ پِترودا‌کْتیل عمدتاً به یک انگشتْ بند است؛ یعنی همان چیزی که به آن «انگشتِ کوچک[2]» می‌گوییم. باید اعتراف کنم که این هم‌ساخت بودن باعثِ ایجادِ نوعی روان‌نژندی[3] در من می‌شود. چرا که می‌بینم، در حالی که انگشتِ پنجمِ انسان این همه نحیف و شکننده است، انگشتِ پنجمِ موجودی می‌تواند این همه وزن را تحمل کند. البته چنین چیزی احمقانه است؛ چرا که انگشتِ پنجمِ پِترودا‌کْتیل به هیچ وجه «کوچک» نیست، بلکه به اندازهٔ کلِ بدنش طول دارد و، چنان که بر می‌آید، خیلی هم قوی و تنومند بوده است. یعنی برایش حکمِ کلِ بازویِ ما را داشته است. با وجودِ این، نکته‌ای را که سعی بر اثباتِ آن دارم نشان می‌دهد. انگشتِ پنجم به گونه‌ای ***اصلاح شده***

---

[1] pterodactyl

[2] pinky

[3] neurosis

***است*** که بتواند وزنِ پوششِ بال را تحمل کند. تمامِ جزئیاتِ آن، <در گذرِ زمان>، تغییر کرده است، اما همچنان، به دلیلِ نسبتِ فضاییِ آن به دیگر استخوان‌هایِ اسکلت، به طورِ قابلِ تشخیصی، همان انگشتِ پنجم است. این مهارِ بلند و تنومند، که یارایِ تحملِ بال را دارد، «هم‌ساخت» انگشتِ کوچکِ ماست. در قاموسِ پِتروداکْتیل‌ها، به «انگشتِ کوچک» می‌گویند «مهارِ غول‌پیکر».

علاوه بر پروازکنندگانِ واقعی، یعنی پرندگان، خفاش، پِتروسور[1]، و حشرات، بسیاری از حیوانات می‌توانند رویِ هوا سُر بخورند: عادتی که چه بسا سرنخ‌هایی را دربارهٔ خاستگاهِ واقعیِ پرواز در اختیارمان قرار دهد. آن‌ها پوشش‌هایی برایِ بادپَری <(سُر خوردن بر رویِ هوا)> [2]دارند که نیازمندِ حائلی اسکلتی است، اما لزومی ندارد که این وظیفه را — مثلِ چیزی که در بالِ خفاش و پِتروسور می‌بینیم — استخوان‌هایِ انگشت بر عهده بگیرند. سنجاب‌هایِ پرنده[3] (دو دسته جوندهٔ مستقل از هم) و بادپرکیسه‌دارانِ پرنده[4] (کیسه‌دارانِ استرالیایی تقریباً عینِ سنجابِ پرنده هستند، اما خویشاوندِ نزدیکِ هم نیستند) پوششی از جنسِ پوست میانِ دست‌ها و پاهایِ خود دارند. نیازی نیست که انگشت‌ها هر کدام وزنِ زیادی را متحمل شوند. ضمنِ اینکه انگشتان خیلی هم بزرگ نیستند. من، در پیِ «روان‌نژندیِ انگشتِ کوچک»ی که دارم، ترجیح می‌دهم که یک سنجابِ پرنده باشم تا یک پِتروداکْتیل؛ چرا که به نظرم «درست» این است که، برایِ تحملِ فشارِ <پرواز>، از کلِ بازوان و پاهایم، استفاده کنم.

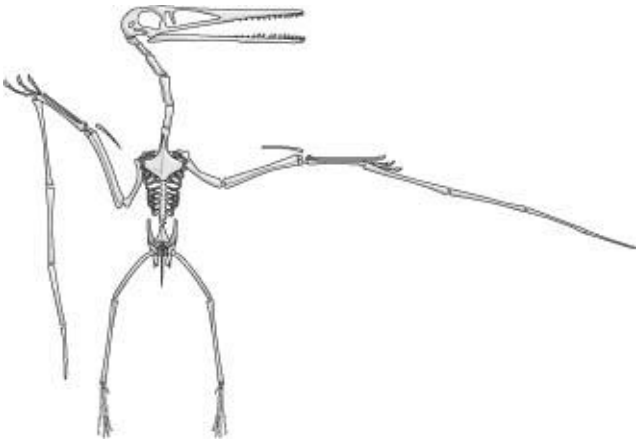
---

[1] pterosaur

[2] gliding

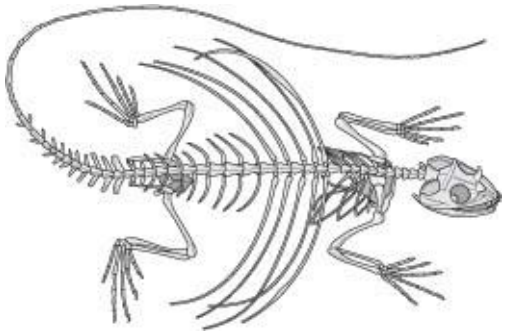
[3] flying squirrel

[4] flying phalanger



**شکل ٥٤ - اسکلتِ پِتِروداکْتیل**

در شکل ۵۵، اسکلتِ، اصطلاحاً، یک سوسمارِ پرنده[1] نشان داده شده است که یکی دیگر از گلایدرها (بادپَرهایِ) ساکنِ بیشه‌زاران است. در نگاهِ اول، متوجه خواهید شد که این استخوان‌هایِ دنده هستند — و نه استخوان‌هایِ انگشت، بازو، و یا پا — که برایِ تحملِ وزنِ «بال» اصلاح شده‌اند و به پوششی پروازی تبدیل شده‌اند . باز هم تأکید می‌کنم که، به طورِ کلی، شباهتی آشکار میانِ اسکلِت این سوسمارِ پرنده و اسکلتِ سایرِ مهره‌داران وجود دارد. می‌توانید رویِ تک-تکِ استخوان‌هایش انگشت بگذارید و، در هر مورد، استخوانِ نظیرش را دقیقاً در اسکلتِ انسان، خفاش، یا پتروسور پیدا کنید.



**شکل ۵۵ - اسکلتِ «سوسمارِ پرنده»**

[1] flying lizard

پوست‌گُستر یا به اصطلاح «لمورِ پرنده»[1]، که در جنوبِ شرقیِ آسیا زندگی می‌کند، به سنجاب‌هایِ پرنده و پره‌کیسه‌دارانِ پرنده شباهت دارد، با این تفاوت که دُمِ آن نیز، علاوه بر بازوان و پاها، در تحملِ ساختارِ پوششِ پروازی کمک می‌کند. چنین چیزی برایم غیرِ قابلِ تصور است؛ چرا که نمی‌دانم زندگی با دُم چگونه خواهد بود، با وجودِ این که ما انسان‌ها — و همچنین دیگر کَپی‌هایِ «بی‌دُم» — دُمی داریم که بازماندهٔ ژنتیکی (وستیجیال) ماست. این دُم «دنبالچه[2]» نام دارد و زیرِ پوستمان نهفته شده است. برایِ ما کَپی‌هایِ تقریباً بی‌دُم، تصورِ زندگیِ میمونِ عنکبوتی[3]، که دُمش از ستونِ فقراتش هم بزرگ‌تر است، دشوار است. در تصویرِ رنگی ۲۶ می‌توانید ببنید که دُمش چه قدر از ستونِ فقراتش و همچنین بازوان و پاهایش، که خود بزرگ هستند، نیز بزرگ‌تر است. همچون تمامِ میمون‌هایِ برِّ جدید[4] یا حتی همچون بسیاری از پستان‌دارانِ برِّ جدید — که حقیقتی عجیب است و تفسیرِ آن دشوار — دُمِ میمونِ عنکبوتی اندامی «گیرنده» است؛ یعنی برایِ گرفتن اجسام اصلاح شده است و تقریباً می‌توان گفت که حکمِ دستی اضافی را دارد، با این که در واقع استخوانِ هم‌ساختِ دست نیست و انگشتی ندارد. دُم میمونِ عنکبوتی واقعاً مانندِ بازو یا پایی اضافه است.

به نظرم نیازی نیست که نتیجه‌ای را که از این بحث استنباط می‌شود کلمه-به-کلمه بازگو کنم. اسکلتِ زیربناییِ دُمِ میمونِ عنکبوتی با اسکلتِ زیربناییِ هر پستان‌دارِ دیگری یکسان است، اما برایِ انجامِ کارِ دیگری اصلاح شده است. البته خودِ دُم کاملاً یکسان نیست: دُمِ میمونِ عنکبوتی چند مهرهٔ اضافه دارد، اما خودِ مهره‌ها، به طرزِ آشکاری، از همان نوع مهره‌هایی است که در دمِ دیگر حیوانات، از جمله در دنبالچهٔ خودِ ما، به کار رفته است. آیا می‌توانید خودتان را جایِ میمونی

---

[1] colugo; flying lemur

[2] coccyx

[3] spider monkey

[4] New World

بگذارید که پنج «دست» چنگ‌زننده دارد (دستی در انتهایِ هر یک از پاها، دستی در انتهایِ هر بازو، و دستی دیگر در انتهایِ دُم)، که از هر کدام‌شان که بخواهد می‌تواند آویزان شود؟ تصورش برایِ من که ممکن نیست. اما می‌دانم که دُمِ میمونِ عنکبوتی هم‌ساختِ دنبالچهٔ من است؛ درست همان گونه که استخوانِ بالِ قوی و بلندِ پتِروداکْتیل هم‌ساختِ انگشتِ کوچکِ من است.

و حال یک واقعیتِ شگفت‌انگیزِ دیگر. سُمِ[1] اسب هم‌ساختِ ناخنِ انگشتِ میانیِ دست (یا ناخنِ انگشتِ میانیِ پایِ) ماست. بر خلافِ چیزی که ما به آن رویِ نوکِ پنجه راه رفتن ***می‌گوییم***، حالتِ راه رفتنِ <عادیِ> اسب‌ها، در معنایِ واقعی، رویِ نوکِ پنجه است. آن‌ها تقریباً کلِ انگشتانِ دست و پایِ خود را از دست داده‌اند. استخوان‌هایِ هم‌ساختِ استخوان‌هایِ انگشتِ اشاره و انگشتِ حلقهٔ ما، در بدنِ اسب، و معادل‌هایِ آن‌ها در پاهایِ پشتِ اسب، در قالبِ «برآمدگی»هایِ استخوانیِ کوچکی بر رویِ استخوانِ «قلم» (متاکارپال)[2] اسب، به جا مانده‌اند و از رویِ پوست قابلِ مشاهده نیستند. استخوانِ قلمِ اسبْ هم‌ساختِ استخوانِ کف‌دستیِ میانیِ ما (یا استخوانِ کف‌پاییِ میانیِ ما) است که زیرِ پوستِ دست (یا پایِ) ما نهفته است. کلِ وزنِ بدنِ اسب را — که در موردِ اسب‌هایِ شایر[3] و کِلایدْزدیل[4] خیلی زیاد است — انگشتانِ میانیِ دست یا پا تحمل می‌کنند. هم‌ساخت‌بودنِ این استخوان‌ها با، مثلاً، انگشتانِ میانیِ ما و انگشتانِ میانی خفاش کاملاً آشکار است. شکی در آن نیست. اما برایِ این که قضیه شیرفهم شود، گاهی اوقات اسب‌هایِ عجیب‌الخلقه با سه انگشت، در هر پا، به دنیا می‌آیند که انگشتِ وسطْ نقشِ «پا» را ایفا می‌کند و انگشت‌هایِ کناری نقشِ سُم‌هایی مینیاتوری (تصویرِ صفحهٔ مقابل).

---

[1] hoof

[2] metacarpal

[3] Shire

[4] Clydesdale

می‌بینید چه قدر زیباست؟ می‌بینید که چگونه بی‌نهایت اصلاحِ مختلف، طیِ زمانی بسیار طولانی، انجام شده است و، در هر مورد، ردِ پایی غیرِ قابلِ انکار از شکلِ اولیه به جا مانده است؟ نرم‌پاشنگان[1] (گونه‌هایِ منقرض‌شدهٔ گیاه‌خواری که در آمریکایِ جنوبی می‌زیسته‌اند) همواره مرا به شگفتی وا می‌دارند. آن‌ها با هیچ یک از حیواناتِ امروزی خویشاوندیِ نزدیکی ندارند و خیلی هم با اسب‌ها فرق دارند (یگانه شباهت‌شان پاها و سُم‌هایِ نسبتاً مشابه‌شان است). اسب‌ها، در آمریکایِ شمالی[i]، و نرم‌پاشنگان، در آمریکایِ جنوبی — که در آن زمان‌ها جزیره‌ای پهناور بود و، تا سال‌هایِ سال هم، خبری از باریکهٔ پاناما نبود — هر دو، مستقلاً، با اِعمالِ کاهش‌هایی یکسانی بر همهٔ انگشتانِ دست و پا، به جزء انگشتانِ وسط، فرگشت یافتند و سُم‌هایی مشابه در انتهایِ آن‌ها «جوانه زدند». چنان که بر می‌آید، یک پستان‌دارِ گیاه‌خوار، برایِ این که بتواند دونده‌ای سریع شود، راه‌هایِ خیلی زیادی پیشِ رویِ خود ندارد. اسب‌ها و نرم‌پاشنگان راهِ یکسانی — یعنی کاهشِ همهٔ انگشتان، به جز انگشتانِ وسط — را در پیش گرفتند و نتیجهٔ کارشان هم یکی بود. گاوها و شاخ‌درازان راهِ حل دیگری یافتند: این که از همهٔ انگشت‌ها، به جز دو تا از آن‌ها، بکاهند.

[1] litoptern

**شکل ٥٦ - اسب‌هایِ پُرانگشت**

عبارتِ پیشِ رو متناقض به نظر می‌آید اما، همان گونه که خواهید دید، کاملاً با عقل جور در می‌آید و مشاهدهٔ خیلی مهمی هم هست. اسکلتِ تمامِ پستان‌داران یکسان است، اما استخوان‌هایِ واحدشان با یک‌دیگر تفاوت دارد. راه‌گشایِ این تناقض استفادهٔ حساب‌شدهٔ من از واژهٔ «اسکلت» برایِ اشاره به *مجموعه*‌ای از استخوان‌هاست که، با نظم-و-ترتیب، به یک‌دیگر متصل شده‌اند. از این منظر، استخوان‌هایِ واحد اصلاً از خصوصیاتِ «اسکلت» به حساب نمی‌آیند. «اسکلت»، در این معنایِ خاص، کاری به شکلِ استخوان‌هایِ واحد ندارد، بلکه صرفاً به ترتیبِ اتصالِ آن‌ها به یک‌دیگر سر-و-کار دارد. به قولِ حزقیال[1]، با «استخوانی به استخوانِ خود» <سر-و-کار دارد>. سرودِ روحانیِ زیر، که بر مبنایِ این عبارت سروده شده است، این مطلب را، به بیانِ روشن‌تری، ابراز می‌کند:

از این که استخوانِ انگشتِ پا به استخوانِ کفِ پا وصل است،

از این که کفِ پا به استخوانِ قوزک،

---

[1] Ezekiel

قوزک به استخوانِ قلمِ پا،

قلمِ پا به استخوانِ زانو،

زانو به استخوانِ رانَ،

ران به استخوانِ لگن،

لگن به استخوانِ کمر،

کمر به استخوانِ شانه،

شانه به استخوانِ گردن،

و گردن به استخوانِ سر، وصل است؛

از همهٔ این‌ها نامِ خدا به گوشم می‌رسد!

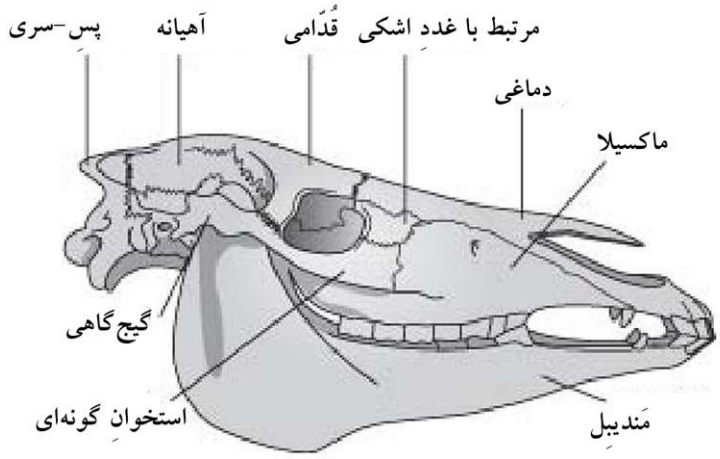
نکتهٔ مهم این است که این سرود در موردِ هر پستان‌داری — در واقع، هر پستان‌دارِ خشکی‌زی‌ای — صدق می‌کند و میزانِ صدقِ آن نیز بسیار فراتر از چیزی است که واژگانِ این سرود بیان می‌کند. برایِ مثال، «استخوانِ سر» یا جمجمه[1] از بیست و هشت استخوان تشکیل شده است که، با «درز»هایِ سخت و محکمی که بین‌شان قرار دارد، به یک‌دیگر متصل شده‌اند، اما یک استخوانِ بزرگ و متحرک نیز دارد (یعنی استخوانِ فکِ پایینی[2]). و نکتهٔ حیرت‌انگیز این است که، به استثناءِ استخوان‌هایِ عجیب-و-غریبی که ممکن است در جاهایِ مختلفِ بدن یافت شوند، دقیقاً همین

[1] skull

[2] lower jaw

بیست و هشت استخوان، که تک-تک‌شان را می‌توان با نامِ یکسانی نام‌گذاری کرد، در همهٔ پستان‌داران یافت می‌شوند.

**شکل ۵۷ - جمجمهٔ انسان**




**شکل ۵۸ - جمجمهٔ اسب**

استخوانِ گردن که به استخوانِ پسِ‌سری[1] متصل است،

[1] occipital

استخوانِ پسِ‌سری که به استخوانِ آهیانه[1]،

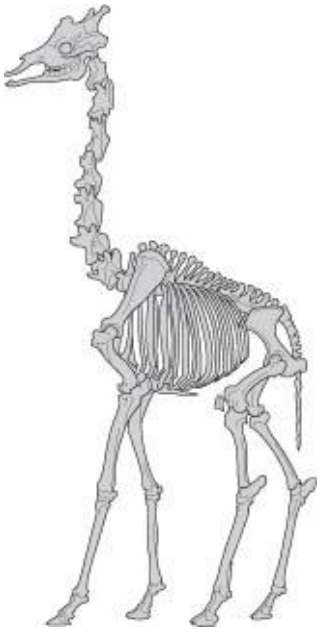
استخوانِ آهیانه که به استخوانِ پیشانی[2]،

استخوانِ پیشانی که به استخوانِ بینی[3]

. . .

و استخوانِ ۲۷اُم که به استخوانِ ۲۸اُم متصل است . . .

فارغ از این که شکلِ استخوان‌هایِ واحد، در میانِ پستاندارانِ مختلف، تفاوت‌هایِ واضحی با هم دارند، همه–و–همه یکسان هستند.



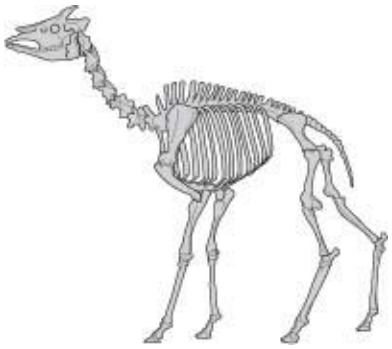
**شکل ۵۹ – زرافه**

---

[1] parietal

[2] frontal

[3] nasal



**شکل ٦٠ - اُکاپی**

از همهٔ این حرف‌ها به چه نتیجه‌ای می‌رسیم؟ در اینجا، منحصراً حیواناتِ امروزی را در نظر گرفته‌ایم. پس نمی‌توانیم فرآیندِ رخدادِ فرگشت را به چشم در آن‌ها نظاره کنیم. ما کارآگاهانی هستیم که بعد از وقوعِ جرم سرِ صحنه رسیده‌ایم. و اگر این حیوانات نیایِ مشترکی داشته باشند، الگویِ شباهتِ میانِ اسکلتِ حیواناتِ امروزی دقیقاً همان چیزی است که انتظار می‌رود (و نیایِ مشترکِ بعضی‌هاشان متأخرتر از دیگران است). اسکلتِ نیاکانی، در گذرِ سالیانِ دراز، به تدریج، اصلاح شده است. بعضی از حیوانات، مثلاً اُکاپی[1] و زرافه[2]، نیایِ مشترکِ متأخری دارند. از منظری سخت‌گیرانه، درست نیست که زرافه را اُکاپی‌ای در-جهتِ-عمودی-کش-آمده توصیف کنیم؛ چرا که هر دو حیواناتی امروزی هستند. اما اگر بگوییم که نیایِ مشترک‌شان بیشتر شبیهِ اُکاپی بوده است، حدسِ بدی نزده‌ایم (اتفاقاً شواهدی فسیلی در تأییدِ این حدس وجود دارد، اما، در این فصل، قرار نیست که بحثِ فسیل‌ها را پیش بکشیم). به طریقی مشابه، ایمپالا[3] و کَلِ یال‌دار[4] iii خویشاوندانِ نزدیکِ یک‌دیگراند اما از خویشاوندانِ اندک-دورترِ زرافه و اُکاپی محسوب می‌شوند. هر چهار حیوان خویشاوندِ دورِ سایرِ حیواناتِ دارایِ سمِ شکاف‌دار، همچون خوک و گرازِ وحشیِ آفریقایی[5]،

---

[1] okapi

[2] giraffe

[3] impala

[4] gnu

[5] warthog

هستند. (خوک و گرازِ وحشیِ آفریقایی از خویشاوندانِ <نزدیک> یک‌دیگر و گرازِ بدبو[1] هستند.) تمامِ حیواناتِ دارایِ سمِ شکاف‌دار از خویشاوندانِ دورترِ اسب و گوره‌خر[2] هستند. (اسب و گوره‌خر سمِ شکاف‌دار ندارند و خویشاوندانِ نزدیکِ هم‌دیگراند.) می‌توانیم تا هر جا که دوست داریم این سیر را ادامه دهیم و خویشاوندانِ مختلف را دسته-دسته در (پرانتزی که (زیرمجموعهٔ پرانتزی دیگر که خود (زیرمجموعهٔ پرانتزی دیگر از جفت‌هایِ خویشاوندی است))) دسته بندی کنیم. من همین جور یک‌هویی از پرانتز استفاده کردم، اما مطمئناً معناشان را درک می‌کنید. پرانتزهایی را که در ادامه می‌آیند می‌توانید، در نگاهِ اول و به صورتِ واضح، درک کنید؛ چرا که به خوبی با این مفهوم که عموزاده‌ها پدربزرگی مشترک دارند و عموزاده‌هایِ درجه دو پدرِ پدربزرگ‌شان یکی است، و الی آخر، آشنایی دارید.

{(گرگ، روباه) (شیر، پلنگ)} {(زرافه، اُکاپی) (ایمپالا، کلِ یال‌دار)}

همهٔ این‌ها آشکارا به نموداری نیاکانی و منشعب‌شونده اشاره دارد؛ به یک شجره‌نامه.

تلویحاً اشاره کردم که نمودارِ درختیِ <رسم‌شده> بر اساسِ شباهت‌ها واقعاً یک شجره‌نامه است، اما آیا ناگزیر به این نتیجه می‌رسیم؟ آیا هیچ تفسیرِ جایگزینی برایِ آن وجود ندارد؟ می‌شود گفت که هیچ تعبیرِ دیگری وجود ندارد! آفرینش‌باوران، پیش از زمانِ داروین، متوجهِ این الگویِ شباهتِ سلسله‌مراتبی شده بودند و، در واقع، توجیهی غیرِ فرگشتی نیز برایِ آن آورده بودند که بسیار دور-از-ذهن و مضحک بود. از دیدِ آن‌ها، این الگوهایِ شباهت بیان‌گرِ وجودِ ***مضامینی*** خاص در ذهنِ طراح بوده‌اند. او ایده‌هایِ مختلفی را برایِ آفرینشِ حیواناتِ گوناگون در سر داشته است. مضمونی را برایِ آفرینشِ پستان‌داران در ذهن داشته است و مضمونی جداگانه را برایِ آفرینشِ حشرات. مضمونی که برایِ پستان‌داران داشته است، به طرزی منظم و سلسله‌مراتبی، به

[1] peccary

[2] zebra

زیرمضمون‌هایی دیگر (مثلاً مضمونِ سُمِ شکاف‌دار) و زیر-زیر-مضمون‌هایی متفاوت (مثلاً، مضمونِ خوک) تقسیم‌بندی شده است. می‌توان عناصری از دلیل‌تراشیِ منحصر به فرد و پندارِ آرزومندانه[1] را به روشنی در این طرزِ فکر دید هر چند که، امروزه، آفرینش‌باوران به ندرت به این استدلال چنگ می‌زنند. در واقع، مانندِ رویکردی که در مواجهه با شواهدِ مربوط به پراکندگیِ جغرافیایی در پیش می‌گرفتند و در فصلِ پیش نیز به بررسیِ آن پرداختیم، آن‌ها به ندرت واردِ بحثِ مقایسهٔ شواهدِ مختلف می‌شوند و ترجیح می‌دهند باز از فسیل‌ها سخن بگویند؛ چرا که، به غلط، در گوش‌شان خوانده شده است که با این کار پای‌شان را در زمینِ سفتی می‌گذارند.

## بدونِ وام‌گیری

برایِ این که پی ببرید این ایده، این‌که آفریننده‌ای به «مضامینِ» خاصی متعهد بوده است، تا چه میزان غریب و غیرِ عادی است، به این امر بیاندیشید که هر انسانِ طراحی اگر ببیند که ایدهٔ پشتِ یکی از اختراعاتِ بشر به دردِ اختراعِ خودش می‌خورد، با شادمانی از آن استفاده خواهد کرد. شاید «مضمون»ی در طراحیِ هواپیما وجود داشته باشد که با «مضمونِ» پشتِ طراحیِ قطار متفاوت باشد. اما می‌توان یکی از اجزاءِ هواپیما، مثلاً طرحی بهبودیافته برایِ چراغ‌هایِ مطالعهٔ بالایِ صندلی، را وام گرفت و در قطار به کار برد. آخَر وقتی که، در هر دو وسیله، هدف یکسان است، این کار چه ایرادی دارد؟ وقتی که ماشین تازه اختراع شده بود، آن را «کالسکهٔ بدونِ اسب» می‌خواندند. این عنوان بر ما آشکار می‌کند که بخشی از ایدهٔ ماشین از کجا نشأت گرفته است. اما وسایلِ نقلیهٔ اسبی نیازی به فرمان نداشتند. <درشکه‌چی> با افسارْ اسب‌ها را هدایت می‌کند. پس، ایدهٔ چرخِ فرمان باید از جایِ دیگری گرفته شده باشد. از خاستگاهِ این ایده اطلاعی ندارم، اما گمان می‌برم که فرمان از فناوری‌ای کاملاً متفاوت، مثلاً قایق، وام گرفته شده باشد. غربیلکِ فرمان در اواخرِ قرنِ نوزدهم واردِ عرصه شد

[1] wishful thinking

و جایِ سامانهٔ اولیهٔ فرماندهیِ خودرو را گرفت. پیش از غربیلک، میلهٔ سکانْ وظیفهٔ فرماندهیِ خودرو را به برعهده داشت که از قایق وام گرفته شده بود، اما به جایِ این که پشتِ وسیلهٔ نقلیه قرار داشته باشد، در جلویِ آن قرار داشت.

اگر داشتنِ پَر، در «مضمونِ» پرندگان، چنان ایدهٔ خوبی بوده است که هر پرنده‌ای، بدونِ استثناء (چه پروازی و چه غیرِ پروازی)، از آن بهره‌مند است، پس چرا، در معنایِ واقعیِ کلمه، هیچ پستان‌داری پَر ندارد؟ آخَر به چه دلیلی طراحْ ایدهٔ هوشمندانهٔ پَر را، برایِ طراحیِ دستِ کم یک خفاش، وام نگرفته است؟ پاسخِ فرگشت‌گرایان روشن است. همهٔ پرندگان پَر را از نیایِ مشترکِ خود، که پَر داشته است، به ارث برده‌اند. هیچ پستان‌داری از نسلِ آن نیا به وجود نیامده است. به همین سادگی.[iv] نمودارِ درختیِ شباهت‌ها بیانگرِ یک شجره‌نامه است. همین ماجرا برایِ هر شاخه، زیرشاخه، و زیر-زیر-شاخهٔ درختِ حیات نیز صدق می‌کند.

حال به نکتهٔ جالبی بر می‌خوریم. به نمونه‌هایِ جالبی بر می‌خوریم که، در نگاهی سطحی، ممکن است به نظر برسد که ایده‌ای، از قسمتی دیگر از درختِ حیات، وام گرفته شده و به قسمتی دیگر از آن پیوند زده شده است؛ همچون قلمه‌ای از نوعی سیب که به تنهٔ درخت پیوند زده شده باشد. دلفین، که در واقع والِ کوچک است، در نگاهی سطحی، به بعضی از گونه‌هایِ ماهیانِ بزرگ شباهت دارد. حتی گاهی یکی از این ماهیانِ بزرگ، به نامِ گالیت[1] (با نامِ علمیِ *کوریفینا هیپوریس*[2])، را «دلفین» می‌خوانند. شکلِ بدنِ گالیت و دلفین واقعاً به هم شباهت دارد و به گونه‌ای است که برایِ در پیش گرفتنِ عاداتِ زیستیِ شکارچیانِ سریعِ نزدیکِ سطحِ دریا مناسب است. نحوهٔ شنایِ هر دو، در نگاهی سطحی، شبیه به هم به نظر می‌رسد. اما به محضِ این که به جزئیات‌شان دقت کنید، متوجه خواهید شد که هیچ یک سبکِ شنایِ خود را از دیگری وام نگرفته است. هر دو سرعتِ خود را عمدتاً از دُم‌شان می‌گیرند ولی گالیت، مانندِ تمامِ ماهیان، دُمِ خود را به طرفین حرکت می‌دهد، در

---

[1] dorado

[2] *Coryphaena hippuris*

حالی که دلفینِ واقعی دُمِ خود را، به بالا و پایین، حرکت می‌دهد و این گونه پیشینهٔ پستان‌داریِ خود را برملا می‌کند. سوسمارها و مارها حرکت موجوارهٔ طرفینی را، که در امتدادِ ستونِ فقراتِ ماهیِ نیاکانی به جریان در می‌آمده است، به ارث برده‌اند و، از این جهت، تقریباً می‌توان گفت که رویِ زمین «شنا می‌کنند». به تفاوتِ آن با تاختنِ اسب یا یوزپلنگ توجه کنید. این حیوانات نیز، مانندِ مار و ماهی، سرعتِ خود را از خمشِ ستونِ فقرات می‌گیرند، اما ستونِ فقراتِ پستان‌داران به بالا و پایین خم می‌شود، نه به طرفین. جالب است بپرسیم که این گذار، در نیاکانِ پستان‌داران، چگونه رخ داده است. شاید میانجی‌هایی وجود داشته‌اند که اصلاً ستونِ فقراتِ خود را، در هیچ یک از جهات، حرکت نمی‌داده‌اند، مثلِ قورباغه. از طرفی، کروکودیل‌ها هم می‌توانند، به طرزی وحشتناک سریع، بتازند و هم می‌توانند به نحوی سوسمارگونه گام بردارند که در میانِ خزندگان مرسوم‌تر است. نیاکانِ پستان‌داران هیچ شباهتی به کروکودیل نداشته‌اند، اما شاید کروکودیل نمونهٔ خوبی باشد که به ما نشان دهد که نیاکانِ میانجی چه شکلی می‌توانسته‌اند باشند.

به هر روی، نیاکانِ وال و دلفین پستان‌دارانی تمام‌عیارْ خشکی‌زی بوده‌اند که قطعاً با خمشِ بالا به پایینِ ستونِ فقراتِ خود، در میانِ چمن‌زارها، صحراها، و سرددشت‌ها، می‌خرامیده‌اند. آن گاه، وقتی که به دریا باز گشته‌اند، حرکتِ بالا و پایینیِ ستونِ فقراتِ خود را حفظ کرده‌اند. اگر مارها بر رویِ خشکی «شنا می‌کنند»، دلفین‌ها در آب «می‌خرامند»! در نتیجه، شاید بالهٔ دُمیِ دلفین، در نگاهی سطحی، به دُمِ چنگال‌مانندِ گالیت شباهت داشته باشد، اما به صورتِ افقی قرار گرفته است، در حالی که باله‌هایِ دُمِ گالیت عمودی هستند. از بسیاری جوانبِ دیگر، اعضاء و جوارحِ دلفین پیشینهٔ آن را فاش می‌کنند و، در فصلی مربوط به همین مبحث، به آن‌ها خواهم پرداخت.

مثال‌هایِ دیگری نیز <از دیگر حیوانات> وجود دارد که، در نگاهی سطحی، شباهت‌ها آن چنان زیاد است که ردِ فرضیهٔ «وام‌گیری» بسی دشوار می‌شود، اما نگاهی دقیق‌تر ما را بر آن می‌دارد که این فرضیه را رد کنیم. حیوانات چنان به هم شبیه‌اند که ممکن است تصور کنیم که باید

خویشاوندِ <نزدیکِ> هم باشند. اما، چنان که بر می‌آید، وقتی که کلِ بدن را در نظر بگیریم، تعدادِ تفاوت‌ها از تعدادِ شباهت‌ها — به رغمِ چشم‌گیر بودن‌شان — بیشتر است. «خرخاکیِ گلوله‌ای»[1] (شکل ۶۲) موجوداتِ آشنایی‌اند که پاهایِ فراوانی دارند. آن‌ها برایِ محافظت از خود، مانندِ آرمادیلو، خود را به صورتِ توپ در می‌آورند. در واقع، خاستگاهِ نامِ لاتینِ *آرمادیلیدیوم*[2] نیز می‌تواند همین باشد. این نامِ نوعی «خرخاکیِ گلوله‌ای» است که گونه‌ای سخت‌پوست محسوب می‌شود. این خرخاکی با میگوها[3] خویشاوندی دارد ولی رویِ خشکی زندگی می‌کند. اما، از آنجا که با آب‌شُش‌هایش تنفس می‌کند — که مجبور است آن‌ها را مرطوب نگه دارد —، این حقیقت را برملا می‌کند که نیاکانی آب‌زی داشته است. حال، نکتهٔ اصلیِ داستان اینجاست که نوعِ کاملاً متفاوتی از «خرخاکیِ گلوله‌ای» وجود دارد که به هیچ وجه از سخت‌پوستان نیست، بلکه از هزارپاییان است. وقتی که به صورتِ گلوله در آمده باشند، ممکن است تصور شود که تقریباً یکسان هستند. با وجودِ این، یکی از این گونه‌ها خرخاکی‌ای اصلاح‌شده و دیگری هزارپایی‌ای اصلاح‌شده است که اصلاح‌شان در جهتی یکسان بوده است. اگر آن‌ها را، از حالتِ گلوله‌شده، در بیاورید، در نگاهِ اول، متوجهِ دستِ کم یک تفاوتِ عمده خواهید شد. هزارپایِ گلوله‌ای[4]، رویِ بیشترِ قسمت‌هایِ بدنش، یک جفت پا دارد، اما خرِ خاکیِ گلوله‌ای، بر رویِ هر قسمت، فقط یک پا دارد. آیا این اصلاحاتِ بی‌حد-و-مرز زیبا نیستند؟ بررسی‌ای دقیق‌تر نشان خواهد داد که، از صدها لحاظ، هزارپایِ گلوله‌ای واقعاً شبیهِ هزارپایِ متداول است. شباهتِ آن به خرخاکی صرفاً سطحی و همگرا در یک جنبه است.

---

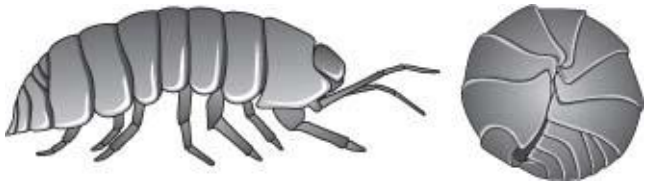
[1] pill bug

[2] *Armadillidium*

[3] shrimp

[4] pill woodlouse

**شکل ٦١ - هزارپایِ گلوله‌ای**



**شکل ٦٢ - خرخاکیِ گلوله‌ای**

تقریباً هر جانورشناسی، که در این حیطه تخصص نداشته باشد، خواهد گفت که جمجمهٔ نشان‌داده‌شده در شکل ۶۳ جمجمهٔ یک سگ است. اما یک متخصص، با توجه به دو حفرهٔ قابلِ توجهی که در سقفِ دهان وجود دارد، پی خواهد برد که این جمجمه متعلق به سگ نیست. این حفره‌ها از ویژگی‌هایِ بارزِ کیسه‌داران است. کیسه‌داران گروهی بزرگ از پستان‌داران هستند که امروزه در استرالیا یافت می‌شوند. عکس، در واقع، جمجمهٔ گرگِ تاسمانی[1] (*تایلاسینوس*[2]) را نشان می‌دهد. تایلاسینوس‌ها و سگ‌هایِ واقعی (مثلاً دینگوها، که در استرالیا و تاسمانی، رقیبِ تایلاسینوس‌ها بوده‌اند) در <فرگشتِ> جمجمه‌ای بسیار مشابه-به-هم هم‌گرا بوده‌اند؛ چرا که سبکِ زندگیِ مشابهی دارند (افسوس، که در موردِ تایلاسینوس‌هایِ بیچاره، باید بگوییم «داشته‌اند»).

در فصلی که دربارهٔ پراکندگیِ جغرافیاییِ حیوانات بود، به زیاگانِ پستان‌دارانِ کیسه‌دارِ استرالیا اشاره کرده بودم. نکته‌ای از آن فصل، که به این بحث مربوط می‌شود، هم‌گراییِ مکررِ کیسه‌داران و تناظرهایِ بسیار در میانِ پستان‌دارانِ جفت‌دار(یعنی پستان‌دارانِ غیرِ کیسه‌دار) است که دیگر نقاطِ دنیا را تحتِ سیطرهٔ خود دارند. به هیچ وجه نمی‌توان گفت که کیسه‌دارانِ نشان داده شده

[1] Tasmanian wolf

[2] *Thylacinus*

در تصویرِ صفحهٔ مقابل همانندِ گونهٔ مشابهِ جفت‌دارشان هستند؛ حتی در خصوصیاتِ ظاهری. (منظور از «گونهٔ متناظرِ جفت‌دار» گونه‌ای است که «کار-و-باری» مشابهِ گونهٔ کیسه‌دار دارد.) با وجودِ این، شباهت‌شان به قدری هست که نظرمان را به خود جلب کنند، اما مطمئناً نه به قدری که نشان از این داشته باشد که خالقی خصوصیاتی را، از موجودی برایِ موجودی دیگر، «وام گرفته است».

**شکل ٦٣ - جمجمهٔ «گرگِ کیسه‌دارِ» تایلاسینوس یا «ببرِ تاسمانی«**

بُر خوردنِ جنسیِ ژن‌ها را، در یک استخرِ ژنی، می‌توان نوعی وام‌گیری و به-اشتراک-گذاریِ «ایده»هایِ ژنتیکی تلقی کرد، اما این ترکیباتِ نوِ جنسی محدود به یک گونه است و، از این رو، به این فصل، که به مقایسهٔ میان‌گونه‌ای می‌پردازد (مثلاً مقایسهٔ بینِ پستان‌دارانِ کیسه‌دار و جفت‌دار)، ارتباطی ندارد. جالب اینجاست که سطوحِ بالایِ وام‌گیریِ دی.ان.ایِ در میانِ باکتری‌ها بسیار رایج است. طیِ فرآیندی، که گاه به عنوانِ پیش‌آیندِ تولیدِ مثلِ جنسی تلقی می‌شود، باکتری‌ها — حتی سویه‌هایِ باکتریایی که خویشاوندیِ بسیار دوری با هم دارند — به صورتِ بی‌قاعده و بی‌حد-و-مرز با هم «ایده»هایِ دی.ان.ای‌ای تبادل می‌کنند. «وام‌گیریِ ایده»، در واقع، یکی از عمده روش‌هایی است که باکتری‌ها به کمکِ آن «حقه»هایِ جدید، مثلِ مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها[1]، را اتخاذ می‌کنند.

[1] antibiotic resistance

معمولاً به این پدیده «تبدیل[1]» می‌گویند که نامِ مناسبی نیست <(معادلِ علمیِ فارسیِ آن «تراریختی» است که معادلِ مناسبی می‌باشد)>. دلیلِ این نام‌گذاری آن است که وقتی که فردریک گریفیث[2]، در سالِ ۱۹۲۸، آن را کشف کرد، هیچ کس از ساز-و-کارِ دی.اِن.ای خبر نداشت. چیزی که گریفیث مشاهده کرده بود این بود که سویه‌ای غیرِ ویروسی از *استرپتوکوکوس*[3] توانسته بود ویروسی بودن («پُرآزاری[4]») را از سویه‌ای کاملاً متفاوت وام بگیرد، با این که آن سویهٔ ویروسی مرده بود. به بیانِ <علمیِ> امروزی، سویهٔ غیرِ ویروسی دی.ان.ای‌هایی را از سویهٔ ویروسیِ مرده گرفته و در ژنومِ خود به کار گرفته است (مرگ اثری بر دی.ان.ای ندارد، چرا که دی.ان.ای صرفاً مجموعه‌ای از اطلاعاتِ کُدشده است). به بیانِ این فصل، سویهٔ غیرِ ویروسی «ایده»ای ژنتیکی را از سویهٔ ویروسی «وام گرفته است». بی‌تردید، این که یک سری باکتری از باکتری‌هایی دیگر ژن وام بگیرند تفاوتِ آشکاری با این تصور دارد که خالقی ایده‌هایِ خود را از «مضمون»ی وام بگیرد و در «مضمون»ی دیگر به کار بگیرد. با وجودِ این، این نکته نکتهٔ جالبی است؛ چرا که اگر این پدیده، به همان اندازه که در میانِ باکتری‌ها رایج است، در میانِ حیوانات نیز رواج داشت، ردِ فرضیهٔ «وام‌گیریِ طراح» مشکل می‌شد. اگر خفاش‌ها و پرندگان نیز، از این منظر، مانندِ باکتری‌ها رفتار می‌کردند چطور؟ چه می‌شد اگر تکه‌هایی از ژنومِ پرنده می‌توانست، مثلاً از طریقِ عفونتی باکتریایی یا ویروسی، انتقال یابد و در ژنومِ خفاش کاشته شود؟ ممکن بود اطلاعاتِ کُدشدهٔ دی.ان.ایِ پَردار بودن، طیِ فرایندی ژنتیکی شبیه فرایندِ «کپی-پِیست کردن» در رایانه، وام گرفته شوند و گونه‌ای از خفاش ناگهان پَر در بیاورد.

---

[1] transformation

[2] Frederick Griffith

[3] *Streptococcus*

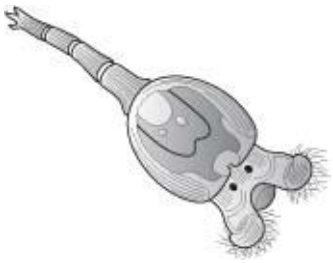
[4] virulence

**شکل ٦٤ - اجزاءِ متناظرِ جفت‌داران و کیسه‌داران**

بر خلافِ باکتری‌ها، انتقالِ ژنی در میانِ حیوانات تقریباً منحصر به آمیزشِ جنسیِ میانِ گونه‌هاست. در واقع، دقیقاً می‌توان «گونه» را مجموعه‌ای از حیوانات تلقی کرد که در درونِ <گروهِ> خود به انتقالِ ژن می‌پردازند. اگر دو جمعیت از یک گونه، به مدتِ کافی، از هم جدا نگه داشته شوند، به گونه‌ای که دیگر نتوانند از طریقِ جنسی به تبادلِ ژن با یک‌دیگر بپردازند (همان گونه که در فصلِ ۹ دیدیم، این جدایی معمولاً حاصلِ تحمیلِ پدیده‌ای جغرافیایی است)، آن گاه آن‌ها را دو گونهٔ جدا-از-هم تلقی می‌کنیم. در این مقطع، آن‌ها دیگر هرگز قادر به تبادلِ ژنی نخواهند بود،

مگر از طریقِ دخالتِ مهندسانِ ژنتیک[1]. همکارم، جاناتان هاجکین[2]، استادِ ژنتیک در دانشگاهِ آکسفورد، فقط سه استثناءِ غیرِ قطعی را، برایِ قاعدهٔ انحصارِ انتقالِ ژنیِ درون‌گونه‌ای، می‌شناسد: کرم‌هایِ نماتُد، مگسِ میوه، و (به طورِ وسیع‌تر) <باکتری‌هایِ> بِدِلوئید روتیفر[3].

این گروهِ آخر از همه جالب‌تر است؛ چرا که یگانه گونهٔ باکتری، در میانِ دستهٔ بزرگ‌ترِ یوکاریوت‌ها[4]، هستند که آمیزش نمی‌کنند. آیا ممکن است که، به دلیلِ بازگشت به شیوهٔ تبادلِ ژنیِ کهنِ باکتری‌ها، دیگر از آمیزش استفاده نکرده باشند؟ انتقالِ ژنیِ میان‌گونه‌ای[5] در میانِ گیاهان معمول‌تر است. گیاهِ انگلیِ سِس[6] (*کوسکوتا*[7]) دورِ گیاهِ میزبانِ خود می‌پیچد و به آن ژن اهداء می‌کند.[v]



**شکل ٦٥ - بِدِلوئید روتیفِر**

من دیدگاهِ قاطعی دربارهٔ غذاهایِ اصلاح‌شدهٔ ژنتیکی[8] ندارم. بینِ این دوراهی مانده‌ام که به مزایایِ بالقوهٔ آن برایِ کشاورزی اهمیتِ بیشتری بدهم یا به عقلِ دوراندیش که به احتیاط فرا

---

[1] genetic engineer

[2] Jonathan Hodgkin

[3] bdelloid rotifers

[4] eucaryotes

[5] cross-species gene transfer

[6] dodder

[7] *Cuscuta*

[8] genetically modified (GM)

می‌خواند. اما استدلالی هست که برایم تازگی داشت و ارزشش را دارد که مختصری به آن بپردازم. امروزه، بد-و-بیراه نثارِ پیشینیان‌مان می‌کنیم که چرا، صرفاً برایِ لذتِ خود، گونه‌هایِ حیوانیِ مختلف را واردِ سرزمین‌هایِ بیگانه کرده‌اند. سنجابِ خاکستریِ آمریکایی[1] را یکی از دوک‌هایِ[2] قبلیِ بدفورد واردِ بریتانیا کرده است: میل و هوسی ناگهانی و زودگذر که امروزه نتایجِ این کارِ غیرِ مسئولانه را می‌بینیم. تفکر دربارهٔ این موضوع جالب است که آیا ممکن است آرایه‌شناسانِ آینده افسوسِ دستکاری‌هایِ ما در ژنوم — مثلاً انتقالِ ژن‌هایِ «ضدِ انجماد» از ماهیانِ شمالگان به گوجه‌فرنگی برایِ محافظت از آن در برابرِ یخبندان — را بخورند؟ دانشمندان ژنی را که باعثِ تابشِ فلورسنت در عروسِ دریایی[3] می‌شود به عاریت گرفته‌اند و آن را واردِ ژنومِ سیب‌زمینی کرده‌اند، به این امید که هر وقت به آبیاری نیاز داشتند، نور بدهند. حتی مطلبی را در موردِ «هنرمند»ی خواندم که تصمیم داشت، به کمکِ ژن‌هایِ عروسِ دریایی، «نمایشگاه»ی از سگ‌هایِ نورانی برپا کند. به هیچ وجه نمی‌توانم با این گونه سوءِ استفاده‌هایِ بلهوسانه از علم، در جهتِ رسیدن به «هنر»ی متظاهرانه، کنار بیایم. اما آیا ممکن است که مضراتِ آن از این سطح هم فراتر رود؟ آیا این هوس‌هایِ بیهوده اعتبارِ مطالعاتِ آینده بر رویِ روابطِ فرگشتی را زیرِ سؤال می‌برد؟ در واقع، شک دارم که چنین شود، اما شاید دستِ کم اندیشیدن به این نکته، با روحیه‌ای حزم‌اندیشانه، ارزشش را داشته باشد. به هر حال، حزم‌اندیشی زمانی فایده دارد که بتوانیم از پیامدهایِ ناخواستهٔ اعمال و انتخاب‌هایی که شاید اکنون خطرناک به نظر نرسند، در آینده، جلوگیری کنیم.

## سخت‌پوستان

[1] American grey squirrel

[2] Duke of Bedford

[3] gellyfish

این فصل را، با سخن از اسکلتِ مهره‌داران، آغاز کردم. اسکلتِ این جانوران نمونه‌ای عالی از الگویی بدونِ تغییر است که پلی است میانِ جزئیاتی متغیر. این پدیده را، در تقریباً هر گروهِ عمدهٔ دیگری از حیوانات نیز، مشاهده خواهیم کرد. تنها به شرحِ یکی دیگر از مثال‌هایِ موردِ علاقهٔ خود بسنده می‌کنم: سخت‌پوستانِ ده‌پا[1]، گروهی که شاه‌میگو، میگو[2]، خرچنگ[3]، و خرچنگِ گوشه‌گیر[4] (که البته واقعاً خرچنگ نیستند) را شامل می‌شود. نقشهٔ بدنِ تمامِ سخت‌پوستان یکسان است. اسکلتِ ما مهره‌داران شاملِ استخوان‌هایی سخت در درونِ بدنی نرم است، اما سخت‌پوستان ***استخوان‌بندی‌ای بیرونی***[5] دارند که شاملِ لوله‌هایی سخت است که حیوانْ اجزاءِ نرمش را درونِ آن حفاظت می‌کند. این لوله‌هایِ سخت، به حالتی شبیهِ استخوان‌هایِ بدنِ ما، به یک‌دیگر متصل شده‌اند و میان‌شان مفصل وجود دارد. برایِ نمونه، مفصل‌هایِ ظریفِ پایِ خرچنگ و شاه‌میگو یا مفصلِ تنومندترِ چنگک‌هایِ[6] آن‌ها را در نظر بگیرید. عضلاتی که نیرویِ نیشگونِ شاه‌میگو را تأمین می‌کنند درونِ لوله‌هایِ تشکیل‌دهندهٔ چنگک قرار دارند. عضلهٔ معادلِ آن در انسان، هنگامِ نیشگون گرفتن، به استخوان‌هایی متصل است که از وسطِ انگشت و شست می‌گذرند.

سخت‌پوستان — همچون مهره‌داران اما بر خلافِ توتیایِ دریایی[7] یا عروسِ دریایی — چپ و راست‌شان قرینهٔ یک‌دیگر است و اجزائی از بدن‌شان نیز، از سر تا دُم، امتداد یافته‌اند. طرحِ مبناییِ این اجزاء همانندِ یک‌دیگر است، اما جزئیات‌شان معمولاً با هم فرق دارد. هر جزء از لوله‌ای کوچک تشکیل شده است که — به صورتِ سخت یا از طریقِ یک مفصل — به دو قسمتِ

---

[1] decapod crustaceans

[2] prawn

[3] crab

[4] hermit crab

[5] exoskeleton

[6] claw

[7] sea urchin

مجاورش متصل شده است. اعضاء و دستگاه‌های زیستیِ یک سخت‌پوست، همچون مهره‌داران، از جلو به عقب، الگویی تکرارشونده دارند. برای نمونه، کندهٔ عصبیِ اصلی[۱]، که طول بدن را، در سمت شکمی[۲] (نه مانندِ نخاعِ مهره‌داران در قسمتِ فوقانی[۳])، پوشش می‌دهد شاملِ یک جفت گانگلیون[۴] (نوعی مغزِ کوچک[vi]) در هر جزء است. از هر جزء اعصابی بیرون می‌آیند که وظیفهٔ تأمینِ <نیرو> برایِ آن جزء را بر عهده دارند. بیشترِ اجزاء بازویی در هر سمت دارد. هر بازو نیز از مجموعه لوله‌هایِ مختلفی تشکیل شده است که از طریقِ مفاصلی به یک‌دیگر متصل شده‌اند. بازوهایِ سخت‌پوستان به دو شاخه منشعب می‌شوند که، در بسیاری از موارد، می‌توان آن‌ها را چنگک نامید. سر نیز چندجزئی است، اما الگویِ چندپارگیِ آن، همچون سرِ مهره‌داران، در این جا پوشیده‌تر از دیگر نقاطِ بدن است. پنج جفت بازویِ ریز نیز در سرشان قرار دارد، اما شاید عجیب باشد که آن‌ها را «بازو» بخوانیم؛ چرا که به گونه‌ای اصلاح شده‌اند که به عنوانِ شاخک یا اجزائی از مجموعهٔ فک عمل کنند. از این رو، معمولاً به آن‌ها برآمدگی[۵] می‌گوییم، نه بازو[۶]. تقریباً بدونِ استثناء، این پنج برآمدگیِ چندپارهٔ سر چنین نامیده می‌شوند (از جلو <به عقب>): شاخک‌هایِ اول[۷] (یا آنتنول‌ها[۸])، شاخک‌هایِ دوم[۹] (که معمولاً به آن‌ها صرفاً «شاخک[۱۰]» می‌گویند)، مَندیبل‌ها[۱۱]، ماکسیلاهایِ

---

[1] nerve trunk

[2] ventral

[3] dorsal

[4] ganglion

[5] appendage

[6] limb

[7] first antennae

[8] antennules

[9] second antennae

[10] antennae

[11] mandible

نخست[1] (یا ماکسیلول‌ها[2])، و ماکسیلاهای دوم[3]. معمولاً وظیفهٔ آنتنول‌ها و شاخک‌ها حس کردنِ چیزهایِ مختلف است. مَندیبل‌ها و ماکسیلاها نیز با جویدن، آسیاب کردن، یا دیگر روش‌هایِ فرآوریِ غذا سر-و-کار دارند. همین طور که به سمتِ پشت حرکت می‌کنیم، برآمدگی‌ها یا بازوهایِ چندپاره <،در موجوداتِ مختلف، کاربردهایِ> مختلفی پیدا می‌کنند. برآمدگی‌هایِ میانی معمولاً پاهایی هستند که به کمکِ آن حرکت می‌کنند و برآمدگی‌هایی که از انتهایی‌ترین جزء بیرون آمده‌اند معمولاً در انجامِ فعالیت‌هایِ دیگر، همچون شنا، ایفایِ نقش می‌کنند.

در شاه‌میگو یا میگو، اولین <جفت> برآمدگی‌هایِ بدن، که پس از پنج برآمدگیِ سر قرار دارند، چنگک‌ها هستند. چهار جفتِ دیگر پاهایی برایِ حرکت <بر رویِ زمین> هستند. اجزائی که چنگک‌ها و پاها را نگه می‌دارند، در کنارِ یک‌دیگر، جمع شده‌اند و سینه‌گاه (توراکس[4]) را تشکیل می‌دهند. به بقیهٔ بدن شکم‌گاه[5] گفته می‌شود. به اجزاءِ آن، دستِ کم تا جایی که به نوکِ دُم می‌رسید، «شنا-پا» گفته می‌شود. شنا-پاها برآمدگی‌هایی پُرزدار هستند که در شنا به کار می‌آیند. این اجزاء نقشِ بسیار مهمی را در شنایِ برخی از میگوهایِ ظریف و خوش‌فرم ایفا می‌کنند. در بدنِ خرچنگ، سر و سینه‌گاه به هم متصل شده است و بخشی بزرگ و واحد را تشکیل می‌دهد که تمامِ ده جفت بازویِ نخست به آن متصل شده‌اند. شکم‌گاه نیز زیرِ سر یا سینه‌گاه رفته است، طوری‌که از بالا پیدا نیست. اما اگر خرچنگی را بر گردانید، می‌توانید الگویِ چندپارهٔ شکم‌گاهش را به روشنی مشاهده کنید. شکل ۶۶ شکم‌گاهِ باریک و خاصِّ خرچنگی نر را نشان می‌دهد. شکم‌گاهِ <خرچنگِ> ماده پهن‌تر است و به پیش‌بند شباهت دارد. به همین خاطر هم واقعاً به آن «پیش‌بند» می‌گویند. خرچنگ‌هایِ گوشه‌گیر نامعمول هستند؛ چرا که شکم‌گاهی نامتقارن دارند (به این خاطر که

---

[1] first maxillae

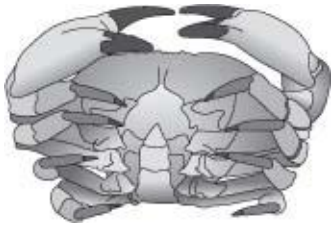
[2] maxillules

[3] second maxillae

[4] thorax

[5] abdomen

شکم‌گاهش بتواند در پوستهٔ صدفی‌ای که خانه‌اش است جای بگیرد). همچنین، شکم‌گاهِ آن‌ها نرم و بدونِ حفاظ است؛ چرا که پوستهٔ صدفیِ آن از آن محافظت می‌کند.



**شکل ٦٦ - شکم‌گاهِ باریک و به‌عقب‌برگشتهٔ خرچنگِ نر**

برایِ این که تا اندازه‌ای دستگیرتان شود که جزئیاتِ بدنِ سخت‌پوستان چگونه اصلاح شده است حال آن‌که نقشهٔ کلیِ بدن‌شان همه یکسان است، به مجموعه نقاشی‌هایِ شکل ۶۷ نگاه کنید. این نقاشی‌ها اثرِ جانورشناسِ نامیِ قرنِ نوزدهم، ارنْست هِکِل[1]، است. او شاید از مخلص‌ترین مریدانِ داروین در آلمان بوده است. (این ارادت فرصتِ دوطرفه شدن را نیافت، اما مطمئناً داروین اگر مهارتِ هِکِل را در نقاشی می‌دید آن را می‌ستود.) مانندِ کاری که در بحثِ اسکلتِ مهره‌داران انجام دادیم، به هر قسمت از بدنِ این خرچنگ‌ها و خارچنگ‌ها خواهم پرداخت و نشان خواهیم داد که چگونه، بدونِ استثناء، دقیقاً متناظرِ آن‌ها نیز در بدنِ دیگر <سخت‌پوستان> دیده می‌شود. هر جزء از استخوان‌بندی‌ای بیرونی به جزءِ «یکسان»ی متصل شده است، اما شکلِ اجزاء با یک‌دیگر متفاوت‌اند. در اینجا نیز، خودِ «اسکلت» بدونِ تغییر است، اما اجزاءِ آن اصلاً. و باز هم تفسیرِ آشکار و، به نظرِ من، تنها تفسیرِ منطقیِ این پدیده‌ها این است که همهٔ این سخت‌پوستان طرحِ اسکلتِ خود را از نیایی مشترک به ارث برده‌اند. سپس، تک‌تکِ اجزاء به اشکالِ بسیار فراوان و مختلف در آمده‌اند. اما خودِ طرحِ <کلی>، دقیقاً، همان چیزی است که از نیایِ <مشترکِ> خود گرفته‌اند.

[1] Ernst Haeckel

## اگر دارسی تامپسون[1] رایانه داشت، با آن چه می‌کرد؟

در سال ۱۹۱۷، دارسی تامپسون، جانورشناسِ برجستهٔ اسکاتلندی، کتابی نوشت به نامِ ***در بابِ رشد و شکل***[2]. او، در فصلِ آخرِ کتاب، روشِ مشهورِ خود، به نامِ «روشِ تبدیل‌ها[3]»، را معرفی کرد.[vii] تامپسون نقشِ یک حیوان را بر رویِ یک کاغذِ شطرنجی می‌کشید و، سپس، مطابقِ محاسباتِ ریاضی، در کاغذِ شطرنجی تغییر ایجاد می‌کرد و نشان می‌داد که شکلِ حیوانِ اولیه به حیوانِ مرتبطِ دیگری تبدیل می‌شود. می‌توانید کاغذِ شطرنجیِ اولیه را یک نوارِ کشی در نظر بگیرید که شکلِ حیوانِ اولیه بر رویِ آن رسم می‌شود. سپس، کاغذِ شطرنجیِ تغییرِ-شکل-یافته همان نوارِ کشیِ اولیه خواهد بود که کش آمده و، مطابقِ محاسباتِ ریاضی، شکلِ جدیدی را به خود گرفته است. برایِ نمونه، او شش گونه خرچنگ را انتخاب می‌کرد و یکی از آن‌ها، مثلاً <خرچنگ> *گِروئون*[4]، را رویِ یک کاغذِ شطرنجیِ معمولی (نوارِ کشیِ دست‌نخورده) رسم می‌کرد. سپس، آن نوارِ کشی را، مطابقِ محاسباتِ ریاضی، به پنج شیوهٔ مجزا، تغییرِ شکل می‌داد تا به نمودی تقریبی از یکی از پنج گونه خرچنگِ دیگر دست یابد. جزئیاتِ آن محاسبات، در عینِ جذابیت <در این بحث> برایِ ما اهمیت ندارد. چنان که به روشنی پیداست، تبدیلِ یک گونه خرچنگ به گونه‌ای دیگر خیلی هم کار نمی‌برد. دارسی تامپسون خود علاقهٔ چندانی به فرگشت نداشت، اما به سادگی می‌توان تصور کرد که جهش‌هایِ ژنتیکی باید در چه جهتی صورت بگیرند تا این تغییرات حاصل شود. نباید چنین برداشت شود که *گِروئون*، یا گونه‌ای دیگر از آن شش خرچنگ، نیایِ دیگر خرچنگ‌ها هستند. هیچ کدام‌شان <گونه‌ای> نیاکانی نبوده‌اند و، به هر حال، نکتهٔ اصلی هم این نیست. نکتهٔ اصلی این است

---

[1] D’Arcy Thompson

[2] On Growth and Form

[3] method of transformations

[4] Geyon

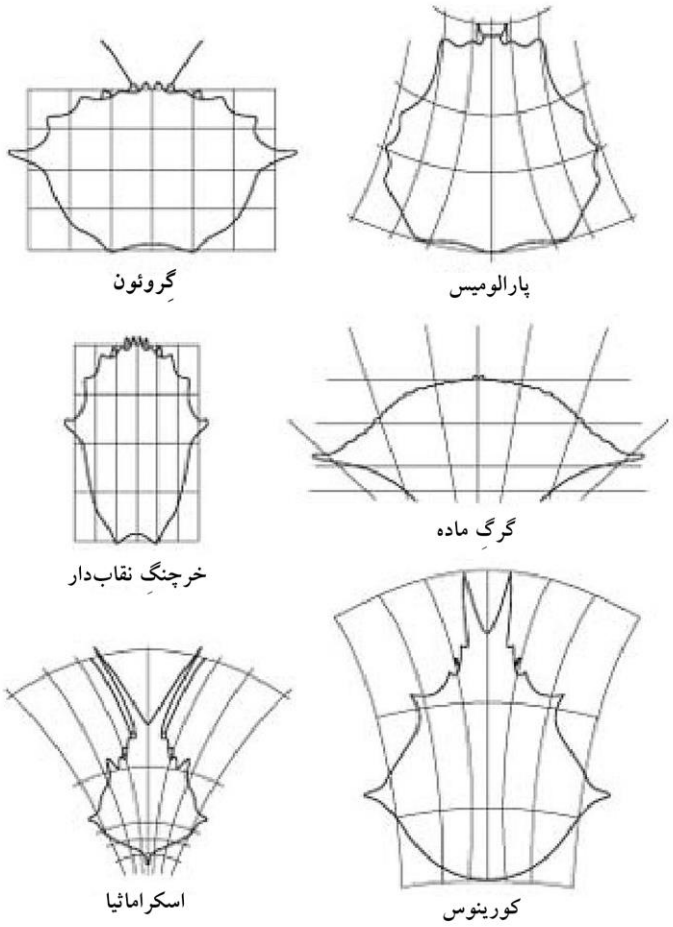
که خرچنگِ نیاکانی به هر شکلی که بوده باشد، تبدیلی از این ***نوع*** می‌تواند هر یک از این شش گونه خرچنگ (یا هر گونه‌ای که از گونه‌هایِ نیاکانی تلقی می‌شود) را به گونه‌هایِ دیگر تبدیل کند.

**شکل ٦٧ - سخت‌پوستانِ هِکِل: اِرنْست هِکِل جانورشناسِ برجستهٔ آلمانی و هنرمندی چیره‌دست در جانورشناسی بود**

فرگشت هرگز به این صورت رخ نداده است که <طبیعت> شکلِ بالغِ <گونه‌ای> را انتخاب کند و آن را به تبدیل به شکلی دیگر ترغیب کند. توجه داشته باشید که هر شکلِ بالغی، در قالبِ رویان، رشد می‌کند. جهش‌هایِ انتخابی، با تغییرِ سرعتِ رشدِ قسمت‌هایِ مختلفِ بدن در مقایسه با دیگر اجزاء، بر رشدِ رویان اثر می‌گذارند. در فصلِ ۷، چنین نتیجه گرفتیم که فرگشتِ جمجمهٔ انسان حاصلِ مجموعه‌ای از تغییرات در سرعتِ رشدِ بعضی اجزاء، نسبت به اجزاءِ دیگر، است و این ژن‌ها هستند که سرعتِ رشدِ اجزایِ مختلف را، در رویانِ در-حالِ-رشد، تعیین می‌کنند. پس، باید انتظار داشته باشیم که اگر جمجمهٔ انسانی را بر رویِ «نوارِ کشیِ ریاضیاتی» رسم کنیم، باید این امکان وجود داشته باشد که، با ایجادِ تغییراتی منظم و ریاضیاتی، بتوانیم به چیزی نسبتاً شبیه به یکی از

خویشاوندانِ نزدیک، همچون شامپانزه، دست یابیم و، با دست‌کاریِ بیشتر، بتوانیم به خویشاوندی دورتر، همچون بابون[1]، دست یابیم. و این دقیقاً همان چیزی است که دارسی تامپسون ثابت کرده بود. باز هم تأکید می‌کنم، این که اول جمجمهٔ انسان را رسم کنیم و بعد آن را به جمجمهٔ شامپانزه و بابون تبدیل کنیم تصمیمی آگاهانه و عمدی بود. این کار، به همین اندازه، ممکن بود که دارسی نخست جمجمهٔ شامپانزه را رسم کند و حساب کند که چه تغییراتی لازم است داده شود تا به جمجمهٔ انسان یا بابون دست یابد. یا، چیزی که می‌تواند برایِ کتابی که دربارهٔ فرگشت است — که البته کتابِ او در این باره نبود — جالب‌تر باشد این است که، مثلاً، اول جمجمهٔ یک *استرالوپیتِکوس* را بر رویِ یک نوارِ کشیِ دست‌نخورده رسم کنیم و، سپس، محاسبه کنیم که چه طور می‌توانیم آن را به جمجمهٔ یک انسانِ امروزی تبدیل کنیم. چنین چیزی به خوبیِ تصویرهایِ نشان داده شده در شکل ۶۹ عملی می‌بود و، از لحاظِ فرگشتی نیز، معنادارتر بود.

[1] baboon




**شکل ٦٨ - «تبدیلاتِ» خرچنگِ دارسی تامپسون**

**شکل ٦٩ - «تبدیلاتِ» جمجمه‌ایِ دارسی تامپسون**

در آغازِ این فصل، با مثال آوردن از دستانِ خفاش و انسان، مفهومِ «هم‌ساخت بودن» را معرفی کردم. با استفاده از زبان به طرزی خاص، این نکته را بیان کردم که اسکلتِ این موجودات همانندِ هم‌اند، اما استخوان‌هاشان متفاوت است. تبدیلاتِ دارسی تامپسون روشی را در اختیارِ ما

می‌گذارد که به کمکِ آن می‌توانیم این ایده را دقیق‌تر نشان دهیم. طبقِ این رویکرد، دو عضو — مثلاً، دستِ خفاش و دستِ انسان — در صورتی هم‌ساخت هستند که بتوان یکی را بر رویِ نواری کشی رسم کرد و، سپس، آن را دستکاری کرد و به دیگری دست یافت. ریاضی‌دانان برایِ چنین اَشکالی یک اصطلاحِ خاص دارند: «همسان‌ریخت[1]». [viii]

جانورشناسان، پیش از داروین، هم‌ساخت بودن را به رسمیت شناخته بودند و پیش‌فرگشت‌گرایان، برایِ مثال، بالِ خفاش و دستِ انسان را هم‌ساخت می‌دانستند. اگر به اندازهٔ کافی از ریاضیات سر در می‌آوردند، حتماً از واژهٔ «همسان‌ریخت» استفاده می‌کردند. پس از داروین، وقتی که اجماعِ عمومی صورت گرفت که خفاش و انسان نیایی مشترک داشته‌اند، جانورشناسان شروع به ارائهٔ تعریف‌هایی از هم‌ساخت بودن، بر اساسِ فرگشت، کردند. شباهت‌هایِ هم‌ساخت <ویژگی‌هایی> هستند که از نیایی مشترک به ارث برده شده‌اند. اصطلاحِ «همانند[2]» نیز برایِ اشاره به شباهت در کاربرد — و نه شباهت در نیا — به کار می‌رود. برایِ نمونه، بالِ خفاش و بالِ یک حشره همانند تلقی می‌شوند، بالِ خفاش و دستِ انسان هم‌ساخت هستند. اگر قصدمان این است که از هم‌ساخت بودن به عنوانِ مدرکی برایِ اثباتِ امرِ واقعیِ فرگشت استفاده کنیم، نمی‌توانیم در تعریفِ آن از فرگشت کمک بگیریم.[3] از این رو، برایِ این هدف، بهتر است که به تعریفِ پیش‌فرگشتیِ هم‌ساخت بودن روی بیاوریم. بالِ خفاش و دستِ انسان همسان‌ریخت هستند. یعنی می‌توانید، با رسمِ یکی بر رویِ نوارِ کشی و دست‌کاری‌اش، آن را به دیگری تبدیل کنید. اما بالِ خفاش را نمی‌توان بدین شکل به بالِ حشره تبدیل کرد؛ چرا که اجزایِ متناظری ندارند. وجودِ مواردِ فراوانِ همسان‌ریختی، که به زبانِ فرگشتی تعریف نشده است، را می‌توان به عنوانِ مدرکی برایِ اثباتِ

---

[1] homeomorphic

[2] analogous

[3] منظور داوکینز این است که با این کار به استدلال دَوری متوسل شده است، مغالطه‌ای که در سراسر کتاب از آن پرهیز کرده است. ویراستار

فرگشت به کار برد. به سادگی می‌توان دید که فرگشت چگونه در دستِ یک مهره‌دار تغییر ایجاد می‌کند و آن را، صرفاً با تغییرِ سرعتِ رشدِ نسبیِ اجزایِ آن در رویان، به دستِ مهره‌داری دیگر تبدیل می‌کند.

من در دهۀ ۱۹۶۰، زمانی که دانشجویِ مقطعِ کارشناسیِ ارشد بودم، با رایانه آشنا شدم و، از آن زمان، همیشه با خودم فکر کرده‌ام که اگر دارسی تامپسون رایانه در اختیار داشت، با آن چه می‌کرد؟ از دهۀ ۱۹۸۰، که رایانه‌هایِ ارزان‌قیمتِ نمایشگردار واردِ بازار شدند (رایانه‌هایِ گذشته <خروجی را> با چاپگر بر رویِ کاغذ چاپ می‌کردند)، جدی‌تر به این سؤال فکر کردم. کشیدنِ طرح بر رویِ نوارِ کشی و ، بعد، دست‌کاریِ سطحِ آن بر اساسِ محاسباتِ ریاضی؛ این ایده برایِ عملی شدن *منتظرِ* رویِ کار آمدنِ رایانه بود! از این رو، پیشنهاد دادم که دانشگاهِ آکسفورد بودجه‌ای را برایِ استخدامِ یک برنامه‌نویس تدارک ببیند تا <برنامه‌ای> بنویسد که تبدیلاتِ دارسی تامپسون را، به گونه‌ای کاربرپسند، بر رویِ نمایشگرِ رایانه نشان دهد. سرانجام، توانستیم بودجه را از دانشگاه بگیریم و با آن ویل اَتکینسون[1] را، که برنامه‌نویس و زیست‌شناسی درجه‌یک بود، استخدام کردیم. این همکاری آغازگرِ یک دوستی بود و او، از آن پس، در پروژه‌هایِ برنامه‌نویسی‌ام به من کمک می‌کرد. پس از این‌که توانست بر مسئلۀ غامضِ برنامه‌نویسی برای گنجینه‌ای غنی از دست‌کاری‌هایِ ریاضیاتی در «نوارِ کشی» فائق بیاید، تقریباً برایش آسان بود که این جادویِ ریاضیاتی را، در برنامه‌ای برایِ انتخابِ مصنوعی به سبکِ بیومورف — مشابهِ برنامه‌هایِ «بیومورف» خودم، که، در فصلِ ۲، از آن‌ها سخن گفتم — به کار گیرد. مانندِ برنامۀ خودم، «بازی‌کن» با صفحه‌ای پر از شکل‌هایِ حیواناتِ مختلف مواجه می‌شد و از او خواسته می‌شد که یکی از آن‌ها را برایِ «اصلاحِ نژاد»، در طیِ چند نسل، انتخاب کند. باز تأکید می‌کنم که این «ژن»ها بودند که طیِ نسل‌هایِ متمادی بر جا می‌ماندند و، باز، این ژن‌ها بودند که در شکلِ «حیوانات» تغییر ایجاد می‌کردند. اما، در این مورد،

[1] Will Atkinson

ژن‌ها، از طریقِ کنترلِ نحوهٔ دست‌کاری در «نوارِ کشی»ای که شکلِ حیوان بر آن رسم شده است، بر شکلِ حیوان تأثیر می‌گذارند. پس، از لحاظِ نظری، باید این امکان وجود می‌داشت که، مثلاً، با رسمِ یک *استرالوپیتکوس* بر «نوارِ کشیِ» دست‌کاری‌نشده، بازی را شروع کنیم و اصلاحِ نژاد را، به تدریج، به سمتِ موجوداتی با کاسهٔ سرِ بزرگ‌تر و پوزه‌هایی کوچک‌تر (به بیانِ دیگر، رفته–رفته به سمتِ موجودی انسان‌گونه‌تر)، پیش ببریم. در عمل، انجامِ چنین چیزی بسیار دشوار بود و، به نظرِ من، همین‌اش آن را جالب می‌کرد.

به نظرم، یکی از دلایلِ دشواریِ این کار نیز این است که تبدیلاتِ دارسی تامپسون یک گونهٔ ***بزرگ‌سال*** را به گونهٔ بزرگ‌سالی دیگر تبدیل می‌کنند. همان گونه که در فصلِ ۸ نیز تأکید کردم، نحوهٔ عملکردِ ژن‌ها در فرگشت این گونه نیست. فرد–فردِ حیواناتْ پیشینهٔ رشدی <منحصر به خود> دارند. حیوان رشدِ خود را از حالتِ رویانی شروع می‌کند و اجزاءِ آن، با نسبتِ رشدی متفاوت، تا مرحلهٔ بزرگ‌سالی رشد می‌کنند. فرگشت تغییرِ گونه‌ای بزرگ‌سال به بزرگ‌سالی دیگر، تحتِ کنترلِ ژن، نیست، بلکه تغییری در «برنامهٔ» رشد است که، تحتِ کنترلِ ژن، انجام می‌شود. جولیان هاکسلی[1] (نوهٔ توماس هنری[2] و برادرِ آلدوس[3])، اندکی پس از انتشارِ نخستین نسخهٔ کتابِ دارسی تامپسون، متوجهِ این نکته شد و «روشِ تبدیلات» دارسی را اصلاح کرد و با آن نحوهٔ تغییرِ رویان، در مراحلِ اولیهٔ رشد، و تبدیلِ آن به رویان، در مراحلِ بعدیِ رشد، و، سرانجام، تبدیلِ آن به گونه‌ای بزرگ‌سال را بررسی کرد. در اینجا، بیش از این به روشِ تبدیلاتِ دارسی تامپسون نمی‌پردازم. اما، در فصلِ آخر، برایِ بیانِ نکته‌ای مرتبط، دوباره به این مطلب باز خواهم گشت.

همان گونه که در آغازِ فصل گفتم، شواهدِ حاصل از مقایسه، بیش از شواهدِ فسیلی، ما را به پذیرشِ امرِ واقعیِ فرگشت مُجاب می‌کنند. خودِ داروین هم، در پایانِ فصلِ نهاییِ ***خاستگاهِ***

---

[1] Julian Huxley

[2] T. H/Thomas Henry Huxley

[3] Aldous Huxley

***گونه‌ها***، که دربارهٔ «قرابت‌هایِ دوطرفهٔ موجوداتِ آلی[1]» سخن می‌گوید، دیدگاهِ مشابهی را مطرح می‌کند:

> مخلصِ کلام این که مجموعه حقایقِ بررسی‌شده در این فصل به روشنی بیان می‌کنند که گونه‌ها، سرده‌ها، و خانواده‌هایِ موجوداتِ آلی، که جهان را پر کرده‌اند، همهٔ آن‌هایی که به یک کلاس یا گروه تعلق دارند، از والدینی مشترک به وجود آمده‌اند و، طیِ نسل‌هایِ متمادی، اصلاح شده‌اند. این بیان چنان روشن است که، حتی اگر حقایق و استدلال‌هایِ دیگری هم در تأییدِ آن وجود نداشت، با اطمینان آن را می‌پذیرفتم.

## مقایسه‌هایِ ملکولی

چیزی که داروین نمی‌دانست — و نمی‌توانست که بداند — این بود که شواهدِ حاصل از مقایسه، وقتی که ژنتیکِ مولکولی هم به آن اضافه شود، از شواهدِ حاصل از مقایسه‌های آناتومیک (که به آن‌ها دسترسی داشت) متقاعدکننده‌تر هم می‌شوند.

درست همان گونه که اسکلتِ مهره‌داران، در میانِ تمامِ مهره‌داران، یکسان است و این استخوان‌هایِ واحد هستند که تغییر می‌کنند و درست همان گونه که استخوان‌بندیِ بیرونیِ سخت‌پوستان، در میانِ همهٔ سخت‌پوستان، بدونِ تغییر است و این «لوله»هایِ واحد هستند که تغییر می‌کنند؛ کدِ دی.ان.ای هم، در میانِ همهٔ موجوداتِ زنده، ثابت است و این ژن‌هایِ واحد هستند که تغییر می‌کنند. این واقعیت به راستی واقعیتی شگفت‌انگیز است؛ چرا که روشن‌تر از هر چیزِ دیگری، به روشنی، نشان می‌دهد که همهٔ موجوداتِ زنده از یک نیا به وجود آمده‌اند. نه تنها کدِ ژنتیکی، بلکه

---

[1] organic

کلِ سامانهٔ ژن یا پروتئینِ گردانندهٔ حیات، که در فصلِ ۸ به آن پرداختیم، در همهٔ حیوانات، گیاهان، قارچ‌ها[1]، باکتری‌ها، و آرکیاها[2]، و ویروس‌ها یکسان است. چیزی که متغیر است آن چیزی است که به زبانِ آن کد نوشته شده، نه خودِ کد. و وقتی که، با نگاهی مقایسه‌گرایانه، به آنچه که به زبانِ آن کد نوشته شده است (دنباله‌هایِ ژنتیکیِ موجود در موجوداتِ مختلف) نگاه می‌کنیم، درختِ سلسله‌مراتبیِ یکسانی از شباهت‌ها را شاهد خواهیم بود. همان ***نمودارِ درختی***ای[3] که برایِ شباهتِ میانِ اسکلتِ مهره‌داران، اسکلتِ سخت‌پوستان، و حقیقتاً هر گونه الگویِ شباهتِ آناتومیکِ میانِ جانداران مشاهده کردیم، باری، دوباره در این جا نیز مشابهش را مشاهده خواهیم کرد، اما با جزئیاتی ظریف‌تر و قانع‌کننده‌تر.

اگر بخواهیم قرابتِ خویشاوندیِ دو گونه، مثلاً یک جوجه‌تیغی[4] و میمون، را بسنجیم، روشِ ایده‌آل این است که کلِ «متنِ» مولکولیِ تک-تکِ ژن‌هایِ هر دو گونه را بررسی کنیم و نقطه-به-نقطه و حرف-به-حرفِ آن دو را با هم مقایسه کنیم؛ یعنی همان گونه که یک پژوهشگرِ کتابِ مقدس دو نسخه یا بخش از کتابِ اشعیا[5] را مقایسه می‌کند. اما این کار زمان‌بر و پرخرج است. پروژهٔ ژنومِ انسان حدودِ ده سال زمان برد و کاری که در این دهه انجام شد، معادلِ کارِ چندین فرد، در چند قرن، بوده است. با این که رسیدن به نتایجی مشابه اکنون کسری از آن زمان به طول می‌انجامد، همچنان پروژه‌ای مشابه، همچون پروژهٔ ژنومِ جوجه‌تیغی، کاری بزرگ و پرخرج خواهد بود. مثلِ فرودِ انسان با آپولو بر ماه، مثلِ ساختِ برخورددهندهٔ هادرونیِ بزرگ[6] (هم اکنون که در حالِ نگاشتنِ این سطورام، این دستگاه را در ژنو روشن کردند. هنگامِ بازدید از این برخورددهنده، که

---

[1] fungus; fungi

[2] archaea

[3] family tree

[4] hedgehog

[5] Isaiah

[6] Large Hadron Collider

حاصلِ تلاشی بین‌المللی است، از عظمتِ آن، اشک در چشمانم حلقه می‌زد)، رمزگشاییِ ژنومِ انسان یکی از آن دستاوردهایی است که باعث می‌شود به انسان بودن‌ام افتخار کنم. اکنون، از این که پروژهٔ ژنومِ شامپانزه و مشابهِ آن برایِ دیگر گونه‌ها، با موفقیت، به انجام رسیده است، خوشحالم. اگر سرعتِ پیشرفتِ کنونی ادامه یابد (به «قانونِ هاجکین[1]»، در ادامه، مراجعه کنید)، به زودی، تعیینِ توالیِ[2] هر دو گونه‌ای که مایل به تعیینِ قرابتِ خویشاوندی‌شان هستیم، از لحاظِ اقتصادی، ممکن خواهد شد. تا زمانی که این امر محقق شود، عمدتاً باید به نمونه‌برداری از بخش‌هایِ خاصی از ژنومِ گونه‌هایِ مختلف بسنده کنیم که البته جواب‌هایِ خوبی هم به ما می‌دهد.

این نمونه‌برداری با انتخابِ چند ژن (یا پروتئین‌هایی که دنباله‌هاشان مستقیماً از رویِ ژن‌ها «ترجمه» شده است) و مقایسهٔ آن‌ها با گونه‌هایِ مختلف صورت می‌گیرد. به زودی، به توضیحِ این فرآیند خواهم پرداخت. اما روش‌هایِ دیگری نیز برایِ انجامِ نوعی نمونه‌برداریِ خودکار و کم‌دقت‌تر و ابتدایی‌تر نیز وجود دارد که فناوری‌هایِ لازم جهتِ انجام‌شان قدمتِ بیشتری دارند. در یکی از نخستین روش‌ها — که به طرزِ شگفت‌انگیزی هم خوب جواب می‌دهد — از سیستمِ ایمنیِ[3] خرگوش استفاده می‌شود. (در واقع، استفاده از <سیستمِ ایمنیِ> هر حیوانی ممکن است، اما <سیستمِ ایمنیِ> خرگوش خیلی خوب جواب می‌دهد.) یکی از شیوه‌هایِ دفاعِ طبیعیِ سیستمِ ایمنیِ خرگوش تولیدِ پادتَن[4] در برابرِ هر پروتئینِ خارجی است که واردِ جریانِ خون می‌شود. همان گونه که با بررسیِ پادتَن‌هایِ درونِ خونِ من، خواهید فهمید که زمانی مبتلاء به سیاه‌سرفه[5] بوده‌ام، با بررسیِ پاسخِ ایمنیِ کنونیِ خرگوش نیز می‌توانید بفهمید که، در گذشته، در معرضِ چه چیزهایی قرار گرفته است. پادتَن‌هایِ موجود در بدنِ خرگوش پیشینهٔ شوک‌هایِ طبیعی، که با پوست-و-تنِ او آشنا شده

---

[1] Hodgkin's Law

[2] sequence

[3] immune system

[4] antibody

[5] whooping cough

است، را در خود دارند؛ از جمله پروتئین‌هایی که به صورتِ مصنوعی به آن تزریق شده‌اند. مثلاً، اگر پروتئینِ شامپانزه را به خرگوش تزریق کنید، پادتَن‌هایی که تولید می‌کند بعداً در حمله به همان پروتئین، در صورتِ تزریقِ دوباره، استفاده خواهند شد. اما فرض کنید که پروتئینی که سریِ بعد تزریق می‌کنیم، پروتئینی همسان اما نه از بدنِ شامپانزه، بلکه از بدنِ گوریل باشد. این که خرگوش قبلاً در معرضِ پروتئینِ شامپانزه قرار گرفته است، آن را ***تا اندازه‌ای*** در برابرِ نسخهٔ گوریلیِ آن پروتئین «تجهیز» کرده است و، از این رو، واکنشِ ضعیفی به آن نشان خواهد داد. همچنین، آن پروتئین خرگوش را در برابرِ نسخهٔ کانگورویی پروتئین نیز تجهیز کرده است، اما واکنشِ <سیستمِ ایمنیِ خرگوش> باز هم ضعیف‌تر خواهد بود؛ چرا که کانگورو با شامپانزه — که بدنِ خرگوش را، در ابتدایِ امر، «تجهیز» کرده بود — خویشاوندیِ دورتری دارد. شدتِ پاسخِ ایمنیِ خرگوش به تزریقِ پروتئینی که در مرحلهٔ بعد تزریق می‌شود مقیاسی برایِ سنجشِ شباهتِ آن پروتئین به پروتئینِ اولیه‌ای است که خرگوش در معرضِ آن قرار گرفته است. با استفاده از این روش، یعنی استفاده از خرگوش، بود که وینسنت ساریچ[1] و آلن ویلسون[2]، در دههٔ ۱۹۶۰، در دانشگاهِ کالیفرنیا، برکلی، ثابت کردند که خویشاوندیِ انسان و شامپانزه، از آن چیزی که پیشتر تصور می‌شده است، نزدیک‌تر هم هست.

روش‌هایی نیز وجود دارند که در آن‌ها، به جایِ استفاده از پروتئین‌هایی که توسطِ ژن‌ها رمزنگاری شده‌اند، از خودِ آن ژن‌ها استفاده می‌کنند و آن‌ها را مستقیماً بینِ گونه‌هایِ مختلف مقایسه می‌کنند. یکی از قدیمی‌ترین و مؤثرینِ این روش‌ها «دورگه‌سازیِ دی.ان.ای[3]» نام دارد. دورگه‌سازیِ دی.ان.ای است که پشتِ بیانیه‌هایی از این دست قرار دارد: «۹۸ درصدِ ژن‌هایِ انسان و شامپانزه مشترک است». البته این را هم باید گفت که گاه دربارهٔ معنایِ دقیقِ این ارقام و درصدها

---

[1] Vincent Sarich

[2] Allan Wilson

[3] DNA hybridization

سردرگمی‌هایی به وجود می‌آید. نود و هشت درصدِ ***چه چیزی*** همانند است؟ عددِ دقیقْ به بزرگیِ واحدِ شمارشِ ما بستگی دارد. قیاسی ساده می‌تواند به روشن شدنِ این موضوع کمک کند؛ آن هم به شیوه‌ای جالب. چرا که تفاوت‌هایِ میانِ قیاس و امرِ واقعی، به اندازهٔ شباهت‌ها، به روشنیِ بحث کمک می‌کند. فرض کنید از یک کتاب دو نسخه داریم و می‌خواهیم آن‌ها را با هم مقایسه کنیم. مثلاً کتابِ موردِ نظر کتابِ دانیال[1] است و می‌خواهیم نسخهٔ قانونیِ[2] آن را با نبشته‌ای کهن، که به تازگی در کوهی مشرف بر بحرالمیّت[3] یافت شده است، مقایسه کنیم. چه درصدی از فصولِ این دو کتاب همانندِ هم‌اند؟ احتمالاً صفر درصد؛ چرا که تنها یک اختلاف، در هر جایی از نوشته، باعث می‌شود که رأی بر ناهمانند بودنِ این دو نسخه دهیم. چه درصدی از ***جمله‌هاشان*** همانند است؟ حال درصد بالاتر خواهد بود. درصدِ واژگانِ مشابه بیشتر هم خواهد بود؛ چرا که حروفِ واژگان از حروفِ جمله کمتر است. یعنی احتمالِ از بین رفتنِ همانندی کمتر خواهد بود. اما همچنان اگر حتی یک حرف هم از دو واژه متفاوت باشد، دیگر همانند محسوب نخواهند شد. بنابراین، اگر دو متن را کنارِ یک‌دیگر بگذارید و حرف–حرفِ آن‌ها را با هم مقایسه کنید، درصدِ همانندیِ حروف از درصدِ همانندیِ واژگان نیز بالاتر خواهد بود. پس، تخمینِ «٪۹۸ ژنِ مشترک» تنها زمانی معنا پیدا می‌کند که بزرگیِ واحدِ مقایسه را تعیین کنیم. واحدِ اندازه‌گیری‌مان فصل است؟ کلمه است؟ حرف است؟ اصلاً چه چیزی است؟ همین مطلب در موردِ مقایسهٔ دی.ان.ایِ دو گونه نیز صدق می‌کند. اگر

---

[1] Daniel

[2] کتابِ مقدس به صورتِ امروزینِ خود مشتمل بر کتاب‌ها یا فصولی است که به دو ردهٔ کلی تقسیم می‌شوند: نخست کتاب‌هایِ قانونیِ اول که تشکیل‌دهندهٔ تمامیِ کتاب‌هایِ مقدسِ رایج‌اند؛ و سپس کتاب‌هایِ قانونیِ ثانی که تنها کاتولیک‌ها معتبرشان می‌شمارند اما یهودیان، و به پیروی از ایشان، پروتستان‌ها آن‌ها را مجعول می‌دانند. کتاب‌هایِ قانونیِ ثانی مشتمل بر هفت کتابِ ***طوبیا، یهودیت، اول و دوم مَکّابیان، حکمت سلیمان، یشوع بن سیرا، باروک***، و بخش‌هایی از کتاب‌های ***استر*** و ***دانیال*** است. ***کتاب‌هایی از عهد عتیق، کتاب‌های قانونی ثانی***، ترجمهٔ پیروزِ سیار، نشرِ نی، ص ۳۰، مقدمهٔ مترجم.

[3] the Dead Sea

کلِ کروموزوم‌ها[1] را مقایسه کنید، درصدِ اشتراک صفر خواهد بود؛ چرا که تنها یک تفاوتِ جزئی، در یک جایی از کروموزوم، کافی است که دو کروموزوم متفاوت تلقی شوند.

این ۹۸ درصد اشتراکِ ژنتیکیِ انسان و شامپانزه، که به کَرّات نقلِ قول می‌شود، در واقع نه به کروموزوم اشاره دارد و نه به کلِ ژن، بلکه به تعدادِ «حروفِ» دی.ان.ای، یا، به بیانِ تخصصی، به «جفت‌باز»هایی[2] اشاره دارد که در ژنِ انسان و شامپانزه همانند‌اند. اما تله‌ای هم در مسیرمان قرار دارد. اگر ساده‌انگارانه <ژن‌ها> را کنارِ هم بچینید، یک **حرفِ کم** (یا اضافه) — در مقابلِ یک حرفِ اشتباه — کافی است که تمامِ حروفِ بعدی با هم ناهمخوان شوند (تا زمانی که اشتباهی در جهتِ مخالف صورت گیرد و گامِ اشتباه جبران شود)؛ چرا که همهٔ حروفِ بعدی یک گام جلو یا عقب خواهند شد. ناگفته پیداست که اگر بگذاریم تخمینِ تفاوت‌ها بدین صورت افزایش یابد، از عدل به دور است. یک کارشناسِ مذهبی، که با چشمِ خود الواحِ کتابِ دانیال را بررسی می‌کند، از طریقی که کمّی کردنِ آن دشوار است، خود-به-خود این مسئله را حل می‌کند. اما چگونه می‌توانیم همین کار را با دی.ان.ای هم انجام دهیم؟ قیاسِ کتاب و نبشته را همین جا رها می‌کنیم و مستقیماً می‌رویم سراغِ امرِ واقعی؛ چرا که، این طور که بر می‌آید، درکِ امرِ واقعی (یعنی دی.ان.ای) ساده‌تر از درکِ قیاس است!

اگر دی.ان.ای را به تدریج گرم کنید، در نقطه‌ای خاص — چیزی حدودِ ۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد — پیوندِ میانِ دو رشتهٔ مارپیچِ دوگانه[3] شکسته می‌شود و دو رشته از یک‌دیگر جدا می‌شوند. می‌توانید ۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد، یا هر دمایی که هست، را همچون «نقطهٔ ذوب» در نظر بگیرید. بعداً اگر بگذارید که دی.ان.ای سرد شود، هر مارپیچِ تکی، خود-به-خود، در صورتِ برخورد با یک مارپیچِ تکیِ دیگر، یا بخشی از یک مارپیچ، که بر اساسِ قواعدِ جفت شدنِ بازهایِ

---

[1] chromosome

[2] base pairs

[3] double helix

مارپیچِ دوگانه، توانایی پیوند با آن را دارد، پیوند می‌خورد. ممکن است تصور کنید که مارپیچ‌های تکی تنها با جفتِ خود، که اخیراً از آن جدا شده‌اند و با آن هم‌خوانیِ کامل دارند، پیوند می‌خورند. در واقع، این امر ممکن است اما معمولاً به این تر-و-تمیزی نیست. پاره‌های دی.ان.ای پاره‌های دیگری را پیدا می‌کنند که می‌توانند با آن‌ها جفت شوند و اغلب نیز این پاره‌ها دقیقاً جفت‌های اولیهٔ آن‌ها نیستند. و، در واقع، اگر پاره‌های جداشدهٔ دی.ان.ای گونه‌ای دیگر را نیز <به ترکیب> اضافه کنید، پاره‌های رشته‌های تکی، به همان میزان که می‌توانند با پاره‌های متعلق به گونهٔ خود جفت شوند، قابلیتِ جفت شدن با پاره‌های متعلق به گونهٔ متفاوت را نیز دارند. چرا نداشته باشند؟ این <واقعیت> نتیجهٔ جالبِ توجهِ انقلابِ زیست‌شناسیِ مولکولیِ واتسون-کریک است: دی.ان.ای صرفاً دی.ان.ای است. برایش «مهم نیست» که دی.ان.ای انسان است، دی.ان.ای شامپانزه است، یا دی.ان.ای سیب. پاره‌های دی.ان.ای، هر جا که پاره‌های مکملِ خود را پیدا کنند، با آن پیوند می‌خورند و مهم نیست کجا. با وجودِ این، استحکامِ پیوندشان همیشه یکسان نیست. پیوندِ میانِ رشته‌های تکیِ دی.ان.ای و رشته‌های تکیِ هم‌خوان‌شان قوی‌تر از پیوندهایی است که با رشته‌های ناهم‌خوانِ خود ایجاد می‌کنند. دلیلِ این امر آن است که «حروف» دی.ان.ای («باز»های واتسون و کریک) معمولاً به رشته‌های متضادی بر می‌خورند که توانایی جفت شدن با آن‌ها را ندارند. از این رو، پیوندِ این رشته‌ها ضعیف می‌شود؛ همچون زیپی که بعضی از دندانه‌هایش از بین رفته باشند.

پس از این که پاره‌های متعلق به گونه‌های مختلف یک‌دیگر را یافتند و به هم پیوند خوردند، چگونه می‌توانیم قدرتِ پیوندشان را بسنجیم؟ از طریقِ روشی ساده که از سادگی‌اش «خنده آید خلق را»: از طریقِ اندازه‌گیریِ «نقطهٔ ذوب[1]» پیوند. خاطرتان هست که گفتم نقطهٔ ذوبِ دی.ان.ای دورشته‌ای حدودِ ۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد است؟ این دما دمایِ ذوبِ دی.ان.ای‌های دورشته‌ایِ عادی است که به درستی به هم پیوند خورده‌اند؛ مثلِ زمانی که رشته‌ای از دی.ان.ایِ انسان از رشتهٔ مکملِ خود، به واسطهٔ «ذوب شدن»، جدا می‌شود. اما وقتی که پیوند ضعیف‌تر باشد — مثلاً وقتی که

[1] melting point

رشته‌ای از دی.ان.ایِ انسان با رشته‌ای از دی.ان.ایِ شامپانزه پیوند خورده باشد — برایِ شکستنِ پیوندشان به دمایی کمی پایین‌تر نیاز است. و وقتی که دی.ان.ایِ انسان با دی.ان.ایِ خویشاوندی دورتر، همچون ماهی یا وزغ، پیوند خورده باشد، دمایِ لازم برایِ جدا کردن‌شان از آن هم کمتر خواهد بود. تفاوتِ میانِ نقطهٔ ذوبِ پیوندِ رشته‌ای با رشته‌ای از گونهٔ خود و نقطهٔ ذوبِ پیوندِ آن رشته و رشته‌ای متعلق به گونه‌ای دیگر معیاری برایِ سنجشِ فاصلهٔ ژنتیکیِ آن دو گونه است. به عنوانِ یک قاعدهٔ کلی، یک درجهٔ سانتی‌گراد کاهش در «نقطهٔ ذوب» تقریباً برابر با یک درصد کاهش در هم‌خوانیِ حروفِ دی.ان.ای (یا افزایشی یک درصدی در تعدادِ دندانه‌هایِ معیوبِ زیپ) است.

در استفاده از این روش، به مسائلی نیز بر می‌خوریم؛ مسائلی دشوار که حلِ آن‌ها نیازمندِ راه‌حل‌هایی زیرکانه است، اما به آن‌ها نپرداختم. برایِ نمونه، اگر دی.ان.ایِ انسان را با دی.ان.ایِ شامپانزه مخلوط کنید، بسیاری از دی.ان.ای‌هایِ جداشدهٔ انسان با دیگر پاره‌هایِ دی.ان.ایِ انسان پیوند می‌خورند و بسیاری از پاره‌هایِ دی.ان.ایِ شامپانزه با شامپانزه. حال چطور می‌توان دی.ان.ای‌هایِ دورگه را، که باید «نقطهٔ ذوب»شان را حساب کنیم، از <پیوندهایِ> دی.ان.ای‌ای که از یک نوع هستند تفکیک کرد؟ با حقه‌ای هوشمندانه که در آن از برچسب‌گذاریِ رادیواکتیو[1]، که پیش‌تر با آن آشنا شدیم، استفاده می‌شود. اما پرداختن به جزئیاتِ آن ما را فرسنگ‌ها از بحث‌مان دور می‌کند. نکتهٔ اصلی در اینجا این است که دانشمندان به این نتیجه می‌رسند که، مثلاً، شباهتِ ژنتیکیِ میانِ انسان و شامپانزه ۹۸ درصد است، و برایِ این کار از روشی استفاده می‌کنند و آن روشْ دورگه‌سازیِ دی.ان.ای است.

جدیدترین روشی که برایِ سنجشِ شباهتِ میانِ ژن‌هایِ متناظرِ دو گونهٔ مختلف به کار می‌رود مستقیم‌ترین و گران‌ترین روشِ موجود است: خواندنِ خودِ دنبالهٔ حروفِ درونِ ژن‌ها از طریقِ همان روشی که در پروژهٔ ژنومِ انسان به کار رفته است. با وجودِ این که مقایسهٔ کلِ ژنوم همچنان کارِ

[1] radioactive labelling

پرخرجی است، مقایسهٔ نمونه‌ای از ژن‌ها تخمینِ خوبی را به دست می‌دهد و، اکنون، سیرِ استفاده از این روش رو به افزایش است.

از هر روشی که در سنجشِ شباهتِ میانِ دو گونه استفاده کنیم — چه روشِ پادتَن‌هایِ بدنِ خرگوش، چه روشِ مقایسهٔ نقاطِ جوش، و چه روشِ تعیینِ توالیِ مستقیم[1] — گامِ بعدی تا حدِ زیادی یکسان است. پس از به دست آوردنِ عددی واحد برایِ میزانِ شباهتِ هر دو گونه، آن اعداد را در جدولی وارد می‌کنیم. نامِ گونه‌هایِ <سنجیده‌شده> را، با ترتیبی یکسان، در سرستون‌ها و سرسطرها بنویسید. سپس، درصدِ شباهتِ را در ستون‌هایِ مربوطه وارد کنید. جدولِ حاصلْ مثلثی (نیمی از مربع) خواهد بود؛ چرا که مثلاً، درصدِ شباهتِ انسان و سگ با درصدِ شباهتِ سگ و انسان برابر خواهد بود. پس، اگر تمامِ خانه‌هایِ این جدولِ مربعی پر شود، هر یک از نیمه‌هایی که در دو طرفِ قطرِ مربع قرار دارند قرینهٔ یک‌دیگر خواهند بود.

حال، انتظارِ چه نتایجی را داریم؟ مطابقِ فرگشت، باید انتظار داشت که عددِ بالایی برایِ خانهٔ وصل‌کنندهٔ انسان و شامپانزه وارد شود و عددِ پایین‌تری در خانهٔ وصل‌کنندهٔ انسان و سگ. از لحاظِ نظری، خانهٔ مربوط به انسان–سگ باید عددِ شباهتی یکسان با خانهٔ شامپانزه–سگ داشته باشد؛ چرا که میزانِ شباهتِ انسان و شامپانزه به سگ دقیقاً یکسان است. این عدد باید برایِ میمون–سگ و لِمور–سگ نیز یکسان باشد؛ به این خاطر که انسان، شامپانزه، میمون، و لِمور، همگی، از طریقِ نیایی مشترک — که از نخستی‌سانانِ اولیه بوده است و احتمالاً بیشتر به لِمور شبیه بوده است — به سگ مرتبط می‌شوند. در خانه‌هایِ مربوط به انسان–گربه، شامپانزه–گربه، میمون–گربه، و لِمور–گربه نیز باید عددِ یکسانی یافت شود؛ چرا که گربه و سگ، از طریقِ نیایِ مشترکِ همهٔ گوشت‌خواران، به همهٔ نخستی‌سانان مرتبط هستند. خانه‌هایی که ارتباط، مثلاً، ماهیِ مرکب و هر پستان‌دارِ دلخواهی را نشان می‌دهند باید عددی به مراتب پایین‌تر داشته باشند و، در حالتِ ایده‌آل، این مقدارِ کم باید برایِ

[1] direct sequencing

همه برابر باشد. این که کدام پستان‌دار را با آن مقایسه می‌کنید هم نباید مهم باشد؛ چرا که همهٔ پستان‌داران، به یک اندازه، از ماهیِ مرکب دوراند.

این انتظاراتِ نظری پایهٔ محکمی دارند، اما دلیلی ندارد که، در عمل، نقض نشوند و نقض شدن‌شان مدرکی علیهِ فرگشت خواهد بود. اما چنان که بر می‌آید، نتایجِ حاصله — در محدودهٔ خطایِ آماری — دقیقاً همان چیزی هستند که، با این فرض که فرگشت رخ داده است، انتظارشان را داریم. به دیگر سخن، اگر فاصله‌هایِ ژنتیکیِ میانِ جفت‌گونه‌هایِ مختلف را رویِ شاخه‌هایِ یک نمودارِ درختی نشان دهیم، نمودارِ حاصل، به طرزِ قانع‌کننده‌ای، با <آنچه انتظار می‌رود> هم‌خوانی خواهد داشت. البته این هم‌خوانی مطلق نیست. در زیست‌شناسی، مقادیرِ عددیِ حاصل، به ندرت، همان چیزی به دست می‌آیند که انتظارشان را داشته‌ایم.

با درست فرض گرفتنِ فرگشت، می‌توانیم با استفاده از شواهدِ به دست آمده از مقایسهٔ دی.ان.ای (یا پروتئین) تعیین کنیم که کدام دو حیوان خویشاوندیِ نزدیک‌تری با هم دارند. چیزی که باعث می‌شود این امر به مدرکی قوی برایِ فرگشت بدل شود این است که می‌توانیم نموداری درختی را، بر مبنایِ شباهتِ ژنتیکی، برایِ هر ژن، به صورتِ جداگانه، رسم کنیم. و نتیجهٔ مهم این است که نمودارِ درختیِ حیاتِ حاصل از هر ژن تقریباً یکسان است. تأکید می‌کنم: این درست همان چیزی است که در برخورد با شجره‌نامهٔ واقعی نیز انتظار می‌رود. این امر چیزی نیست که در صورتِ وجودِ یک طراح انتظارش می‌رود، طراحی که کلِ قلمرویِ حیوانات را بررسی کرده است و بهترین پروتئین‌ها را، بسته به هدفِ موردِ نظر و در هر جایی از قلمروِ حیات که یافت می‌شده‌اند، انتخاب کرده یا «وام گرفته است».

گروهی از متخصصانِ ژنتیک، در نیوزلند، به رهبریِ پرفسور دیوید پِنی[1]، اولین آزمایشِ بزرگ‌مقیاس را، در این زمینه انجام دادند. گروهِ پِنی پنج ژن را انتخاب کردند که، با وجودِ یکسان

[1] David Penny

نبودن در میانِ همهٔ پستان‌داران، آن‌قدر به هم شباهت داشته‌اند که، در میانِ همهٔ پستان‌داران، نامِ یکسانی به آن‌ها داده شده است. جزئیاتِ این پژوهش مهم نیست، اما نامِ این پنج ژن را به یاد داشته باشید: ژن‌هایِ هموگلوبینِ آ[1]، هموگلوبینِ ب[2] (هموگلوبین عاملِ قرمزی خون است)، فیبرینوپپتیدِ آ[3]، فیبرینوپپتیدِ ب[4] (فیبرینوپپتیدها در لخته کردنِ خون کاربرد دارند)، و سیتوکرومِ سی[5] (که در زیست‌شیمیِ سلولی نقشِ مهمی ایفاء می‌کند). آن‌ها پنج پستان‌دار را به منظورِ مقایسه انتخاب کردند: میمونِ رزوس[6]، گوسفند، اسب، کانگورو، موشِ آزمایشگاهی[7]، خرگوش، سگ، خوک، انسان، گاو، و شامپانزه.

پِنی و همکارانش از دیدِ آماری به قضیه نگاه کردند. آن‌ها می‌خواستند محاسبه کنند که، با فرضِ نادرست بودنِ فرگشت، احتمالِ این که دو مولکول، کاملاً به صورتِ اتفاقی، شجره‌نامهٔ یکسانی را به دست دهند، چقدر است. پس، کوشیدند تمامِ شجره‌نامه‌هایِ ممکن را، که می‌توانستند به آن یازده نواده منتهی شوند، تصور کنند. عددِ حاصل، به طرزِ خارق‌العاده‌ای، بزرگ است. حتی اگر خود را به «درختانِ دو-دویی[8]» — یعنی درختانی که شاخه‌هایش فقط به دوشاخه تقسیم می‌شوند، نه سه شاخه و نه بیشتر از آن — محدود کنیم، تعدادِ کلِ نمودارهایِ درختیِ ممکن بیش از ۳۴ میلیون خواهد بود. آنگاه آن دانشمندان، صبورانه، هر یک از آن ۳۴ میلیون نمودارِ درختی را بررسی کردند و یکی-یکی آن‌ها را با ۳۳،۹۹۹،۹۹۹ نمودارِ درختیِ دیگر مقایسه کردند. نه، البته که

---

[1] haemoglobin A

[2] haemoglobin B

[3] fibrinopeptide A

[4] fibrinopeptide B

[5] cytochrome C

[6] rhesus monkey

[7] rat

[8] binary

چنین کاری نکردند! چنین کاری برایِ رایانه هم زمان‌بر است. کاری که آن‌ها کردند این بود که تقریبِ آماریِ هوشمندانه‌ای را طراحی کردند که معادلِ میان‌بُرِ آن محاسباتِ دهشت‌انگیز بود.

روشِ تقریبِ آن‌ها بدین ترتیب بود. آن‌ها اولین ژن از میانِ آن پنج ژن را انتخاب کردند. فرض کنید آن ژن هموگلوبینِ آ بوده است. (در همهٔ موارد، از اسمِ پروتئین، به جایِ نامِ ژنی که حاویِ کدِ آن پروتئین است، استفاده می‌کنم). از میانِ آن میلیون‌ها نمودارِ درختی، هدف‌شان این بود که ببینند، با در نظر گرفتنِ هموگلوبینِ آ، کدام یک از همه «مختصر»تر است. در اینجا، مراد از «مختصر بودن» این است که «مستلزمِ کمترین میزانِ تغییراتِ فرگشتی باشند». برایِ نمونه، مشخص شد که تمامِ آن هزاران نمودارِ درختی — نمودارهایی که در آن‌ها فرض گرفته شده بود نزدیک‌ترین خویشاوندِ انسان-کانگورو است اما انسان و شامپانزه دورترین خویشاوندی را دارند — بسیار «نامختصر» هستند. به دیگر سخن، تغییراتِ فرگشتیِ بسیاری باید به وجود می‌آمد تا به این نتیجه برسیم که کانگورو و انسان نیایِ مشترکِ متأخری دارند. هموگلوبینِ آ چنین حکم می‌کرد:

> این درخت بد طوری نامختصر است. نه تنها باید یک عالمه جهش انجام دهم که انسان و کانگورو — با وجودِ خویشاوندیِ نزدیک‌شان بر اساسِ این نمودارِ درختی — این همه متفاوت از کار در آیند، بلکه باید یک عالمه جهش در جهتِ دیگر هم انجام دهم تا مطمئن شوم که انسان و شامپانزه — با وجودِ فاصلهٔ زیادشان بر رویِ این نمودارِ درختیِ خاص — این همه شبیه از آب در بیایند. من با این نمودارِ درختی مخالفم.

هموگلوبینِ آ این‌گونه حکمی صادر می‌کند. حال در بعضی موارد، برایِ بعضی از آن ۳۴ میلیون نمودارِ درختی، حکمی موافق‌تر صادر می‌کند. سرانجام، چند-ده نمودارِ درختیِ برتر را انتخاب می‌کند. هموگلوبینِ آ، دربارهٔ هر یک از این نمودارهایِ درختیِ برتر، چنین چیزی خواهد گفت:

> این نمودارِ درختی انسان و شامپانزه را خویشاوندِ نزدیکِ یک‌دیگر و گاو و گوسفند را نیز خویشاوندِ نزدیکِ یک‌دیگر نشان می‌دهد و کانگورو را رویِ یکی دیگر از

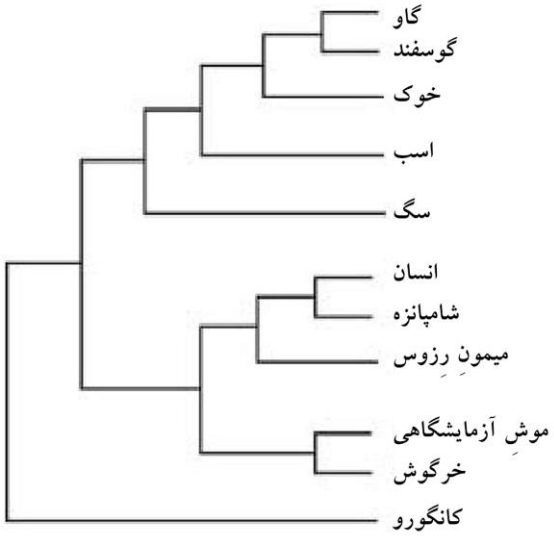
شاخه‌ها قرار می‌دهد. این نمودارِ درختی به نظر نمودارِ خوبی می‌آید؛ چرا که، مطابقِ آن، برایِ توجیهِ تغییراتِ فرگشتی، خیلی نیازی نیست جهش انجام دهم. این درخت به طرزِ فوق‌العاده‌ای مختصر است. و بدین سان رأیِ مثبتِ هموگلوبینِ آ را از آنِ خود می‌کند.

بی‌شک، خیلی خوب می‌شد اگر هر ژنِ دیگری هم همان درختی را مختصر قلم‌داد می‌کرد که هموگلوبینِ آ نیز چنین رأیی درباره‌اش صادر کرده است، اما چنین توقعی زیاده‌خواهی است. از میانِ ۳۴ میلیون نمودارِ درختی، تنها می‌توان انتظار داشت که چند نمودارِ درختیِ اندک‌متفاوت به عنوانِ برترین نمودارِ درختی برایِ هموگلوبینِ آ قلم‌داد شوند.

این قضیه در موردِ هموگلوبینِ ب به چه ترتیب است؟ در موردِ سیتوکرومِ سی چطور؟ هر یک از این پنج پروتئین حق دارد، برایِ پیدا کردنِ نمودارِ درختیِ ترجیحیِ خود (یعنی، مختصرترین نمودارِ درختی)، از میانِ ۳۴ میلیون نمودارِ درختی، رأیِ جداگانهٔ خود را صادر کند. بی‌تردید، این امکان وجود دارد که سیتوکرومِ سی نمودارِ درختیِ کاملاً متفاوتی را، به عنوانِ مختصرترین نمودار، انتخاب کند. ممکن است سیتوکرومِ سیِ انسان واقعاً به کانگورو خیلی شبیه باشد و با سیتوکرومِ سیِ شامپانزه خیلی متفاوت باشد. ممکن است سیتوکرومِ سی هیچ برایش مهم نباشد که هموگلوبینِ آ گاو و گوسفند را خویشاوندِ نزدیکِ یک‌دیگر قلم‌داد می‌کند و اصلاً برایِ نزدیکِ هم قرار دادن، مثلاً، گوسفند به میمون یا نزدیکِ هم قرار دادنِ گاو به خرگوش نیاز به چندان جهشی هم نداشته باشد. مطابقِ فرضیهٔ آفرینش، دلیلی برایِ رخدادِ چنین اتفاقی وجود ندارد. اما، در واقع، چیزی که پنی و همکارانش مشاهده کردند این بود که اتفاقِ نظرِ شگفت‌آوری بینِ همهٔ پروتئین‌ها وجود دارد. افزون بر این، با استفاده از روش‌هایِ آماریِ به مراتب خلاقانه‌تر، نشان دادند که شانسی بودنِ چنین اتفاقِ آرائی تا چه اندازه نامحتمل است. از میانِ ۳۴ میلیون نمودارِ درختیِ ممکن، هر پنج پروتئین به زیرمجموعهٔ تقریباً یکسانی «رأی» دادند. این دقیقاً همان چیزی است که انتظار داریم وقتی فرض بگیریم که واقعاً یک نمودارِ درختیِ درست وجود دارد که همهٔ آن یازده حیوان را به هم مربوط می‌کند و آن نمودارِ درختی همان ***شجره‌نامه***، همان نمودارِ درختیِ روابطِ فرگشتی، است. نکتهٔ

دیگر این که، نمودارِ درختی که همهٔ پنج مولکول بر آن اتفاق نظر داشتند همان نمودارِ درختی‌ای از آب در آمد که جانورشناسان، نه بر اساسِ شواهدِ مولکولی، که بر اساسِ مبانیِ آناتومیک و دیرینه‌شناختی آن را به دست آورده بودند.

پژوهشِ پِنی در سالِ ۱۹۸۲ منتشر شد و الآن زمانِ خیلی زیادی از آن می‌گذرد. طیِ این دوره، چندین برابر شواهدِ دقیق و باجزئیات، دربارهٔ دنبالهٔ دقیقِ بسیاری از ژن‌هایِ گونه‌هایِ مختلفِ حیوان و گیاه، ارائه شده است. توافق بر مختصرترین نمودارهایِ درختی اکنون بسیار فراتر از یازده گونه و پنج مولکولی است که موضوعِ پژوهشِ پِنی و همکارانش بودند. اما پژوهشِ آن‌ها مثالِ جالبی بود و همچون کارِ آماری‌شان شگفت‌آور. مجموعِ کلِ داده‌هایِ مربوط به دنبالهٔ ژنتیکی که امروزه در دسترسِ هستند دیگر جایِ شک باقی نمی‌گذارند. شواهدِ حاصل از مقایسهٔ ژنی، به مراتب قوی‌تر و متقاعدکننده‌تر از شواهدِ فسیلی — که آن‌ها نیز واقعاً قوی هستند — به سرعت و با قطعیتِ هر چه تمام‌تر، به یک نمودارِ درختیِ حیاتِ واحد اشاره می‌کنند. نمودارِ درختیِ شکل ۷۰ یازده گونهٔ موردِ مطالعه در پژوهشِ پِنی را نشان می‌دهد. این نمودار بر سرِ همان چیزی توافق دارد که، بر مبنایِ اطلاعاتِ به دست آمده از قسمت‌هایِ مختلفِ ژنومِ پستانداران، امروزه به آن‌ها دست یافته‌ایم. این توافقِ یک‌پارچه در بینِ همهٔ ژن‌هایِ مختلفِ ژنوم نه تنها به دقت و درستیِ نمودارِ درختیِ موردِ توافق، در گذرِ زمان، گواهی می‌دهد، بلکه بر این واقعیت نیز اقرار دارد که فرگشت امری واقعی است.




**شکل ۷۰ - نمودارِ درختیِ یازده گونهٔ <موردِ مطالعه در پژوهشِ> پِنی**

اگر فناوریِ ژنتیکِ مولکولی، با سرعتِ نماییِ[1] کنونی‌اش، به پیشرفتِ خود ادامه دهد، تا سالِ ۲۰۵۰، استخراجِ دنبالهٔ ژنتیکیِ کامل از ژنومِ یک حیوان ارزان و بسیار سریع خواهد شد و سختیِ آن تفاوتِ چندانی با سختیِ گرفتنِ تب و فشارِ خون نخواهد داشت. چرا می‌گوییم که فناوریِ ژنتیک، به صورتِ نمایی، در حالِ پیشرفت است؟ آیا اصلاً چنین چیزی قابلِ اندازه‌گیری است؟ چیزی معادلِ آن در فناوریِ رایانه‌ای وجود دارد که به آن «قانونِ مور[2]» گفته می‌شود. این قاعده نامِ خود را از گوردون مور[3]، یکی از پایه‌گذارانِ شرکتِ تراشه‌هایِ رایانه‌ایِ اینتل، گرفته است. قانونِ مور را به طرقِ مختلفی می‌توان بیان کرد؛ چرا که مقیاس‌هایِ مختلفی برایِ سنجشِ قدرتِ رایانه وجود دارند که همگی به هم مرتبط‌اند. یکی از نسخه‌هایِ این قانون از این قرار است: تعدادِ واحدهایی که می‌توان درونِ یک مدارِ مجتمع[4]، با اندازه‌ای خاص، گنجاند، حدودِ هر هجده ماه یا

---

[1] exponential

[2] Moore's Law

[3] Gordon Moore

[4] integrated circuit

دو سال، دو برابر می‌شود. این قانونْ قانونی تجربی است. یعنی این گونه نیست که از دلِ یک نظریه بیرون آمده باشد؛ بلکه نتایجِ حاصل از سنجشِ داده‌ها درستیِ آن را تأیید می‌کنند. تا کنون، حدودِ پنجاه سال است که این قانون جواب داده است و بسیاری از متخصصان باور دارند که دستِ کم چند دههٔ دیگر نیز جواب خواهد داد. دیگر روندهایِ نمایی، که زمانِ دو برابر شدنِ مشابهی دارند و می‌توان آن‌ها را نسخه‌هایِ دیگری از قانونِ مور تلقی کرد شاملِ این مواردند: افزایشِ سرعتِ رایانش[1] و حجمِ حافظه[2]، به ازایِ هر واحد هزینه. روندهایِ نمایی همیشه به نتایجِ خیره‌کننده‌ای منتهی می‌شوند؛ همان طور که داروین نیز، با کمکِ پسرش، جورج، که ریاضی‌دان بود، فیل را، به عنوانِ نمونه‌ای از حیواناتِ کند-زاد-و-ولد-کننده، موردِ مطالعه قرار داد و نشان داد که تنها طیِ چند قرن رشدِ بدونِ محدودیتِ نمایی، نوادگانِ تنها یک جفت فیل کلِ زمین را خواهند گرفت. ناگفته پیداست که رشدِ جمعیتِ فیل، در عمل، نمایی نیست. عواملی چند، از جمله رقابت بر سرِ غذا و مکان و بیماری، رشدِ جمعیتِ آن را محدود می‌کنند. در واقع، منظورِ اصلیِ داروین هم همین بود؛ چرا که در اینجاست که انتخابِ طبیعی واردِ عمل می‌شود.

اما قانونِ مور، دستِ کم حدودِ پنجاه سال به قوتِ خود باقی ماند. با وجودِ این که هیچ کس از چگونگیِ آن اطلاعِ دقیقی ندارد، مقیاس‌هایِ مختلفِ قدرتِ رایانه‌ای واقعاً، در عمل نیز، به صورتِ نمایی افزایش یافته‌اند، اما روندِ <رشدِ جمعیتِ> فیل‌هایِ داروین، صرفاً از لحاظِ نظری، نمایی است. چنین به نظرم رسید که شاید مشابهِ این قانون در موردِ فناوریِ ژنتیک و تعیینِ توالیِ دی.ان.ای نیز صادق باشد. این ایده را با جاناتان هاجکین، که پرفسورِ ژنتیکِ دانشگاهِ آکسفورد است، در میان گذاشتم .(او در مقطعِ کارشناسی دانشجویِ خودم بود.) چیزی که خوشحالم کرد این بود که او هم به این موضوع فکر کرده بود و حتی آن را موردِ سنجش قرار داده بود که بر اساسِ آن، در دانشگاهِ قدیمی‌اش، سخنرانی کند. هاجکین هزینهٔ تعیینِ توالیِ طولِ معیاری از دی.ان.ای را، در

[1] computation

[2] memory size

چهار سالِ مختلف (سال‌هایِ ۱۹۶۵، ۱۹۷۵، ۱۹۹۵، و ۲۰۰۰)، تخمین زده بود. من مقادیری را که به دست آورده بود برعکس کردم تا ببینم <این فرآیند> «چقدر آب می‌خورد؟» یا «با ۱۰۰۰ پوند، چه مقدار دی.ان.ای را می‌توان تعیینِ توالی کرد؟». سپس، مقادیر را رویِ یک مقیاسِ لگاریتمی رسم کردم. دلیلِ این انتخابم این بود که اگر روندی نمایی را، به صورتِ لگاریتمی رسم کنیم، نمودارِ حاصل همیشه خطی صاف می‌شود. همان گونه که انتظار می‌رفت، چهار مقداری که هاجکین به دست آورده بود، به خوبی رویِ یک خطِ صاف قرار می‌گرفتند. من خطی را از میانِ نقاطِ به دست آمده رسم کردم (برایِ اطلاعاتِ بیشتر دربارهٔ رگرسیونِ خطی[1]، به یادداشتِ صفحهٔ ۱۱۲ رجوع کنید) و این جسارت را کردم که آن را به سمتِ آینده امتداد دهم. همین تازگی، درست وقتی که این کتاب داشت برایِ چاپ فرستاده می‌شد، این فصل را به پرفسور هاجکین نشان دادم و او از آخرین داده‌هایی که از آن‌ها خبر داشت برایم گفت. این داده‌ها مربوط به ژنومِ پلاتیپوسِ نوک‌اردکی[2] بود که، در سالِ ۲۰۰۸، تعیینِ توالی شده بود. (پلاتیپوس، به دلیلِ موقعیتِ راهبردی‌اش در نمودارِ درختیِ حیات، گزینهٔ خوبی بوده است: نیایِ مشترکش با ما حدودِ ۱۸۰ میلیون سالِ پیش می‌زیسته است، یعنی سه برابر دورتر از زمانِ انقراضِ دایناسورها.) نقطه‌ای را که مربوط به پلاتیپوس است با ستاره بر رویِ نمودار مشخص کرده‌ام و، همان گونه که، در شکل ۷۱، می‌بینید، بسیار به امتدادِ خط، که بر اساسِ داده‌هایِ قبلی به دست آمده است، نزدیک است.

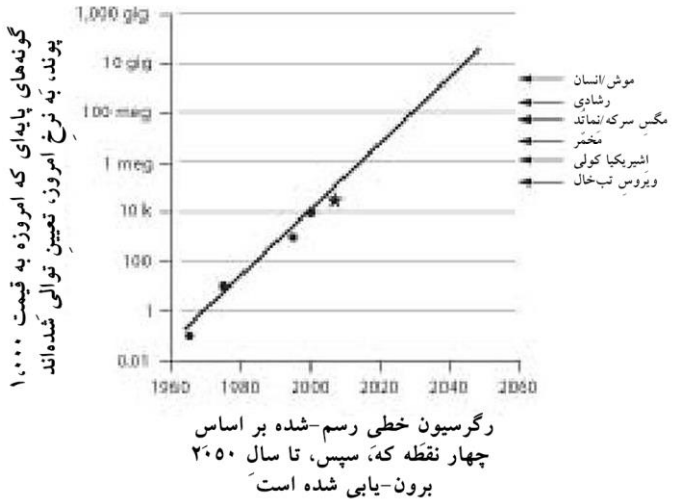
شیبِ نمودارِ چیزی که اکنون به آن قانونِ هاجکین می‌گویم (البته بدونِ اجازه)، تنها اندکی پایین‌تر از خطی است که بر اساسِ قانونِ مور رسم شده است. زمانِ دو برابر شدنِ اندکی بیشتر از دو سال است، در حالی که، مطابقِ قانونِ مور، زمانِ دو برابر شدنِ اندکی کمتر از دو سال است. فناوریِ دی.ان.ای شدیداً به رایانه وابسته است، پس این که بگوییم قانونِ هاجکین، دستِ کم تا اندازه‌ای، به قانونِ مور وابسته است، خیلی بی‌راه نگفته‌ایم. پیکان‌هایی که در سمتِ راست رسم شده‌اند

---

[1] linear regression

[2] duckbilled

نشان‌دهندهٔ بزرگیِ ژنومِ موجوداتِ مختلف است. اگر پیکان‌ها را تا سمتِ چپ تا جایی امتداد دهید که با خطِ شیب‌دارِ قانونِ هاجکین برخورد کند، می‌توانید تخمین بزنید در چه زمان تعیینِ توالیِ ژنومی به بزرگیِ ژنومِ حیوانِ موردِ نظر، با ۱۰۰۰ پوند (معادلِ پولِ امروز)، امکان‌پذیر خواهد شد. برایِ ژنومی به بزرگیِ ژنومِ مخمّر، تنها کافی است تا سالِ ۲۰۲۰ صبر کنیم. برایِ ژنومِ یک پستان‌دارِ جدید، تاریخِ تخمینی چیزی حدودِ ۲۰۴۰ است. (بر اساسِ این محاسبهٔ سردستی، همهٔ پستان‌داران به یک اندازه گران هستند.) عجب دورنمایِ هیجان‌انگیزی: بانکِ اطلاعاتیِ عظیمی از توالیِ دی.ان.ای که، ارزان و آسان، از نقطه-به-نقطهٔ قلمروِ حیوانات و گیاهان به دست آمده است. مقایسه‌های دقیقِ دی.ان.ای تمامِ جاخالی‌هایِ دانشِ ما را، دربارهٔ خویشاوندیِ فرگشتیِ واقعیِ همهٔ گونه‌ها با هم، پر می‌کند.[ix] خدا می‌داند که چنین نموداری را چگونه می‌توان رسم کرد. چنین چیزی را رویِ هیچ برگه‌ای، به نحوی که کاربردی باشد، نمی‌توان رسم کرد.




**شکل ۷۱ - «قانونِ هاجکین»**

تا کنون، بزرگ‌مقیاس‌ترین تلاش برایِ دست‌یابی به این امر را گروهی انجام داده است که با دیوید هیلیس[1] (برادرِ دَنی هیلیس[2]، که در ساختِ یکی از اَبَررایانه‌ها پیشتاز بود) مرتبط است. در نمودارِ هیلیس، نمودارِ درختی را، با دایره‌ای کردنِ آن، فشرده کرده‌اند. فاصله‌ای را که بینِ دو نقطهٔ انتهایی افتاده است نمی‌توانید ببینید، اما این فاصله بینِ «باکتری‌ها» و «آرکیاها» قرار دارد. برایِ آشنایی با نحوهٔ کارِ نمودارِ دایره‌ای، به نسخهٔ شدیداً-خلاصه-شدهٔ خال‌کوبی‌شده بر رویِ کمرِ دکتر کِلِر دِآلبِرتو[3]، از دانشگاهِ ملبورن[4]، نگاه کنید. البته شور-و-اشتیاقِ او مانندِ خال‌کوبی‌اش سطحی نیست و به مراتب از آن هم فراتر است. کِلِر سخاوت‌مندانه اجازهٔ استفاده از این عکس را، در این کتاب، به من داد (تصویرِ رنگی ۲۵). خال‌کوبیِ او شاملِ نمونه‌ای کوچک از هشتادوشش گونه است. (تعدادِ شاخه‌هایِ پایانی هشتادوشش تا است.) فاصلهٔ یادشده، در این نمودارِ دایره‌ای، پیداست و می‌توانیم این دایره را، در ذهنِ خود، باز کنیم. اندک‌شمار تصویرهایی که گردِاگردِ دایره رسم شده‌اند، به شکلی راهبردی، از میانِ باکتری‌ها، پروتوزوآها[5]، گیاهان، قارچ‌ها، و چهار شاخهٔ حیوانی، انتخاب شده‌اند. اژدهایِ دریاییِ علفیِ سمتِ راست، که شباهتش به جلبکِ دریایی او را <از خطرها> حفظ می‌کند، نمایندهٔ مهره‌داران است. نمودارِ دایره‌ایِ هیلیس هم همین گونه است، با این تفاوت که سه هزار گونه را نشان می‌دهد. نامِ آن‌ها، در فضایِ بیرونیِ دورِ دایرهٔ بالا، نوشته شده است، البته ریزتر از آنی است که بتوان آن را خواند. اما، برایِ راهنمایی، کنارِ *هومو ساپینس* نوشته‌شده است «شما اینجا هستید». برایِ این‌که متوجه شوید نمونه‌ای از نمودارِ درختی‌ای حتی به این بزرگی هم تا چه اندازه پراکنده است، همین را به شما بگویم که نزدیک‌ترین خویشاوندانِ انسان، که می‌توانید در این نمودار جای دهید، موش‌ها و موش‌هایِ صحرایی هستند. لازم بود که پستان‌داران، شدیداً، خلاصه شوند تا،

---

[1] David Hillis

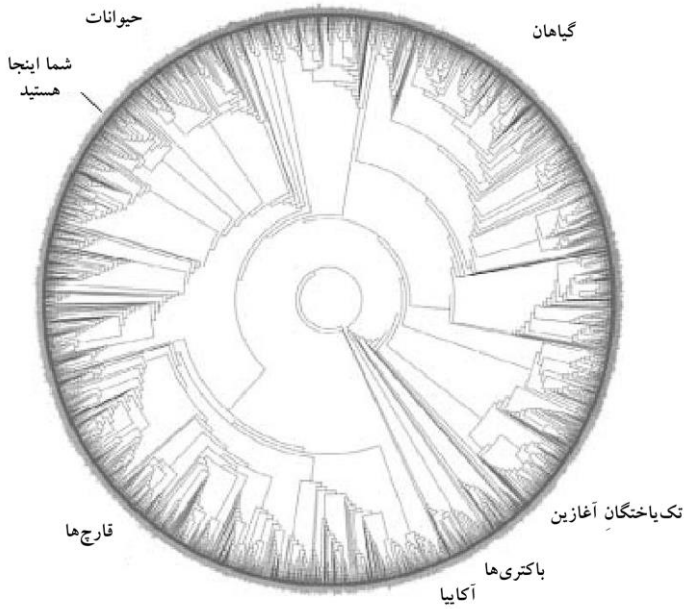
[2] Danny Hillis

[3] Clare D'Alberto

[4] University of Melbourne

[5] protozoa

برایِ تمامِ شاخه‌هایِ با عمقِ یکسان، جا باشد. فقط تصورش را بکنید که بخواهیم، به جایِ سه هزار گونه‌ای که در اینجا نشان داده شده‌اند، شجره‌نامه‌ای مشابه را، برایِ ده میلیون گونه، رسم کنیم. و ده میلیون تخمینِ اغراق‌آمیزی برایِ گونه‌هایِ به-جا-مانده نیست. واقعاً ارزشش را دارد که نمودارِ درختیِ هیلیس را از تارنمایش دانلود کنید (رجوع شود به یادداشت‌هایِ آخرِ کتاب) و آن را برایِ زدن به دیوار، مطابقِ پیشنهادشان، رویِ کاغذی به عرضِ دستِ کم ۱۳۸ سانتی‌متر (اندازه‌هایِ بزرگ‌تر بهتر هم هستند)، چاپ کنید.




**شکل ۷۲- نمودارِ هیلیس**

## ساعتِ مولکولی[1]

[1] molecular clock

حال که داریم از مولکول‌ها صحبت می‌کنیم، وقتِ آن شده که به بحثی ناتمام، از فصلِ مربوط به ساعت‌هایِ فرگشتی، بپردازم. در آنجا از حلقه‌هایِ درختی و انواعِ مختلفِ ساعت‌هایِ رادیواکتیو سخن گفتیم، اما بحثِ، به اصطلاح، ساعت‌هایِ مولکولی را، به بعد از آشنایی با ابعادی دیگر از ژنتیکِ مولکولی، موکول کردیم. اکنون زمانِ آن فرا رسیده است. این بخش را همچون پیوستی، برایِ فصلی که دربارهٔ ساعت‌ها بود، در نظر بگیرید.

در ساعتِ مولکولی، درستیِ فرگشت فرض گرفته می‌شود و، همچنین، فرض بر این است که سرعتِ پیشرویِ آن، طیِ زمانِ زمین‌شناختی، به اندازه‌ای ثابت بوده است که بشود از آن به عنوانِ ساعت استفاده کرد، به شرطِ این که با استفاده از فسیل‌ها (که خود با استفاده از ساعت‌هایِ رادیواکتیو کالیبره[1] می‌شوند) بتوان آن‌ها را کالیبره کرد. همان گونه که، در ساعتِ شمعی، فرض بر این است که شمع با سرعتیِ ثابت و معلوم می‌سوزد، در ساعتِ آبی، فرض بر این است که آب با سرعتی قابلِ کالیبره شدن از سطل خارج می‌شود، و، در ساعتِ پدربزرگ‌ها نیز، فرض بر این است که آونگ با سرعتِ ثابتی حرکت می‌کند، در ساعتِ مولکولی نیز، فرض گرفته می‌شود که جنبه‌هایِ خاصی از خودِ فرگشت نیز وجود دارند که با سرعتِ ثابتی پیش می‌روند. این سرعتِ ثابت را می‌توان بر اساسِ آن بخش‌هایی از پیشینهٔ فرگشتی، که سابقه‌شان به خوبی به کمکِ فسیل‌هایِ قابلِ زمان‌سنجی (از طریقِ رادیواکتیو) ثبت شده است، کالیبره کرد. پس از کالیبره شدن، می‌توان از ساعتِ مولکولی، برایِ آن جنبه‌هایی از فرگشت که سابقه‌شان به خوبی، توسطِ فسیل‌ها، ثبت نشده است، استفاده کرد. برایِ نمونه، از آن می‌توان برایِ <زمان‌سنجیِ> حیوان‌هایی که اسکلتِ سختی نداشته‌اند و به ندرت تبدیل به فسیل شده‌اند استفاده کرد.

ایدهٔ خوبی است، اما چگونه خود را محقّق می‌دانیم که به یافتنِ فرآیندهایی فرگشتی، که با سرعتی ثابت پیش می‌روند، امیدوار باشیم؟ در واقع، شواهدِ بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد

[1] calibrate

سرعت‌های فرگشتی بسیار متغیراند. دور زمانی پیش از عصرِ زیست‌شناسیِ مولکولیِ امروز، جِی. بی. اِس. هالدین پیشنهاد داده بود که از *داروین*، به عنوانِ واحدی برایِ سنجشِ سرعت‌های فرگشتی، استفاده شود. فرض کنید که، طیِ زمانِ فرگشتی، بعضی از ویژگی‌هایِ اندازه‌گیری‌شدهٔ یک حیوان، در جهتی یکسان و ثابت، تغییر می‌کند. برایِ نمونه، فرض کنید که روندِ میانگینِ طولِ پا افزایشی است. اگر، طیِ دوره‌ای یک میلیون ساله، طولِ پا با ضریبِ $e$ (۲/۷۱۸)، ضریبی که برایِ راحت‌تر کردنِ محاسباتِ ریاضی انتخاب شده است و نیازی نیست به جزئیاتِ آن بپردازیم، در حالِ افزایش است[x]، سرعتِ تغییرِ فرگشتیِ آن یک داروین خواهد بود. خودِ هالدین سرعتِ فرگشتِ اسب را حدودِ ۴۰ میلی‌داروین محاسبه کرده بود، اما پیشنهاد شده است که <سرعتِ> فرگشتِ حیواناتِ اهلی‌شده، که تحتِ تأثیرِ انتخابِ مصنوعی هستند، باید بر حسبِ کیلوداروین محاسبه شود. سرعتِ فرگشتِ گوپی‌هایی که به جویباری خالی از درنده منتقل شده‌اند (که، در فصلِ ۵، از آن‌ها سخن گفتیم)، معادلِ ۴۵ کیلوداروین تخمین زده شده است. احتمالاً فرگشتِ «فسیل‌هایِ زنده»، مثلاً *لینگولا* (تصویرِ رنگی ۱۸) باید، بر حسبِ میکروداروین، محاسبه شود. حتماً متوجهِ نکتهٔ اصلی شده‌اید: سرعتِ فرگشتِ چیزهایی که می‌توانید آن‌ها را ببینید و اندازه بگیرید، مثلِ پا و نوک، به شدت متغیر است.

اگر سرعت‌هایِ فرگشتی این همه متغیراند، چگونه می‌توان دل‌خوش بود که بشود از آن‌ها، به عنوانِ ساعت، استفاده کرد؟ در اینجاست که ژنتیکِ مولکولی مشکل‌گشایِ ما می‌شود. در نگاهِ نخست، چگونگیِ این امر واضح نیست. وقتی ویژگی‌هایِ سنجش‌پذیری، مثلاً طولِ پا، فرگشت می‌کنند، چیزی که قادر به مشاهدهٔ آن‌ایم، تجلیِ قابلِ دیدِ تغییری ژنتیکی است که بنیادی و ناپیداست. پس، چگونه است که سرعتِ تغییرات، در سطحِ مولکولی، می‌تواند ساعتِ مناسبی باشد، اما سرعتِ فرگشتِ پا یا بال نه؟ اگر سرعتِ تغییراتِ پا و نوک، از میکروداروین تا کیلوداروین، متغیر باشد، چه دلیلی دارد که بتوانیم، به عنوانِ ساعت، به مولکول‌ها تکیه کنیم؟ پاسخ این است که تغییراتِ ژنتیکی‌ای که به صورتِ فرگشتِ خارجی و قابلِ دیدِ (چیزهایی چون دست و پا) تجلی پیدا می‌کنند نوکِ بسیار ریزی از کوهِ یخی غول‌آسا هستند و این نوکِ کوهِ یخ است که به شدت تحتِ

تأثیر انتخاب‌هایِ طبیعیِ مختلف است. عمدهٔ تغییراتِ ژنتیکی، در سطحِ مولکولی، **خنثی** هستند. از این رو، می‌توان انتظار داشت که سرعتِ <تغییرشان> مستقل از کاربردی بودن‌شان باشد و حتی ممکن است سرعت‌شان در هر ژن تقریباً ثابت باشد. یک تغییرِ ژنتیکیِ خنثی تأثیری بر بقایِ حیوان ندارد و این امر برایِ یک ساعت مایهٔ اعتبار است. دلیلش این است که انتظار می‌رود ژن‌هایی که، مثبت یا منفی، بر بقا تأثیر می‌گذارند، برایِ بازتابِ این امر، با سرعتِ متغیری فرگشت کنند.

وقتی که موتو کیمورا[1]، متخصصِ ژنتیکِ شهیرِ ژاپنی، و عده‌ای دیگر، برایِ نخستین بار، نظریهٔ خنثی بودنِ فرگشتِ مولکولی را ارائه دادند، نظریه‌شان بحث‌برانگیز شد. اکنون، بعضی نسخه‌هایِ آن را <دانشمندان> عمدتاً پذیرفته‌اند و ما هم، بدونِ پرداختن به شواهدِ دقیقِ آن، در این کتاب، این نظریه را می‌پذیریم. من به «سازگاری‌گرا[2]»یی دوآتشه معروفم (ادعا می‌شود که، به طرزی افراطی، انتخابِ طبیعی را اصلی‌ترین و یا حتی تنها نیرو محرکهٔ فرگشت می‌دانم). پس، وقتی حتی من هم از نظریهٔ خنثی بودن حمایت می‌کنم، تقریباً می‌شود خیال‌تان تخت باشد که احتمالش کم است که زیست‌شناسان زیادی مخالفِ آن باشند! [xi]

«جهشِ خنثی» جهشی است که تحتِ تأثیرِ انتخابِ طبیعی قرار نمی‌گیرد (چه مثبت و چه منفی)، حتی به‌رغمِ این‌که با استفاده از روش‌هایِ ژنتیکِ مولکولی این جهش به سادگی قابلِ اندازه‌گیری است. «شبه‌ژن[3]»ها به یک دلیل خنثی محسوب می‌شوند. آن‌ها ژن‌هایی هستند که زمانی کارِ مفیدی انجام می‌داده‌اند اما اکنون کنار گذاشته شده‌اند و هیچ گاه نه پیاده‌سازی می‌شوند و نه ترجمه. از لحاظِ رفاهِ حیوان، نبودشان به صرفه‌تر است. اما آن‌ها وجود دارند و، از این لحاظ، بسیار به دردِ دانشمندان می‌خورند و دقیقاً همان چیزی هستند که برایِ ساعتِ فرگشتی به آن‌ها نیاز داریم. شبه‌ژن‌ها تنها یک دسته از ژن‌هایی هستند که، در روندِ رشدِ رویان، هیچ گاه ترجمه نمی‌شوند. انواعِ

---

[1] Motoo Kimura

[2] adaptationist

[3] pseudogene

دیگری از این گونه ژن‌ها نیز وجود دارد که دانشمندان آن‌ها را، برایِ ساعت‌هایِ مولکولی، ترجیح می‌دهند، اما واردِ جزئیاتِ آن نمی‌شوم. اما شبه‌ژن‌ها حسابی آفرینش‌باوران را از رو برده است. آن قدر که حتی مجبورند قوهٔ نبوغِ و خلاقیتِ خود را تا سرحدِ امکان به کار بگیرند و دلیلی قانع‌کننده به دست بدهند که چرا یک طراحِ هوشمند باید شبه‌ژن بیافریند — آن هم ژنی که مطلقاً هیچ کاری نمی‌کند و کاملاً انگار نسخهٔ بازنشسته‌شدهٔ ژنی است که زمانی کاری از آن بر می‌آمده — مگر این که از قصد خواسته باشد سر–به–سرِ ما بگذارد.

از شبه‌ژن‌ها که بگذریم، این واقعیت بسیار کنجکاوی‌برانگیز و جالبِ توجه است که عمدهٔ ژنوم (۹۵ درصدِ آن، در موردِ انسان)، از آنجا که تفاوتی ایجاد نمی‌کنند، اگر نبودند بهتر می‌بود. نظریهٔ خنثی بودن حتی در موردِ ۵ درصدِ ژن‌هایِ باقی‌مانده، ژن‌هایی که خوانده و استفاده می‌شوند، هم صدق می‌کند. حتی در موردِ ژن‌هایی هم که کاملاً برایِ بقا ضروری هستند صدق می‌کند. باید منظورم را واضح بیان کنم. من نمی‌گویم که یک ژن، که نظریهٔ خنثی بودن در موردِ آن صدق می‌کند، هیچ تأثیری بر بدن ندارد. بلکه منظورم این است که نسخهٔ جهش‌یافتهٔ ژن دقیقاً همان تأثیری را دارد که نسخهٔ جهش‌نایافتهٔ آن دارد. خودِ آن ژن، هر چه قدر هم مهم یا بی‌اهمیت باشد، نسخهٔ جهش‌یافتهٔ آن دقیقاً همان اثری را دارد که نسخهٔ جهش‌نایافتهٔ آن دارد. بر خلافِ شبه‌ژن‌ها، که درباره‌شان می‌توان گفت خودِ ژن کاملاً خنثی است، در اینجا داریم از مواردی صحبت می‌کنیم که، در آن‌ها، تنها ***جهش‌ها*** (یعنی تغییراتِ درونِ ژن‌ها) منحصراً خنثی تلقی می‌شوند، نه خودِ ژن‌ها.

جهش‌ها را به دلایلِ مختلفی می‌توان خنثی تلقی کرد. کدِ دی.ان.ای «کدی هم‌پیامد[1]» است. این اصطلاح اصطلاحی تخصصی است و به این معناست که بعضی «کدواژه»ها کاملاً مترادفِ یک‌دیگراند.[xii] وقتی که یک ژن به یکی از «مترادف»هایِ خود جهش یافت، بهتر است زحمتِ «جهش‌یافته» خواندنِ آن را به خود ندهید. در واقع، اگر، از لحاظِ پیامدهایش در بدن، آن را بررسی

[1] degenerate code

کنیم، اصلاً جهش به حساب نمی‌آید. و، به همین دلیل، از دیدِ انتخابِ طبیعی هم، اصلاً جهش به حساب نمی‌آید. اما، از دیدگاهِ متخصصانِ ژنتیکِ مولکولی، جهش محسوب می‌شوند؛ چرا که، به کمکِ روش‌هایی که دارند، قادر به مشاهدهٔ <تغییرات‌شان> هستند. مانندِ این است که واژهٔ «کانگورو» را با دو قلمِ[1] متفاوت بنویسم. شما همچنان می‌توانید این واژه را بخوانید و همچنان هم به همان حیوانِ جهندهٔ استرالیایی اشاره دارد. تغییرِ قلمِ Minion به Helvetica قابلِ دید است، اما تغییری در معنا ایجاد نمی‌کند.

اما همهٔ جهش‌هایِ خنثی این‌قدر خنثی نیستند. گاه ژنِ جدید به پروتئینِ جدیدی ترجمه می‌شود، اما «جایگاهِ فعال[2]» («دندانه»هایِ به‌دقت-شکل-گرفته‌ای که، در فصلِ ۸، با آن آشنا شدیم) در پروتئینِ جدید همان جایگاهِ فعالِ پروتئینِ قبلی خواهد بود. در نتیجه، واقعاً هیچ تأثیری بر رشدِ بدنیِ رویان نخواهد داشت. شکلِ جهش‌نایافته و جهش‌یافتهٔ ژن، از لحاظِ تأثیرات‌شان بر رویِ بدن، همچنان مترادف هستند. این نیز ممکن است (با وجودِ این که «داروین‌گراهایِ افراطی» چون من مایل به پذیرفتنِ آن نیستند) که بعضی از جهش‌ها واقعاً بدن را تغییر بدهند، اما تغییرات‌شان به گونه‌ای باشد که هیچ تأثیری بر بقا نداشته باشد.

پس، به منظورِ جمع‌بندیِ نظریهٔ خنثی بودن، این که بگوییم یک ژن یا جهش «خنثی» است به این معنا نیست که خودِ ژن بی‌فایده است. می‌تواند برایِ بقایِ حیوان خیلی هم مهم باشد. خنثی بودنِ ژن به این معناست که نسخهٔ جهش‌یافتهٔ یک ژن (چه برایِ بقا مهم باشد چه نباشد)، از لحاظِ تأثیراتِ آن بر بقا (که ممکن است خیلی هم مهم باشند)، ***تفاوتی*** با نسخهٔ جهش‌نایافتهٔ آن ندارد. این طور که بر می‌آید، شاید درست باشد که بگوییم عمدهٔ جهش‌ها خنثی هستند. انتخابِ طبیعی قادر به کشفِ آن‌ها نیست، اما متخصصانِ ژنتیکِ مولکولی از این کار بر می‌آیند و این ویژگی‌ها ترکیبی آرمانی برایِ یک ساعتِ فرگشتی هستند.

---

[1] . font

[2] active site

هیچ یک از این حرف‌ها به معنیِ کم‌اهمیت جلوه دادنِ نوکِ کوهِ یخ نیست. بخشِ کمتری از جهش‌ها خنثی نیستند. آن‌ها هستند که، مثبت یا منفی، در فرگشت یا پیشرفتِ <موجودات> انتخاب می‌شوند. آن‌ها هستند که می‌توانیم تأثیرات‌شان را ببینیم. انتخابِ طبیعی نیز آن‌ها را «می‌بیند». آن‌ها همان ژن‌هایی هستند که باعث می‌شوند این توهمِ شگفت‌انگیز پیش بیاید که موجوداتِ زنده را کسی طراحی کرده است. اما این مابقیِ کوهِ یخی — جهش‌هایِ خنثایی که اکثریت را تشکیل می‌دهند — است که، در بحثِ ساعتِ مولکولی، برایِ ما مهم است.

با گذرِ زمانِ زمین‌شناختی، سیلی از «خراش»هایِ گوناگون در شکلِ جهش‌ها به وجود می‌آید. در موردِ آن بخشِ کوچک از ژنوم، که جهش‌هایِ مهمِ معطوف به بقا هستند، انتخابِ طبیعی به سرعت شرِّ بدها را می‌کند و به نفعِ خوب‌ها عمل می‌کند. اما جهش‌هایِ خنثی قسر در می‌روند و رویِ هم انباشته می‌شوند و کسی هم متوجهِ آن‌ها نمی‌شود، به جز متخصصانِ ژنتیکِ مولکولی. و در اینجا به اصطلاحِ تخصصیِ جدیدی نیاز داریم: ***تثبیت***[1]. یک جهشِ جدید، اگر واقعاً جدید باشد، تعدادش در استخرِ ژنی کم است. اگر، یک میلیون سالِ بعد، دوباره به استخرِ ژنی سر بزنید، این امکان وجود دارد که فراوانیِ آن جهش به صد درصد یا چیزی نزدیک به آن رسیده باشد. اگر چنین چیزی رخ دهد، گفته می‌شود که آن جهش «تثبیت» شده است. دیگر به آن به چشمِ جهش نگاه نمی‌کنیم، بلکه نُرمِ <آن استخرِ ژنی> شده است. یک جهش، از طریقی واضح، یعنی وقتی که انتخابِ طبیعی به نفعش عمل کند، تثبیت می‌شود. اما یک راهِ دیگر هم وجود دارد. ممکن است اتفاقی به تثبیت برسد. همان گونه که یک نامِ خانوادگیِ پرافتخار ممکن است، به دلیلِ نبودِ وارثانِ مذکر، از بین برود، جایگزینِ جهش‌هایی که موضوعِ بحث‌مان هستند نیز ممکن است، به صورتِ اتفاقی، ناپدید شوند. خودِ جهش هم ممکن است — همان طور که بخت با نامِ خانوادگیِ «اسمیت[2]» یار بود و به رایج‌ترین نامِ خانوادگی در انگلیس بدل شد — در استخرِ ژنی رایج شود. البته که اگر

[1] fixation

[2] Smith

ژن به دلیلِ موجهی (یعنی انتخابِ طبیعی) تثبیت شود، جالب‌تر است، اما این امر، در صورتِ گذرِ نسل‌هایِ کافی، به صورتِ اتفاقی هم ممکن است رخ دهد. و زمانِ زمین‌شناختی به اندازه‌ای گسترده است که جهش‌هایِ خنثی، با سرعتِ قابلِ پیش‌بینی‌ای، به تثبیت برسند. سرعتِ به تثبیت رسیدن‌شان متفاوت است، اما این‌ها ویژگی‌هایِ متمایزکنندهٔ ژن‌هایِ مختلف هستند و، با توجه به این که بیشترِ جهش‌ها خنثی هستند، دقیقاً همین امر است که باعث می‌شود بتوانیم از ساعت‌هایِ مولکولی استفاده کنیم.

این تثبیت است که در ساعتِ مولکولی اهمیت دارد؛ چرا که، وقتی می‌خواهیم حیوان‌هایِ امروزی را بررسی کنیم تا بفهمیم که، در چه زمانی، نیاکان‌شان منشعب شده‌اند، ژن‌هایِ «ثابت»شان را بررسی می‌کنیم. ژن‌هایِ ثابت ژن‌هایی هستند که عاملِ تمایزِ یک گونه هستند. این ژن‌ها هستند که، به هیچ وجه، در استخرِ ژنی فراگیر نیستند. و ما می‌توانیم برایِ تخمینِ زمانِ جدا شدنِ دو گونه از هم، ژن‌هایِ تثبیت‌شده در یکی از گونه‌ها را با ژن‌هایِ تثبیت‌شده در گونهٔ دیگر مقایسه کنیم. مشکلاتی در این راه وجود دارد که در اینجا به آن‌ها نمی‌پردازم؛ چرا که من و یان وونگ[1]، در «سخنِ نهایی در ماجرایِ کرمِ مخملی[2]» مفصلاً در موردشان بحث کرده‌ایم. با یک سری ملاحظات و <اِعمالِ> چند عاملِ اصلاحیِ مهم، می‌توانیم از ساعتِ مولکولی استفاده کنیم.

همان گونه که ساعت‌هایِ رادیواکتیو با سرعت‌هایِ متفاوتی پیش می‌روند و نیمه‌عمرهایی متفاوت — از کسری از ثانیه گرفته تا ده‌ها میلیارد سال — دارند، ژن‌هایِ متفاوت نیز گسترهٔ حیرت‌انگیزی از ساعت‌هایِ رادیواکتیو را در اختیارِ ما قرار می‌دهند. از این رو، برایِ زمان‌سنجیِ تغییراتِ فرگشتی — در مقیاس‌هایی از یک میلیون سال گرفته تا میلیاردها سال و همهٔ مقیاس‌هایِ مابینِ آن‌ها — مناسب هستند. همان گونه که هر ایزوتوپِ رادیواکتیو نیمه‌عمرِ منحصر-به-خود را دارد، هر ژن نیز سرعتِ تبدیلِ خاصِ خود را دارد. («سرعتِ تبدیل» سرعتِ تثبیتِ جهش‌هایِ جدید،

---

[1] Yan Wong

[2] The Epilogue to the Velvet Worm's Tale

به صورتِ اتفاقی، است.) ویژگیِ ژن‌هایِ هیستون[1] این است که با سرعتِ یک جهش در یک میلیارد سال تثبیت می‌شوند. ژن‌هایِ فیبرینوپپتید[2] هزار برابر سریع‌تراند و سرعتِ تبدیلِ آن‌ها یک جهشِ تثبیت‌شده در یک میلیون سال است. سیتوکرومِ سی[3] و مجموعه ژن‌هایِ هموگلوبین سرعتِ تبدیلی میانِ آن دو دارند. سرعتِ تثبیتِ آن‌ها چند میلیون تا ده‌ها میلیون سال است.

ساعت‌هایِ رادیواکتیو و ساعت‌هایِ مولکولی، هیچکدام، مانندِ ساعت‌هایِ آونگی یا ساعتِ مچی سرعتِ «تیک-تاک» منظمی ندارند. اگر صدایِ تیک-تاک‌شان را می‌شنیدید، صداشان شبیهِ شمارش‌گرِ گایگر[4] می‌بود. در موردِ ساعت‌هایِ رادیواکتیو، واقعاً این قضیه صدق می‌کند؛ چرا که دقیقاً با شمارش‌گرِ گایگر است که صدایِ آن‌ها را می‌شنویم. شمارش‌گرِ گایگر مانندِ ساعتِ مچی نیست و تیک-تاکِ منظمی ندارد، بلکه تیک-تاکِ آن‌ها تصادفی است و همچون «شلیک»هایی عجیب و نامنظم شنیده می‌شود. اگر می‌توانستیم صدایِ <تیک-تاک> جهش‌ها و تثبیت‌هایِ مختلف را، در گذرِ مقیاسِ زمانیِ زمین‌شناختی — که بسیار طولانی است — بشنویم، چنین صدایی را می‌شنیدیم. اما یک ساعت چه تیک-تاکی نامنظم، همچون شمارش‌گرِ گایگر، داشته باشد و چه تیک-تاکی مترونوم‌گونه، همچون ساعتِ مچی، ویژگیِ مهمی که باید داشته باشد این است که تیک-تاکِ آن سرعتِ ***میانگینی*** مشخص داشته باشد. ساعت‌هایِ رادیواکتیو و ساعت‌هایِ مولکولی این ویژگی را دارند.

وقتی که ساعتِ مولکولی را معرفی کردم، گفتم که در آن فرض بر درستیِ فرگشت است و، از این رو، نمی‌توان از آن به عنوانِ مدرکی برایِ اثباتِ فرگشت استفاده کرد. اما اکنون که نحوهٔ کارکردِ این ساعت را درک کرده‌ایم، می‌بینیم که چنین حرفی بدبینانه است. صِرفِ وجودِ شبه‌ژن‌ها

---

[1] Histone

[2] Fibrinopeptide

[3] Cytochrome-C

[4] Geiger counter

(که ژن‌هایی بی‌فایده هستند، پیاده‌سازی نمی‌شوند، و شباهتِ قابلِ‌توجهی هم به ژن‌هایِ مفید دارند) نمونه‌ای تمام‌عیار است که نشان می‌دهد چگونه سرگذشتِ هر حیوان و گیاه، بر سراسرِ وجودش، نوشته شده است. اما بررسیِ این موضوع را به فصلِ بعد موکول می‌کنیم.

[i] شاید از شنیدنِ این که اسب‌ها در آمریکایِ شمالی فرگشت کرده‌اند، تعجب کنید؛ چرا که بیشترِ افراد می‌دانند که وقتی متجاوزانِ اروپایی، برایِ نخستین بار، واردِ قارهٔ آمریکا شده بودند، افرادِ بومی از دیدنِ این که آن‌ها سوار بر اسب هستند تعجب کرده بودند. بخشِ عمدهٔ فرگشتِ اسب واقعاً در آمریکا رخ داده بود. سپس، اسب، اندکی (البته بر اساسِ معیارِ زمین‌شناختی) پیش از انقراضش در آمریکا، در دیگر نقاطِ جهان نیز گسترش یافته بود. اسب‌ها حیواناتی <اصالتاً> آمریکایی هستند که انسان، دوباره، آن‌ها را واردِ آمریکا کرده است.

[ii] یک استخوانِ واحد در پستان‌داران. فکِ پایینیِ خزندگان پیچیده‌تر است و داستانِ جذابی دربارهٔ آن وجود دارد که، با تردید، آن را از این کتاب حذف کردم (آخَر، داشتنِ همه چیز ناممکن است). طیِ یک سری تردستیِ خارق‌العادهٔ فرگشتی، استخوان‌هایِ کوچکِ فکِ پایینِ خزنده‌ایِ آن به گوشی پستاندارگونه تبدیل شده‌اند. این نوع گوش از پلی بسیار زیبا و ظریف تشکیل شده است که صدا را از پردهٔ گوش (eardrum) به گوشِ درونی (inner ear) منتقل می‌کند.

[iii] <در زبانِ انگلیسی>، محبوبیتِ واژهٔ هلندیِ «wildebeest»، به جایِ «gnu» <به معنیِ کلِ یال‌دار>، روز به روز، در حالِ افزایش است. اما من تلاش می‌کنم که واژهٔ «gnu» را حفظ کنم؛ چرا که اگر کاملاً از بین برود، دیگر ترانهٔ بامزه و خلاقانهٔ فلاندرز اَند سوآن ( Flanders and Swann) معنیِ خود را از دست داد.

(“Gnor am I in the least / Like that dreadful hartebeest / Oh gno gno gno, I’m a gnu!”)

[iv] به نظرم خوانندگانِ این کتاب آگاه هستند و مانندِ نویسنده (نویسندگان) سفرِ لاویان (Leviticus) فکر نمی‌کنند که خفاش‌ها جزءِ پرندگان هستند. فصلِ یازدهمِ لاویان، آیاتِ ۱۳ تا ۱۹، فهرستِ بلندبالایی از پرندگانِ نجس است که با عقاب شروع می‌شود و به این موارد ختم می‌شود: «لک‌لک،

مرغِ ماهی‌خوار و مانندِ آن، خروسِ کولی، و خفاش». حالا این که چرا باید یک سری از حیوانات «نجس» خوانده و تقبیح شوند خود سؤال دیگری است. در بسیاری از ادیان، چنین چیزی وجود داشته است.

[۷] در گذشته، زیست‌شناسان هموگلوبینِ گیاهی را نمونه‌ای احتمالی از وام‌گیریِ دی.ان.ای، از قلمروِ حیوانات توسطِ گیاهان، بر می‌شمردند. گیاهانِ تیرهٔ باقلاییان (Leguminosae; pea famiily) «گِرهَک»هایی (nodule) بر رویِ ریشه‌هایِ خود دارند. باکتری‌هایی در این گرهک‌ها زندگی می‌کنند که نیتروژن را از جوّ می‌گیرند و آن را در اختیارِ گیاه قرار می‌دهند. به همین خاطر است که کشاورزان معمولاً گیاهی از تیرهٔ باقلاییان، همچون شبدر (clover) و ماشک (vetch)، را در تناوب‌هایِ خود کشت می‌کنند. این کار باعث می‌شود نیتروژن، که ماده‌ای ارزشمند است، واردِ خاک شود؛ مخصوصاً اگر گیاهِ شبدر، زیرِ خاک، دفن شود. گرهک‌ها رنگی مایل به قرمز دارند؛ چرا که حاویِ نوعی هموگلوبین هستند، هموگلوبین‌هایی شبیهِ مولکول‌هایِ حاملِ اکسیژن که خونِ ما را قرمزرنگ می‌کنند. ژن‌هایِ تولیدِ هموگلوبین در ژنومِ گیاه هستند، نه در ژنومِ باکتری. هموگلوبین <مولکول> مهمی برایِ باکتری است؛ چرا که نیاز به اکسیژن دارد. می‌توان گفت که این امر قراردادی بینِ باکتری و گیاه است: باکتری نیتروژنِ قابلِ استفاده در اختیارِ گیاه قرار می‌دهد و گیاه نیز به باکتری خانه و اکسیژنِ قابلِ استفاده — که از طریقِ هموگلوبین به باکتری منتقل می‌شود — می‌دهد. از آنجا که عادت داریم هموگلوبین را با خون تداعی کنیم، طبیعی بوده است که این سؤال پیش بیاید که شاید ژنِ سازندهٔ آن، به نحوی — مثلاً از طریقِ انتقال توسطِ یک باکتری — از ژنومِ حیوانات وام گرفته شده باشد. در واقع، «وام گرفتن» ایدهٔ ارزشمندی می‌توانست باشد. اما افسوس که این ایده، یعنی ایدهٔ انتقالِ خونِ خارق‌العاده، درست نیست. شواهدِ زیست‌شناسیِ مولکولی نشان می‌دهد که هموگلوبین از ساکنانِ کهنِ ژنومِ گیاه است. آن‌ها وام گرفته نشده‌اند. از قدیم‌الایام در <ژنومِ گیاهان> می‌زیسته‌اند.

[vi] این واقعیت کمی معروف است که بعضی از دایناسورها، در لگنِ خود، گانگلیونِ بسیار بزرگی داشته‌اند (دستِ کم نسبت به مغزِ سرشان). این گانگلیون آن قدر بزرگ است که شایستهٔ عنوانِ «مغزِ دوم» باشد. این مطلب این ابیاتِ زیبا و لطیف، سرودهٔ برت لستون تایلور (Bert Leston Taylor)، طنزنویسِ آمریکایی (۱۹۲۱-۱۸۶۶)، را به خاطرم می‌آورد:

دایناسورِ قوی را بنگر،
قهرمانِ افسانه‌هایِ ماقبلِ-تاریخ،
نه فقط به لطفِ توان و دوامش،
که به لطفِ عقلِ بی‌کرانش.
همان طور که از این بقایا پیداست،
این موجود از دو مغز بهره داشته،
یکی در سرش (همان جایِ معمول)،
دیگری در تهِ ستونِ فقراتش،
پس هم قوهٔ تعقلِ پیشینی داشته
و هم قوهٔ تعقلِ پسینی.
از هیچ مشکلی باکی نداشته است
هم سر از آن در می‌آورده و هم ته.
چنین پیرِ فرزانه‌ای بوده است؛ خردمند و باشکوه
هر مشکلی را به ستونِ فقراتش حواله می‌کرده.
اگر یکی از مغزها میل به حلِ مشکل داشت
یکی دو تا ایده می‌پرداخت.

اگر سرش از نکته‌ای غافل می‌مانده است
تهش آن را در می‌یافته.
و اگر تصمیمِ ناصوابی می‌گرفته
مغزِ دیگری هم برایِ بازاندیشی داشته است.
چون دو بار حرفش را مزمزه می‌کرده
هیچ وقت از گفته‌اش پشیمان نمی‌شده است.
هیچ وقت سرش شلوغ نمی‌شده است
و همهٔ جوانبِ ماجرا را می‌سنجیده.
آه، به این حیوانِ مدل‌سازی شده بنگر
که بیش از ده میلیون سال است که دیگر نیست.

[vii] دارسی تامپسون بی‌شک یکی از فاضل‌ترین دانشمندانِ تاریخ بوده است. به زبانِ انگلیسیِ زیبا و فاخری می‌نوشت، چندین مقالهٔ ریاضی چاپ کرد، و دانشور و استادِ تاریخِ طبیعی در قدیمی‌ترین دانشگاهِ اسکاتلند بود. از همهٔ این‌ها گذشته، کتابش مملو از نقلِ قول‌هایی است که گمان می‌کرده نیازی به ترجمه نداشته است (چه قدر زمانه عوض شده است!)؛ نقلِ قول‌هایی از زبانِ لاتین، یونانی، ایتالیایی، آلمانی، فرانسوی، و حتی گویشِ پرُوانسی (Provençal) (در موردِ آخری منت می‌نهاده و آن را ترجمه می‌کرده است، اما به فرانسوی!).

[viii] از دیدِ سخت‌گیرانه، دو شکلِ زمانی همسان‌ریخت هستند که بتوان یکی را، بدونِ کم-و-زیاد کردنِ آن، به دیگری تبدیل کرد.

[ix] شاید لازم باشد، در به کار بردنِ عبارتِ «همهٔ موجوداتِ زنده» درنگ کرد. در یکی از بخش‌هایِ قبلیِ این فصل، دیدیم که اصلِ «عدمِ وام‌گیری»، تقریباً به طورِ کامل، در موردِ حیوانات و گیاهان

صدق می‌کند، اما باکتری‌ها بحث‌شان جداست. در میانِ باکتری‌ها (و آرکیاها، که، در نگاهی سطحی، شبیه به باکتری‌ها هستند، اما خویشاوندیِ نسبتاً دوری با آن‌ها دارند)، تبادلِ ژن به وفور انجام می‌شود. تبادلِ دی.ان.ای، در بینِ حیوانات، از طریقِ آمیزشِ جنسی صورت می‌گیرد، اما باکتری‌ها نوعی «کپی-پیست کردنِ» خاصِ خود را دارند که از طریقِ آن، حتی با گونه‌هایِ دور از خود، به انتقالِ دی.ان.ای می‌پردازند. این که این همه به مدح-و-ثنایِ ایدهٔ «یک نمودارِ درختیِ حیاتِ درست»، برایِ حیوانات و گیاهان، پرداختم کارِ بجایی بود، اما وقتی سخن از میکروارگانیسم‌ها به میان می‌آید قضیه کمی پیچیده‌تر می‌شود. به قولِ همکارِ فیلسوفم، دَن دِنت (Dan Dennett)، اگر نمودارِ درختیِ حیاتِ حیوانات همچون بلوطی (oak) شکوهمند و پربار باشد، نمودارِ درختیِ حیاتِ باکتری‌ها بیشتر به درختِ انجیرِ هندی (banyan) شبیه است. در موردِ باکتری‌ها، گردآوریِ «یک نمودارِ درختیِ درست» برایِ هر ژن، به صورتِ جداگانه، مزایایِ فراوانی دارد، فارغ از این که آن ژن درونِ چه باکتری‌ای وجود داشته است. عجب چشم‌اندازِ خارق‌العاده‌ای! داروین اگر بود، حظ می‌کرد.

[x] *حسابان به زبانِ ساده (Calculus Made Easy)*، نوشتهٔ سیلوانوس پی. تامپسون (Silvanus P. Thompson)، را پدر بزرگم، که مهندس بود، به من پیشنهاد کرد. اولین باری که آن را خواندم، وقتی که دیدم تامپسون، هنگامِ معرفیِ $e$، با خطِ مورب نوشته بود *«عددی که هرگز نباید فراموش شود»*، مو بر تنم سیخ شد. یکی از نتایجِ استفاده از $e$، به جایِ، مثلاً، عددِ ۲، به عنوانِ ضریبِ انتخابی، این است که می‌توان داروین را، از طریقِ تفریقِ لگاریتم‌هایِ طبیعی از یک‌دیگر، محاسبه کرد. دانشمندانِ دیگری نیز «هالدین» را، به عنوانِ واحدِ شمارشِ سرعتِ فرگشتی، پیشنهاد داده‌اند.

[xi] کسانی که، از رویِ طعنه، به من لقبِ «داروین‌گرایِ افراطی» (ultra-Darwinist) دادند قصدشان این بود که به من بر بخورد، غافل از این که من این را به هیچ وجه توهین نمی‌دانم.

[xii] اصطلاحِ «هم‌پیامد» با اصطلاحِ «حشوی» یا «زائد» (redundant) — که اصطلاحی تخصصی در نظریهٔ اطلاعات است — هم‌معنا نیست، هر چند که معمولاً با یک‌دیگر اشتباه گرفته می‌شوند. «کدِ زائد» به کدی اشاره دارد که پیامی یکسان را، بیش از یک بار، مخابره می‌کند (برایِ نمونه، «او یک زنِ مؤنث است.» جنسیت را دو بار بیان می‌کند). مهندسان، برایِ پیشگیری از بروزِ خطاهایِ مخابره‌ای، از کدهایِ زائد استفاده می‌کنند. اما کدِ هم‌پیامد به کدی اشاره دارد که در آن چند «واژه» به مفهومی یکسان اشاره دارند. برایِ نمونه، در کدهایِ ژنتیکی، CUC و CUG هر دو به صورتِ «لوسین» (Leucine) ترجمه می‌شوند. از این رو، جهش از CUC به CUG تفاوتی ایجاد نمی‌کند. «هم‌پیامد» یعنی این.

# فصلِ ۱۱: سرگذشتِ نقش‌بسته بر سراسرِ بدن‌مان

در آغازِ این کتاب، معلمِ لاتینی را مثال زدم که مجبور بود وقت و انرژی‌اش را صرفِ اثباتِ این قضیه بکند که رومیان و زبان‌شان زمانی وجود داشته‌اند. حال، بگذارید به این مثال باز گردیم و ببینیم واقعاً چه شواهدی برایِ <وجودِ> امپراتوریِ روم و زبانِ لاتین وجود دارد. من در بریتانیا زندگی می‌کنم و، همچون دیگر کشورهایِ اروپایی، روم بر جایِ-جایِ کشورم از خود ردِ خود را به جا گذاشته، نقشِ آن بر مکان‌هایِ مهمِ کشورم به جا مانده، و زبان و تاریخِ آن با زبان و ادبیاتِ ما آمیخته است. اگر گذرتان به دیوارِ هادْریان[1] بخورد، خواهید دید که مردمِ محلی همچنان نامِ «دیوارِ رومی[2]» را برایِ آن ترجیح می‌دهند. من <و هم‌کلاسی‌هایم>، هر یک‌شنبه دوشادوشِ هم، از مدرسهٔ شبانه‌روزی‌مان، واقع در سالزبریِ[3] (تقریباً) جدید، تا قلعهٔ سنگیِ رومیِ اُلد ساروم[4]، پیاده می‌رفتیم. شما هم در آن منطقه قدم بزنید و به نجوایِ خیالیِ روحِ سربازانِ مردهٔ سپاهِ روم گوش دهید. به یکی از نقشه‌هایِ اُردْنانس سِروِیِ[5] انگلیس نگاه کنید. تقریباً در کنارِ هر مسیرِ روستاییِ طویل و متروکه، مخصوصاً آن جاده‌هایِ کالسکه‌رو که انگار با خط‌کش کشیده شده‌اند و سرزمین‌هایِ سبز آن‌ها را از هم جدا کرده است، نامی رومی را خواهید دید. آثارِ به‌جامانده از امپراتوریِ روم ما را احاطه کرده‌اند.

---

[1] Hadrian's Wall

[2] The Roman Wall

[3] Salisbury

[4] Old Sarum

[5] ***اردنانس سروی*** (Ordenance Survey) سازمانی در انگلستان است که مسئولیتِ تهیهٔ نقشه‌هایِ رسمیِ این سرزمین را به عهده دارد. ویراستار

سرگذشتِ موجوداتِ زنده نیز بر سراسرِ بدن‌شان نقش بسته است. دی.ان.ایِ موجوداتِ زنده آکنده است از معادل‌هایِ زیست‌شناختیِ راه‌ها، دیوارها، بناها، ظروفِ سفالی، و حتی سنگ‌نوشته‌هایِ کهن، که آماده‌اند که دانشوران آن‌ها را تفسیر کنند.

آکنده از این نمونه‌ها هستند؟ بله، در معنایِ واقعی. وقتی که سردتان می‌شود، می‌ترسید، یا غزلی بی‌مانند از شکسپیر لرزه بر اندام‌تان می‌اندازد، مو بر تن‌تان سیخ می‌شود. چرا؟ به این خاطر که نیاکانِ ما پستان‌دارانی معمولی بوده‌اند که همهٔ بدن‌شان مو داشته است و این موها به فرمانِ دماپایی (ترموستاتی)[1] حساس در بدن سیخ یا صاف می‌شده‌اند. هنگامِ سرما، موها سیخ می‌شده‌اند و لایه‌ای عایق، متشکل از هوایِ محبوس، را تشکیل می‌داده‌اند. اما هنگامِ گرما، موهایِ بدن می‌خوابیده است و اجازه می‌داده که گرما راحت‌تر از بدن خارج شود. در مراحلِ بعدیِ فرگشت، این سامانهٔ سیخ کردنِ مو تغییرِ کاربری داد و در بیانِ احساسات به کار گرفته شد. داروین یکی از نخستین کسانی بود که به اهمیتِ این موضوع پی برده بود و و در کتابی، به نامِ ***بیانِ احساسات***[2]، از آن سخن گفته بود. دلم نمی‌آید چند جمله از کتاب را — که نمونه‌ای عالی از نبوغِ سرشارِ داروین است — برای‌تان نقل نکنم:

> آقایِ ساتن[3]، مراقبِ باهوشِ باغ‌هایِ جانورشناسی، شامپانزه‌ها و اورانگوتان‌ها را برایِ من به دقت زیرِ نظر گرفته بود. طبقِ گفتهٔ او، وقتی که چیزی ناگهانی، همچون رعد و طوفان، آن‌ها را می‌ترساند یا وقتی که سر به سرشان می‌گذاریم و خشمگین می‌شوند، موهایِ بدن‌شان سیخ می‌شود. یک بار شامپانزه‌ای را دیدم که، با دیدنِ هیزم‌کشی زغال‌آلود، ترسیده بود و مویِ سراسرِ بدنش سیخ شده بود. . . یک بار ماری مصنوعی را واردِ قفسِ میمون‌ها کردم و موهایِ چندین گونه از آن‌ها سریعاً سیخ شد. . . وقتی

---

[1] thermostat

[2] The Expression of the Emotions

[3] Sutton

که ماری مصنوعی را به یک گرازِ بدبو نشان دادم، موهایِ پشتش، به طرزِ شگفت‌انگیزی، سیخ شد. گرازِ وحشی هم، وقتی که خشمگین می‌شود، چنین واکنشی را از خود نشان می‌دهد.

موهایِ گردن و پشتش، در هنگامِ خشم، سیخ می‌شود. وقتی هم که می‌ترسد، موهایش از پایه سیخ می‌شود و اندازهٔ ظاهریِ بدن‌اش را افزایش می‌دهد و، بدین سان، رقبا و درندگانِ خطرناک را از ترس فراری می‌دهد. حتی ما کَپی‌هایِ برهنه نیز هنوز از تجهیزاتِ لازم برایِ سیخ کردنِ موهایِ ناموجود (یا به-ندرت-موجودِ) بدن‌مان برخورداریم و، وقتی که چنین می‌شود، می‌گوییم که مو بر تن‌مان سیخ شده است. تجهیزاتِ سیخ کردنِ مو ***اثری به‌جامانده*** <از نیاکان‌مان> هستند؛ یادگاری بی‌کاربرد از چیزی که زمانی در بدنِ نیاکان‌مان، که مدت‌هاست در خاک خفته‌اند، کاربردی داشته است. سیخ شدنِ موها، که بازمانده‌ای ژنتیکی است، تنها یکی از نمونه‌هایی است که نشان می‌دهد سرگذشتِ ما، بر بدن‌مان، نقش بسته است. این‌ها شواهدی قانع‌کننده هستند که نشان می‌دهند فرگشت واقعاً رخ داده است و این مدرک نیز از فسیل‌ها به دست نیامده است، بلکه در حیواناتِ امروزی مشاهده می‌شود.

در فصلِ پیش — که در آن دلفین را با ماهی‌ای به اندازه‌ای تقریباً برابر، به نامِ گالیت، مقایسه کردم — دیدیم که، برایِ پی بردن به سابقهٔ زندگیِ دلفین بر رویِ خشکی، خیلی هم نیازی نیست کاوش کنیم. باوجودِ این که قسمتِ بیرونیِ بدنِ دلفین شبیه به ماهی است به گونه‌ای که به راحتی می‌تواند در آب شنا کند؛ با وجودِ این که کلِ عمرِ خود را در آب سپری می‌کند و، اگر در ساحل گیر کند، زود می‌میرد؛ بر تار-و-پودِ دلفین — و نه گالیت — نقش بسته است که پستان‌داری خشکی‌زی است. به جایِ آب‌شُش، شُش دارد و، اگر نتواند برایِ هواگیری به سطحِ آب بیاید، همچون هر حیوانِ خشکی‌زی، در آب غرق می‌شود. تفاوتش این است که می‌تواند نفسش را، مدتی بسیار طولانی‌تر از یک پستان‌دارِ خشکی‌زی، حبس کند. دستگاهِ تنفسِ هوایش، از هر لحاظ، به گونه‌ای تغییر کرده است که بتواند با دنیایِ آبی‌اش سازگار شود. به جایِ این که، مانندِ هر پستان‌دارِ خشکی‌زیِ عادی، از دو حفرهٔ موجود در انتهایِ بینی‌اش نفس بکشد، یک حفره در بالایِ

سرش دارد که به آن اجازه می‌دهد، با اندکی بالا آمدن از سطحِ آب، نفس بکشد. این «سوراخِ تنفسی» دریچه‌ای دارد که محکم سفت می‌شود و از ورودِ آب جلوگیری می‌کند. همچنین، برایِ این که بتواند در زمانِ کوتاه‌تری نفس بگیرد، دهانهٔ سوراخِ تنفسی‌اش گشاد است. اسکوآیرِ فرانسیس سیبسون[1] [i]، در سالِ ۱۸۴۵، در یکی از نامه‌نگاری‌ها به انجمنِ سلطنتی، که احتمالاً داروین — از آن جهت که یکی از اعضایِ آن بوده است — آن را خوانده است، می‌نویسد: «عضلاتی که سوراخِ تنفسی را باز و بسته می‌کنند و بر مبنایِ مجموعه‌ای از کیسه‌هایِ هوایی عمل می‌کنند یکی از پیچیده‌ترین و، در عینِ حال، نفیس‌ترین تجهیزاتی است که در طبیعت یا هنر یافت می‌شود». دلفین، <طیِ فرگشتِ خود>، حتی این زحمت را به جان می‌خرد که یکی از مشکلاتی را برطرف کند که اگر، مانندِ ماهی، با آب‌شُش تنفس می‌کرد، هرگز با آن روبرو نمی‌شد. بسیاری از ریزه‌کاری‌هایِ سوراخِ تنفسی را می‌توان اصلاحاتی برایِ مشکلاتِ ثانوی قلم‌داد کرد که در پیِ «مهاجرتِ» دستگاهِ تنفسی، از بینی به بالایِ سر، بروز کرده‌اند. اگر واقعاً طراحی وجود داشت، از همان اول، آن را برایِ قرار گرفتن بر بالایِ سر طراحی می‌کرد؛ تازه آن هم در صورتی که تصمیم نگرفته باشد شُش‌ها را حذف کند و به جای‌شان آب‌شُش کار بگذارد. در سراسرِ این فصل، به مثال‌هایی از فرگشت بر خورده‌ایم که «اشتباه» یا یادگاری از گذشته، به نحوی، از طریقِ اقداماتی پس-از-واقعه، جبران یا بهینه‌سازی شده‌اند. اما اگر پایِ یک طراح در میان بود، به سراغِ تخته‌رسمش می‌رفت و آن را اصلاح می‌کرد. افزون بر این، ورودیِ پیچیده و پرجزئیاتِ سوراخِ تنفسیِ دلفین، به شیوایی، حکایت از این دارد که نیاکانِ بسیار قدیمیِ آن، بر رویِ خشکی، می‌زیسته‌اند.

به هزاران طریقِ دیگر، سرگذشتِ کهنِ دلفین و وال بر تار-و-پودشان نگاشته شده است؛ همان گونه که بازماندهٔ جاده‌هایِ رومی، در قالبِ راه‌هایِ متروکهٔ مال‌رو و کالسکه‌رو، در نقشهٔ انگلیس به جا مانده‌اند. وال‌ها پاهای عقبی ندارند اما استخوان‌هایِ بسیار ریزی در عمقِ بدن‌شان مدفون شده است. آن‌ها بازماندهٔ کمربندِ لگنی و پاهای عقبیِ نیاکان‌شان هستند است که بر رویِ

[1] Francis Sibson Esq.

زمین راه می‌رفته‌اند و مدت‌هاست منقرض شده‌اند. این نکته در موردِ گاوِ دریایی‌سانان و گاوِ دریایی[1] نیز صدق می‌کند. (تا کنون، چندین بار به این موضوع اشاره کرده‌ام: شکار به دست انسان گاوهایِ دریایی، فیل‌هایِ دریایی، و گاوِ دریاییِ استلِر[2] را تا آستانهٔ انقراض برده است.)[i i] گاوِ دریایی‌سانان با وال و دلفین خیلی فرق دارند اما آن‌ها تنها گروهی از پستانداران کاملاً دریایی هستند که هیچ گاه به ساحل نمی‌آیند. دلفین‌ها گوشت‌خوارانی سریع، بسیار پویا، و هوشمند هستند، اما گاوهایِ دریایی و فیل‌هایِ دریایی گیاه‌خوارانی کُند و خواب‌آلوده هستند. وقتی که داشتم از آکواریومِ گاوِ دریایی، در غربِ فلوریدا، دیدن می‌کردم، برایِ اولین بار در عمرم، از صدایِ بلندِ بلندگوهایی که آهنگ پخش می‌کردند خشمگین نشدم. آهنگِ آن چنان آرام‌بخش، خواب‌آور، و مناسبِ فضا بود که می‌شد از صدایِ بلندگوها گذشت. گاوهایِ دریایی و فیل‌های دریایی، بدونِ هیچ زحمتی، در تعادلی هیدرواستاتیک[3]، بر رویِ آب شناور می‌مانند. آن‌ها، مانندِ ماهی‌ها، به کمکِ مثانهٔ شنا[4] رویِ آب شناور نمی‌مانند، بلکه به استخوان‌هایِ سنگینی مجهز هستند که نقشِ وزنهٔ تعادلی در مقابلِ نیرویِ شناوری[5] چربی‌هاشان عمل می‌کند. از این رو، چگالیِ ویژهٔ آن‌ها بسیار به چگالیِ ویژهٔ آب نزدیک است و با انقباض یا انبساطِ قفسهٔ سینه‌شان می‌توانند تغییراتی جزئی در آن ایجاد کنند. هر یک از شُش‌هایِ آن‌ها دارایِ حفره‌ای جداگانه است (آن‌ها دو دیافراگمِ[6] مستقل دارند) که دقتِ کنترلِ نیرویِ شناوری‌شان را بالا می‌برد.

---

[1] sea cow

[2] Steller's sea cow

[3] hydrostatic equilibrium

[4] swim bladder

[5] buoyancy

[6] diaphragm

دلفین، وال، فیلِ دریایی، و گاوِ دریایی، همچون همهٔ پستان‌داران، نوزاد می‌زایند. در واقع، این عادت مختصِ پستان‌داران نیست. بسیاری از ماهی‌ها هم زنده‌زا[1] هستند، اما شیوهٔ زایش‌شان بسیار متفاوت است. (در واقع، تنوعِ خارق‌العاده‌ای در نحوهٔ زایشِ آن‌ها وجود دارد که بی‌شک، به صورتِ مستقل، فرگشت یافته‌اند.) پلاسنتایِ[2] دلفین، به طرزِ غیرِ قابلِ انکاری، پستاندارگونه است و، همچنین، عادتِ شیر دادن به بچه‌هاشان. مغزِ آن نیز، بی‌شک، مغزِ پستان‌داران است؛ آن هم مغزِ پستان‌دارانِ پیشرفته. قشرِ مغزِ پستان‌داران صفحه‌ای از مادهٔ خاکستری است که دورِ بخشِ خارجیِ مغز را پوشانده است. یکی از راه‌هایِ باهوش‌تر شدن افزایشِ مساحتِ این صفحه است. این امر از طریقِ افزایشِ اندازهٔ کلِ مغز و جمجمهٔ حاملِ آن میسر می‌شود. اما داشتنِ جمجمهٔ بزرگ معایبی نیز دارد. یکی این که متولد شدن را مشکل می‌کند. به این خاطر، پستان‌دارانِ باهوش، <طیِ فرگشتِ خود>، سعی می‌کنند که سطحِ این صفحه را، بدونِ تخطی از حدودی که جمجمه تعیین کرده است، افزایش دهند. آن‌ها از طریقِ ایجادِ چین-و-چروک‌هایی عمیق در این صفحه این امر را میسر می‌کنند. به این خاطر است که مغزِ انسان مانندِ مغزِ گردو چروکیده است و دلفین و وال تنها حیواناتی هستند که می‌توانند، از لحاظِ چروکیدگیِ مغز، با ما کَپی‌ها رقابت کنند. مغزِ ماهی‌ها اصلاً چروک ندارد. در واقع، آن‌ها قشرِ مغزی ندارند و کلِ مغزشان، در مقایسه با مغزِ دلفین و انسان، بسیار ریز است. سابقهٔ پستانداریِ دلفین در ژرفایِ سطحِ چروکیدهٔ مغزش نقش بسته است. این ویژگی یکی از خصائصِ پستانداری‌اش است. همان گونه که پلاسنتا، شیر، و قلبِ چهارحفره‌ای‌اش[3] از ویژگی‌هایِ پستانداری‌اش است و همان گونه که فکِ پایینی آن تنها یک استخوان دارد، خون گرم[4] است، و بسیاری از خصائصِ ویژهٔ پستانداری را دارد.

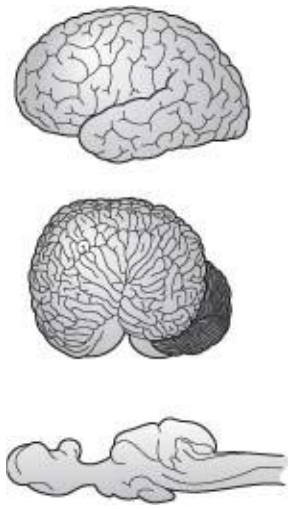
---

[1] livebearer

[2] Placenta یا جُفت.

[3] four-chambered heart

[4] warm-blooded



**شکل ۷۳ - مغزِ انسان (بالا)، مغزِ دلفین (وسط)، قزل‌آلایِ سرخ (پایین) (بدونِ مقیاس)**

به پستان‌داران و پرندگان «خون‌گرم» می‌گوییم، اما در واقع توانایی‌ای که از آن بهره‌منداند یکسان نگاه داشتنِ دماشان، صرفِ نظر از دمایِ بیرون، است. این توانایی بسیار سودمند است؛ چرا که همهٔ واکنش‌هایِ شیمیاییِ درونِ یک سلول می‌توانند، در دمایی بهینه، بهترین عملکرد را داشته باشند. حیواناتِ «خون‌سرد[1]» لزوماً سرد نیستند. اگر یک سوسمار و یک پستان‌دار، وقتی که خورشیدِ نیم‌روز در حالِ تابیدن است، در صحرایِ بزرگِ آفریقا قرار داشته باشند، خونِ سوسمار گرم‌تر خواهد بود. اما اگر یک سوسمار و یک پستان‌دار را درونِ برف رها کنید، خونِ سوسمار سردتر خواهد بود. آن پستان‌دار همیشه دمایِ یکسانی دارد و بدنش باید تلاش کند که، از طریقِ مکانیزم‌هایِ داخلی، دمایش را ثابت نگاه دارد. اما سوسمار، با استفاده از ابزارِ خارجی، دمایِ بدنش را تنظیم می‌کند. پس، هر وقت بخواهد خودش را گرم کند، به زیرِ آفتاب می‌رود و، هر وقت بخواهد خودش را خنک کند، به زیرِ سایه می‌رود. پستان‌داران دمایِ بدن‌شان را دقیق‌تر تنظیم می‌کنند و دلفین‌ها هم استثناء نیستند. در اینجا نیز می‌بینیم که سرگذشتِ پستان‌داری‌شان بر سراسرِ وجودشان نقش بسته است، با این که به زندگی در دریا — که بیشترِ موجوداتِ ساکنِ آن دمایِ ثابتی را حفظ نمی‌کنند — بازگشته‌اند.

[1] cold-blooded

## روزگاری پرندگانی مغرور بوده‌اند

بدنِ وال و گاوِ دریایی‌سانان آکنده از یادگارهایِ تاریخی است و ما به این خاطر متوجه‌شان می‌شویم که در محیطی بسیار متفاوت از محیطِ نیاکانِ خشکی‌زی‌شان زندگی می‌کنند. همین قضیه در موردِ پرندگانی که عادت و تجهیزاتِ لازم برایِ پروازِ را از دست داده‌اند نیز صدق می‌کند. همهٔ پرندگان پرواز نمی‌کنند، اما، در هر پرنده، دستِ کم بقایایی از اسبابِ پرواز به جا مانده است. شترمرغ و اِمو دوندگانِ سریعی هستند که پرواز نمی‌کنند اما همچنان ته‌مانده بالی دارند که از نیاکانِ بسیار دورشان، که توانایی پرواز داشته‌اند، به جا مانده است. افزون بر این، ته‌مانده بالِ شترمرغ همچنان فایده‌هایی دارد. با این که برایِ پرواز کردن زیادی کوچک هستند، هنگامِ دویدن در حفظِ تعادل و تغییرِ جهت ایفایِ نقش می‌کنند. همچنین، در خودنمایی‌هایِ اجتماعی و جنسی نیز به کار می‌آیند. پرهایِ کیوی[1] آن قدر کوچک است که از بیرونِ پوششِ پریِ ظریف و بیرونی‌اش پیدا نیستند، اما آثاری از استخوان‌هایِ بال در آن‌ها به جا مانده است. موآها کلِ بال‌شان را از دست داده‌اند. در ضمن، موطن‌شان نیوزلند است که بیش از حدِ متعارف پرندگانِ بی‌پرواز دارد. احتمالاً دلیلش این است که عدمِ وجودِ پستان‌داران جایِ وسیعی را برایِ هر موجودی، که می‌توانسته است با پرواز به آنجا بیاید، به جا گذاشته است. آن پیشتازانِ پرنده، به کمکِ بالِ خود، به آن سرزمین آمدند، اما بعدها، از آنجا که جایِ خالیِ پستان‌داران را بر رویِ زمین پر کردند، بالِ خود را از دست دادند. اما این امر احتمالاً در موردِ موآها[2] صدق نمی‌کند. چنان که بر می‌آید، پیش از این که بخشِ جنوبیِ قارهٔ بزرگِ گوندوانا به تکه‌هایی جداگانه (از جمله نیوزلند) بخش‌بندی شود که هر یک محموله‌ای از حیواناتِ گوندوانایی را بر دوش می‌کشیده‌اند، بی‌پرواز بوده‌اند. این امر بی‌گمان در موردِ کاکاپوها[3]، طوطیانِ

[1] kiwi

[2] moa

[3] kakapo

بی‌پروازِ نیوزلند[1]، صدق می‌کند. ظاهراً نیاکانِ پروازکننده‌شان آن قدر متأخر بوده‌اند که کاکاپو هنوز هم سعی می‌کند پرواز کند، با این که از تجهیزاتِ لازم برخوردار نیست و نمی‌تواند در این کار موفق شود. به قولِ داگلاس آدامز[2]، <در کتابِ> ***آخرین فرصتِ تماشا***[3]،

> این پرنده بسیار چاق است. نوعِ بالغِ نسبتاً بزرگِ آن حدودِ دو تا سه کیلوگرم وزن دارد و اگر احساس کند که دارد می‌افتد، می‌تواند، <برایِ حفظِ تعادلِ خود>، بال‌هایِ خود را کمی تکان دهد، اما پرواز برایِ آن امری محال است. اما، متأسفانه، به نظر می‌رسد که کاکاپو نه تنها پرواز را فراموش کرده است، بلکه حتی یادش رفته است که پرواز از یادش رفته. ظاهراً، وقتی که یک کاکاپو به طورِ جدی احساسِ خطر کند، گاه به سرعت از درخت بالا می‌رود و از آنجا، همچون یک تکه آجر، می‌پرد و همچون توده‌ای زمخت بر زمین فرود می‌آید.

اما شترمرغ، اِمو، و ریا دوندگانی فوق‌العاده هستند. پنگوئن‌ها و باکلان‌هایِ ناپَرِ گالاپاگوس شناگرهایِ ماهری‌اند. من این افتخار را داشته‌ام که با باکلانی ناپَر، در یک استخرِ سنگیِ بزرگ، در جزیرهٔ ایزابلا، شنا کنم. دیدنِ این که با چه سرعت و چالاکی شکاف‌هایِ زیرِ دریا را، یکی پس از دیگری، در می‌نوردید و این که چه زمانِ طولانی و نفس‌گیری می‌توانست زیرِ آب بماند (من لولهٔ تنفس داشتم) مسحورکننده بود. بر خلافِ پنگوئن‌ها، که از بال‌شان برایِ «پرواز در زیرِ آب» استفاده می‌کنند، بالکان‌هایِ گالاپاگوس، به کمکِ ران و پاهایِ بزرگ و به‌هم‌پیوستهٔ خود، در آب پیش می‌روند و از بال‌هاشان صرفاً برایِ حفظِ تعادل استفاده می‌کنند. اما تمامِ پرندگانِ بی‌پرواز، از جمله شترمرغ و هم‌نوعانش، که خیلی وقت است بالِ خود را از دست داده‌اند، به‌روشنی از نسلِ نیاکانی

---

[1] New Zealand's flightless parrot

[2] Douglas Adams

[3] Last Chance to See

هستند که از آن‌ها برایِ پرواز بهره می‌جسته‌اند. هیچ نظاره‌گرِ معقولی نمی‌تواند به حقیقتِ این امر شک کند. یعنی هر کسی که به آن بیاندیشد، باید به نظرش خیلی سخت — چرا نگوییم غیرِ ممکن؟ — بیاید که به امرِ واقعیِ فرگشت شک کند.

گروه‌هایِ بی‌شماری از حشرات نیز بالِ خود را از دست داده‌اند یا به شدت بال‌شان کوچک شده است. بر خلافِ حشراتی، مثلِ بیدِ کاغذ[1]، که از آغاز بی‌بال بوده‌اند، کَک[2] و شپش[3] بالی را از دست داده‌اند که نیاکان‌شان از آن بهره‌مند بوده‌اند. عضلاتِ بالِ شاپرک‌هایِ کولی[4] ماده به اندازهٔ کافی پیشرفته نیست و، از این رو، قادر به پرواز نیستند. نیازی هم به پرواز ندارند؛ زیرا برایِ جذب شاپرکِ نر ماده‌ای شیمیایی را تولید می‌کنند و نرها، که توانایِ کشفِ این ماده را، حتی در غلظت‌هایِ بسیار پایین، دارند، به سمتِ شاپرکِ ماده پرواز می‌کنند. شاید اگر توانایِ جابجاییِ ماده‌ها به خوبیِ نرها بود، این روش دیگر جواب نمی‌داد. چون تا نرها ردِّ مادهٔ شیمیایی را که به آهستگی پخش می‌شود بگیرند و به منبع برسند، منبعِ آن گذاشته و رفته است!

بر خلافِ بیشترِ حشرات، که چهار بال دارند، مگس‌ها، همان گونه که از نامِ لاتین‌شان، «Diptera»، بر می‌آید، تنها دو بال دارند. آن جفت بالِ دیگر کوچک شده‌اند و به یک جفت «بالهٔ ترازگر[5]» تبدیل شده‌اند. این باله‌هایِ ترازگر، همچون میل‌هایِ زورخانه‌ای که به آن شباهت دارند، همچون چرخش‌نما (ژیروسکوپ)هایی[6] خیلی ریز عمل می‌کنند. از کجا می‌دانیم که باله‌هایِ ترازگر از نسلِ بال‌هایِ نیاکانی‌اند؟ به چند دلیل. آن‌ها دقیقاً همان جایی را در جزءِ سومِ سینه‌گاه اشغال کرده‌اند که پرهایِ پروازی، در جزءِ دومِ سینه‌گاه (و، همچنین، جزءِ سوم، در دیگر حشرات) اشغال

---

[1] silverfish

[2] flea

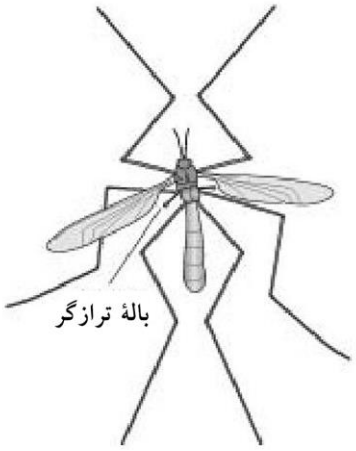
[3] lice

[4] gypsy moth

[5] halteres

[6] gyroscope

کرده‌اند. آن‌ها، مانندِ بال‌هایِ مگس، با الگویی هشتی (8)، حرکت می‌کنند. رشدِ رویانیِ آن‌ها مانندِ بال‌هاست. با وجودِ این که ریزاند، اگر، مخصوصاً طیِ دورهٔ رشدشان، به دقت به آن‌ها نگاه کنید — مگر این که انکارکنندهٔ فرگشت باشید — خواهید دید که آن‌ها بال‌هایی ناقص و حاصلِ اصلاحِ بال‌هایِ نیاکانی‌اند. شاهدی دیگر بر این ماجرا این است که مگس‌هایِ میوهٔ جهش‌یافته هم داریم — جهش‌هایِ هومیوتیک[1] — که رشدِ رویانیِ آن‌ها غیرِطبیعی است و باله‌هایِ ترازگر در نمی‌آورند، بلکه، همچون زنبورها یا سایرِ حشرات، یک جفت بال در می‌آورند.




**شکل ۷۴ - باله‌هایِ ترازگرِ مگسِ درنا[2]**

حالت‌هایِ میانجیِ بینِ بال و باله‌هایِ ترازگر، به چه شکلی می‌توانسته‌اند باشند و چرا انتخابِ طبیعی به نفعِ آن حالت‌هایِ میانجی عمل کرده است؟ داشتنِ نصفِ یک بالهٔ ترازگر چه فایده‌ای دارد؟ جِی. دابلیو. اِس. پرینگِل[3]، استادِ سابقِ من در دانشگاهِ آکسفورد — سیمایِ عبوس و نحوهٔ ایستادنِ خشکش باعث شده بود به او نامِ مستعارِ «جانِ خندان[4]» بدهند — نقشی کلیدی در کشفِ

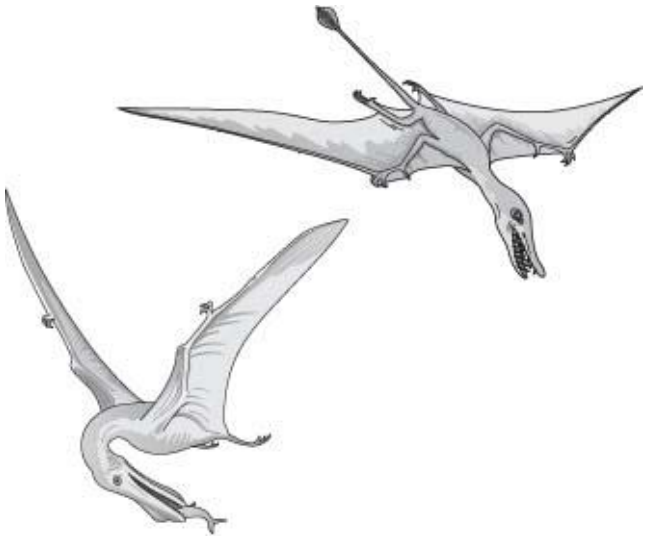
[1] homeotic mutant

[2] cranefly

[3] J. W. S. Pringle

[4] Laughing John

نحوهٔ کارِ بالههایِ ترازگر داشت. او می‌گفت که همهٔ حشرات اندام‌هایِ حسی در پایینِ خود دارند که چرخش‌ها و دیگر نیروهایِ وارده را حس می‌کنند. اندام‌هایِ حسیِ پایهٔ بالههایِ ترازگر بسیار به هم شبیه‌اند. این نیز گواهی دیگر بر این است که بالههایِ ترازگر بال‌هایی اصلاح‌شده‌اند. مدت زمانِ زیادی پیش از فرگشتِ بالههایِ ترازگر، اطلاعاتی که از اندام‌هایِ حسیِ موجود در پایه به دستگاهِ عصبی منتقل می‌شدند، هنگامِ پرواز، به بال‌هایِ حشره، که به سرعت به هم می‌خورند، این امکان را می‌داد که در نقشِ چرخش‌نمایی بدوی عمل کنند. از آنجا که تمامِ ماشین‌هایِ پروازی طبیعتاً ناپایدار هستند، باید این ناپایداری را به کمکِ ابزارِ دقیقِ پیچیده، مثلاً چرخش‌نما، جبران کنند.



**شکل ۷۵ - رامفورینکوس[1] (بالا) و آنهانگوئرا[2] (پایین)**

مسئلهٔ فرگشتِ پروازکنندگانِ پایدار و ناپایدار مسئلهٔ بسیار جالبی است. به این دو پِتروسور[3] درونِ شکل ۷۵ نگاه کنید. آن‌ها خزندگانی پروازی و منقرض‌شده هستند که در دورهٔ دایناسورها

[1] Rhamphorhynchus

[2] Anhanguera

[3] pterosaur

می‌زیسته‌اند. اگر *رامفورینکوس* را، که نوعی پِتروسورِ نخستین است (عکسِ بالایی)، به هر مهندسِ هواپیمایی نشان بدهید، به شما خواهد گفت که این پرنده، به دلیلِ دمِ بلند و زائدهٔ دستهٔ پینگ-پنگ‌مانندش، پرنده‌ای پایدار بوده است. *رامفورینکوس* نیازی به چرخش‌نمایِ کنترل‌کنندهٔ پیچیده، مانندِ باله‌هایِ ترازگرِ مگس، نداشته است؛ چرا که دمش باعثِ پایداریِ ذاتیِ آن می‌شده است. از طرفی، همان مهندسِ هواپیما به شما خواهد گفت که این پرنده توانایی مانورِ خیلی زیادی نداشته است. در هر ماشینِ پرنده‌ای، بده-بستانی بینِ پایداری و توانایی مانور وجود دارد. جان مینارد اسمیتِ بزرگ — اسمیت در ابتدا طراحِ هواپیما بود و بعد، برایِ تحصیل در رشتهٔ جانورشناسی، به دانشگاه برگشت چون به نظرش هواپیماها خیلی پر-سر-و-صدا و عهدِ بوقی بودند — گفته بود که حیواناتِ پروازکننده می‌توانند در تاریخِ فرگشتی، به عقب یا جلو، در امتدادِ این طیفِ بده-بستان، سفر کنند. گاه پایداریِ ذاتیِ خود را فدایِ مانورِ بیشتر می‌کنند، اما با ابزارِ دقیقِ پیشرفته‌تر و توانایی محاسبه (قدرتِ مغز) بیشتر بهایِ آن را می‌پردازند. در پایینِ شکل ۷۵، *آنهانگوئرا* را مشاهده می‌کنید. این پرنده یک پِترودائکتیلِ متأخرتر، متعلق به دورهٔ کِرتاسه، یعنی حدودِ ۶۰ میلیون سال پس از *رامفورینکوسِ* ژوراسیک، است. *آنهانگوئرا*، همچون خفاشی امروزی، تقریباً هیچ دُمی نداشته است. مطمئناً، همچون خفاش، «هواپیما»یی ناپایدار بوده است و برایِ کنترلِ دقیق و لحظه-به-لحظهٔ سطوحِ پروازی‌اش، مجبور بوده است بر ابزارِ دقیق و محاسبات تکیه کند.

البته، *آنهانگوئرا* بالهٔ ترازگر نداشته است. از این رو، می‌بایست برایِ حصولِ اطلاعاتِ مشابه از اندام‌هایِ حسیِ دیگری، احتمالاً کانال‌هایِ نیم‌دایره‌ایِ گوشِ درونی‌اش، استفاده می‌کرده است. این اندام، در آن پِتروسورهایِ مشاهده‌شده، واقعاً بزرگ بوده‌اند. البته این اندام در *رامفورینکوس* نیز بزرگ بوده که همین موجبِ تردیدِ نسبی در فرضیهٔ مینارد اسمیت می‌شود. بگذارید به بحثِ مگس‌ها باز گردیم. پرینگل می‌گوید که احتمالاً نیاکانِ چهاربالِ مگس‌ها شکم‌گاهِ بلندی داشته‌اند که آن‌ها را پایدار می‌کرده است. در این صورت، هر چهار بال همچون چرخش‌نماهایی ابتدایی عمل می‌کرده‌اند. سپس، نیاکانِ مگس‌ها به سمتِ قسمتِ پایدارترِ طیف مایل شده‌اند و، در نتیجه، قدرتِ مانورشان بالا رفته و، با کوچک شدنِ شکم‌گاه، پایداری‌شان کاهش یافته است. بال‌هایِ عقب به

تدریج به سمتِ بر عهده گرفتنِ وظیفهٔ چرخش‌نما مایل شده‌اند (البته وقتی هم بال بوده‌اند، به مقدارِ محدود، این کار را انجام می‌داده‌اند) و کوچک‌تر و اما نسبت به اندازه‌شان سنگین‌تر شده‌اند. در عینِ حال، بال‌هایِ جلو به تدریج بزرگ شده‌اند و قسمتِ بیشتری از مسئولیتِ پرواز را بر عهده گرفته‌اند. همان طور که بال‌هایِ جلو بارِ بیشتری از وظیفهٔ «هوانوردی[1]» را متقبل می‌شده‌اند و پاهایِ عقب کوچک می‌شده‌اند و وظایفِ هدایتِ پرواز را بر عهده می‌گرفته‌اند، تغییری تدریجی در پیوستار در حالِ رخ دادن بوده است.

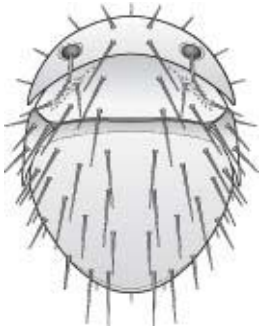
مورچه‌هایِ کارگر بال‌هایِ خود را از دست داده‌اند، اما توانایی بال در آوردن را از دست نداده‌اند. سابقهٔ بال‌دار بودن‌شان همچنان درون‌شان به کمین نشسته است. ما به این خاطر از این موضوع آگاهیم که مورچه‌هایِ ملکه[2] (و مورچه‌هایِ نر) بال دارند و مورچه‌هایِ کارگر[3] ماده‌هایی هستند که می‌توانسته‌اند ملکه شوند، اما بنا به دلایلِ محیطی (و نه ژنتیکی) نتوانسته‌اند ملکه شوند.[iii] چنان که بر می‌آید مورچه‌هایِ کارگر، طیِ فرگشت، به این خاطر بال‌هایِ خود را از دست داده‌اند که در زیرِ زمین برای‌شان دست-و-پا-گیر بوده است. مورچه‌هایِ ملکه گواهی بر این امر هستند. آن‌ها تنها یک بار از بال‌شان استفاده می‌کنند: برایِ پرواز از لانهٔ بومی‌شان، پیدا کردنِ جفت، و، سپس، مستقر شدن و تونل زدن برایِ ساختِ لانه‌ای جدید. وقتی که زندگیِ جدیدشان را در زیرِ زمین شروع می‌کنند، اولین کاری که می‌کنند این است که بال‌هاشان را از دست می‌دهند. در بعضی موارد، این کار را، در معنایِ واقعی، با خوردنِ بال‌هاشان انجام می‌دهند. شاهدی دردآور (شاید دردآور باشد، کسی چه می‌داند؟) که داشتنِ بال، در زیرِ زمین، دست-و-پا-گیر است. تعجبی ندارد که مورچه‌هایِ کارگر، از همان ابتدایِ امر، بال در نمی‌آورند.

---

[1] aviation

[2] queen ant

[3] worker ant



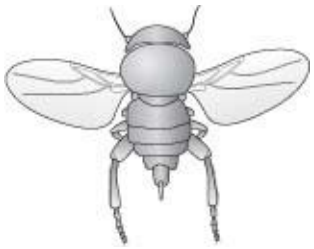
**شکل ۷۶ - مگسِ انگلی[1] از تیرهٔ فوریدا[2]**

شاید به دلایلی مشابه است که لانه‌هایِ مورچه و موریانه محفلِ دسته‌هایی از مفت‌خورانِ گوناگون است که از حاصلِ دست‌رنجِ پرمایهٔ آذوقه‌جویانی بازگشته از راه، که صف‌شان همیشه در جریان است، تغذیه می‌کنند. و داشتنِ بال همان قدر برایِ آن‌ها دست-و-پا-گیر است که برایِ خودِ مورچه‌ها اسبابِ زحمت است. چه کسی باور می‌کند که غولِ بی‌شاخ-و-دُمی که در شکل ۷۶ می‌بینید نوعی مگس است؟ اما نگاهی دقیق‌تر به آناتومیِ آن نه تنها مگس بودنِ آن را تأیید می‌کند، بلکه مشخص می‌کند که این انگلِ لانهٔ موریانه‌ها متعلق به تیره‌ای خاص از مگس‌ها، به نامِ فوریدا، است. در صفحهٔ بعد، تصویرِ عضوی عادی‌تر از این تیره را می‌بینید که چنان که بر می‌آید شباهتی نسبی به نیاکانِ بال‌دارِ موجودِ بی‌بال و عجیبِ بالا دارد. اما این مگس نیز انگلِ نوعی دیگر از حشراتِ اجتماعی است: انگلِ لانهٔ زنبورانِ عسل. می‌توانید ببینید که <سرِ> آن چه شباهتی به سرِ داس‌مانندِ هیولایِ عجیبِ صفحهٔ قبل دارد. و بال‌هایِ از-رشد-بازماندهٔ این هیولا، به شکلِ مثلث‌هایی بسیار ریز در طرفینِ آن، قابلِ مشاهده است.

---

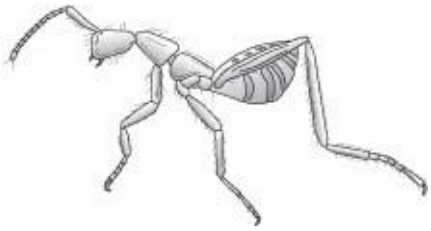
[1] parasitic fly

[2] Phoridae family



**شکل ۷۷ - یک مگسِ انگلیِ دیگر از تیرهٔ فوریدا**

دلیلِ دیگری نیز برایِ بی‌بالیِ این موجوداتِ کمین‌کننده، که در لانهٔ مورچه‌ها و موریانه‌ها جا خوش کرده‌اند، وجود دارد. بسیاری از آن‌ها (البته منظور مگس‌هایِ فوریدا نیست)، طیِ زمانِ فرگشتی، برایِ حفاظت از خود به مورچه‌ها شباهت پیدا کرده‌اند. هدفِ آن‌ها یا گول زدنِ مورچه‌هاست یا گول زدنِ درندگانِ احتمالی که، در صورتِ عدمِ شباهت‌شان به مورچه‌ها، آن‌ها را به مورچه‌ها، که کمتر به مذاق‌شان خوش می‌آید و حفاظتِ بهتری دارند، ترجیح می‌دادند. شاید هم هر دو مورد باشد. در نگاهی گذرا، چه کسی ممکن است متوجه شود که حشرهٔ زیر، که در لانهٔ مورچه‌ها زندگی می‌کند، به هیچ وجه مورچه نیست، بلکه <از راستهٔ> سوسک‌ها[1] است. باز این سؤال مطرح می‌شود که از کجا می‌دانیم؟ از شباهت‌هایِ عمیق و جزئیِ آن به سوسک‌ها که به مراتب بیشتر از شباهت‌هایِ سطحیِ آن به مورچه است: درست از همان راهی که می‌دانیم دلفین پستاندار است، نه ماهی. داشتنِ نیاکانی <از راستهٔ> سوسک‌ها بر تار-و-پودِ این موجود نقش بسته است، به جز (باز هم مانندِ دلفین‌ها) آن دسته از ویژگی‌هایِ سطحی‌اش که شباهتِ ظاهریِ آن - مثلِ بی‌بالی و داشتنِ ظاهری مورچه‌مانندِ - را تعیین می‌کنند.



**سوسک‌هایی در لباسِ مورچه**

[1] beetle

## چشمانِ ازدست‌رفته

همان طور که مورچه‌ها و هم‌سفرانِ زیرزمینیِ آن‌ها بال‌هایِ خود را از دست داده‌اند، نمونه‌هایِ بی‌شمارِ دیگری از حیوانات نیز، که در ژرفایِ غارهایِ تاریک زندگی می‌کنند، یا چشمانِ خود را از دست داده‌اند و یا چشمان‌شان به مراتب تقلیل یافته‌اند و، همان گونه که خودِ داروین نیز اشاره کرده است، تقریباً می‌توان گفت که کاملاً کور هستند. واژهٔ «تروگلوبیت[1]»[iv] برایِ اشاره به حیوانی ابداع شده است که صرفاً در تاریک‌ترین قسمت‌هایِ غار زندگی می‌کند و چنان <سبکِ زندگی‌اش> منحصر به آنجاست که زیستن در هیچ جایِ دیگری برایش ممکن نیست. تروگلوبیت‌ها حیواناتِ بی‌شماری را، از جمله سمندر، ماهی، میگو، خارچنگ[2]، هزارپاییان[3]، عنکبوت، و جیرجیرک[4]، در بر می‌گیرد. آن‌ها معمولاً سفیداند — چرا که تمامِ رنگ‌دانه‌هایِ خود را از دست داده‌اند — و، همچنین، کور هستند. اما معمولاً بقایایی از چشم <رویِ سرِ آن‌ها> به جا مانده است و دلیلِ ذکرِ <تروگلوییت‌ها> در اینجا نیز همین است. چشم‌هایِ وستیجیال مدرکی برایِ اثباتِ فرگشت‌اند. با توجه به این که سمندرهایِ غاری[5] (سمندرهایِ سفید) در تاریکیِ مطلق زندگی می‌کنند؛ اصلاً چشم به دردشان نمی‌خورد. با این حال، پس چه دلیلی می‌تواند داشته باشد که آفریننده‌ای الهی برایِ آنان چشمانی قلابی بگذارد، که مشخصاً به چشم مربوط‌اند، اما هیچ کاربردی ندارند؟

از طرفی هم، فرگشت‌گرایان باید توضیحی را برایِ این مسئله بیابند که، در جایی که نیازی به چشم نیست، چرا باید چشم کاملاً از دست برود؟ شاید بگوییم چه دلیلی دارد که موجودی، که

---

[1] troglobite

[2] crayfish

[3] millipedes

[4] cricket

[5] cave salamander

هیچ استفاده‌ای از چشمانش نمی‌کند، چشمانِ خود را از دست بدهد؟ آیا امکان ندارد که یک زمانی به کارش بیایند؟ اصلاً چرا «زحمتِ» از دست دادن‌شان را به خود بدهد؟ در ضمن، به این نکته توجه کنید که چه قدر سخت است از «قصد» و «هدف» سخن نگوییم و از هم‌ذات‌پنداری بپرهیزیم. اگر بخواهیم سخت بگیریم، اصلاً نباید از فعلِ «زحمت دادن» استفاده می‌کردم، مگر نه؟ باید چنین می‌گفتم: «از دست دادنِ چشم برایِ یک سمندرِ غاری چه سودی می‌تواند داشته باشد که احتمالِ بقا و تولیدِ مثلش را از سمندرِ رقیبِ خود بیشتر کند، سمندری که یک جفت چشمِ کامل دارد اما از آن استفاده نمی‌کند؟»

خوب، با قطعیتِ بالایی می‌توان گفت که داشتنِ چشم بی‌هزینه نیست. اگر حتی از هزینه‌هایِ نسبتاً کمِ ساختِ چشم (البته کم‌هزینه بودنِ آن جایِ بحث دارد) صرفِ نظر کنیم، حدقه‌هایی مرطوب، که باید باز بمانند تا شرایط را برایِ تخمِ چشمی[1] چرخان، با سطحِ شفافش، مهیّا کنند، می‌تواند سمندر را در مقابل عفونت[2] آسیب‌پذیر کند. پس، سمندرِ غاری‌ای که چشمانِ خود را در پسِ پوستی ضخیم پوشیده است می‌تواند، نسبت به رقیبی که چشمانِ خود را نگه داشته است، شانسِ بقایِ بیشتری داشته باشد.

اما راهِ دیگری نیز برایِ پاسخ به این پرسش وجود دارد و، به طرزِ روشن‌گرانه‌ای، هیچ از «برتری داشتن» سخن نمی‌گوید، چه برسد به «هدف» یا استفاده از انسان‌نمایی. در بحثِ انتخابِ طبیعی، به جهش‌هایِ کمیابی می‌اندیشیم که ظهور پیدا می‌کنند و <طبیعت نیز>، به طرزِ مثبتی، به نفعِ انتخابِ آن‌ها عمل می‌کند. اما بیشترِ جهش‌ها مضر هستند، چرا که به صورتِ تصادفی رخ می‌دهند و راه‌هایِ بیشتری برایِ زوال وجود دارد تا بهبودی.[7] انتخابِ طبیعی بی‌درنگ جهش‌هایِ بد را مجازات می‌کند. احتمالِ مردنِ افرادِ دارندهٔ آن جهش‌ها بیشتر و احتمالِ تولیدِ مثل‌شان کمتر است و این امر، خود-به-خود، موجبِ حذفِ آن جهش از استخرِ ژنی می‌شود. ژنومِ هر حیوان و گیاه هدفِ بمبارانِ

---

[1] eyeball

[2] infection

مداومی از جهش‌های زیان‌بار و توفانی از زوال است. چیزی شبیهِ سطحِ ماه، که به دلیلِ بمبارانِ پیوستهٔ شهاب‌سنگ‌ها[1]، همواره چاله–چوله‌هایِ بیشتری بر رویِ آن ایجاد می‌شود. به استثناءِ مواردی نادر، هر بار که یک چشم هدفِ جهشی غارت‌گر قرار می‌گیرد، کارکردِ آن چشم پایین می‌آید، توانایی دیدش کمتر می‌شود، و کمتر شایستهٔ «چشم» خوانده شدن می‌شود. برای حیوانی که در نور زندگی می‌کند و از حسِ بینایی بهره می‌جوید، انتخابِ طبیعی چنین جهشِ مخربی (یعنی اکثرِ جهش‌ها) را به سرعت از استخرِ ژنی حذف می‌کند.

اما در تاریکیِ مطلق، این جهش‌هایِ مخربی که ژن‌هایِ ساختِ چشم را بمباران می‌کنند مجازات نمی‌شوند. به هر حال، دید، <در چنین شرایطی>، غیرِ ممکن است. چشمِ سمندرِ غاری همچون ماه است؛ آکنده از «چاله–چوله‌هایی» حاصل از جهش که هیچ گاه برطرف نمی‌شوند. اما چشمِ سمندری که در نور زندگی می‌کند همچون کرهٔ زمین است. به همان سرعتی که چشمانِ موجوداتِ غارزی هدفِ جهش قرار می‌گیرند، چشمانِ آنان نیز موردِ هدف قرار می‌گیرد، اما انتخابِ طبیعی هر جهشِ مخرب (چاله‌ای) را پاک می‌کند (می‌فرساید). البته، ماجرایِ چشمِ غارزیان فقط ماجرایی منفی نیست. انتخابِ مثبت نیز واردِ عمل می‌شود و به نفعِ رشدِ پوستِ محافظ رویِ حدقه‌هایِ آسیب‌پذیرِ چشم‌هایِ رو–به–زوال و وابسته–به–نور عمل می‌کند.

جالب‌ترین یادگارهایِ تاریخی آن ویژگی‌هایی هستند که برایِ هدفی موردِ استفاده قرار می‌گیرند (و از این رو، وستیجیال تلقی نمی‌شوند؛ چرا که فراتر از کاربردی بودن‌شان عمر نکرده‌اند)، اما چنان که بر می‌آید بد طوری برایِ آن هدف ساخته شده‌اند. چشمِ مهره‌داران، مثلاً چشمِ شاهین[2] یا انسان، ابزارِ دقیقِ خارق‌العاده‌ای است که وضوحِ آن می‌تواند تنه به تنهٔ بهترین دوربین‌هایِ زایس[3] و

---

[1] meteorite

[2] hawk

[3] Zeiss

نیکون[1] بزند. اگر چنین نبود، زایس و نیکون با تولیدِ عکس‌هایِ وضوح بالا برایِ چشمانِ ما وقتِ خود را تلف می‌کردند. از همهٔ این‌ها گذشته، هِرمان فون هِلمهولتس[2]، دانشمندِ بزرگِ آلمانیِ قرنِ نوزده — می‌توان گفت که او فیزیک‌دان بوده است، اما سهمِ او در پیشبردِ علومِ زیست‌شناسی و روانشناسی بیشتر بوده است — در موردِ چشم، چنین می‌گوید: «اگر عینک‌سازی تلاش می‌کرد عینکی با این همه نقص را به من قالب کند، خودم را محق می‌دانستم که با تندترین واژگان او را به دلیلِ بی‌دقتی‌اش سرزنش کنم و عینکش را به او پس دهم». یکی از دلایلی که چشم بهتر از آن چیزی به نظر می‌آید که هِلمهولتسِ فیزیک‌دان آن را ارزیابی کرده است این است که مغز، به طرزِ خارق‌العاده‌ای، تصاویر را پس از دریافت روتوش می‌کند؛ همچون فوتوشاپی فوق‌پیچیده و خودکار. از منظرِ نورشناسی[3]، چشمِ انسان تنها در گودهٔ مرکزی[4] — بخشِ مرکزیِ شبکیه[5] که در خواندن از آن استفاده می‌کنیم — است که به تصویری با کیفیتِ زایس/نیکون می‌رسد. وقتی که به منظره‌ای می‌نگریم، گودهٔ مرکزی را رویِ قسمت‌هایِ مختلفِ آن می‌اندازیم و هر یک از آن اجزاء را، با حداکثرِ دقت و جزئیات، می‌بینیم و «فوتوشاپِ» مغز کاری می‌کند که فکر کنیم کلِ منظره را با دقتِ یکسانی می‌بینیم. یک دوربینِ زایس یا نیکون *واقعاً* کلِ منظره را با شفافیتی تقریباً یکسان نشان می‌دهد.

پس، مغز هر چه را که چشم، از لحاظِ نورشناختی، کم دارد با نرم‌افزارِ شبیه‌سازیِ تصویری و پیچیدهٔ خود جبران می‌کند. اما هنوز از خیره‌کننده‌ترین نمونهٔ نقصِ نورشناختیِ <چشم> چیزی نگفته‌ام. شبکیه وارونه است.

---

[1] Nikon

[2] Herman von Helmholtz

[3] optics

[4] fovea

[5] retina

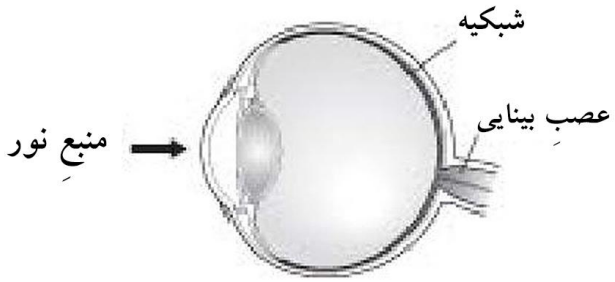
تصور کنید که هِلمهولتس در عصرِ حاضر زندگی می‌کند و مهندسی یک دوربینِ دیجیتال به او بدهد. این دوربین از صفحه‌ای با سلول‌هایِ نوریِ[1] ریز ساخته و طوری طراحی شده است که تصاویری را که مستقیماً رویِ صفحهٔ آن افکنده می‌شوند ضبط کند. خوب، این با عقل جور در می‌آید و بی‌گمان هر سلولِ نوری سیمی دارد که به نوعی دستگاهِ پردازنده متصل شده است که تصاویر در آن سامان داده می‌شوند. این هم با عقل جور در می‌آید. هِلمهولتس چنین دوربینی را پس نخواهد داد.

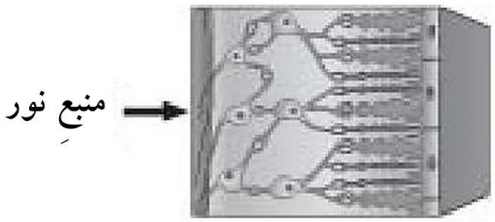
اما حال این را در نظر بگیرید که «سلول‌هایِ نوریِ» چشم پشت به منظره‌ای هستند که به آن نگاه می‌کنیم. «سیم»هایی که سلول‌هایِ نوری را به مغز وصل می‌کنند از کلِ سطحِ شبکیه رد می‌شوند. پس پرتوهایِ نور باید، پیش از برخورد با سلول‌هایِ نوری، از «فرش»ی پوشیده از سیم عبور کنند. این دیگر با عقل جور در نمی‌آید و، تازه، ماجرا از این هم بدتر می‌شود. یکی از پیامدهایِ وارونه بودنِ سلول‌هایِ نوری این است که سیم‌هایی که حاملِ داده‌اند باید به نحوی از شبکیه عبور کنند و به مغز بازگردند. در چشمِ مهره‌داران، این نورها همگی در حفره‌ای خاص بر رویِ شبکیه جمع می‌شوند و از آنجا عبور می‌کنند. این حفرهٔ پر از عصب «نقطهٔ کور[2]» نام دارد؛ چرا که کور است، اما این که بگوییم «نقطه» در حقش لطف کرده‌ایم؛ چرا که واقعاً بزرگ است و بیشتر به «*وصله*» می‌ماند. اما تأکید می‌کنم که، به دلیلِ «نرم‌افزارِ فوتوشاپِ خودکارِ» مغز، این مسئله آن چنان اسبابِ زحمتِ ما نمی‌شود. تأکید می‌کنم؛ چنین چیزی را باید پس داد. این طراحی صرفاً طراحیِ بدی نیست، بلکه طراحیِ یک احمقِ به-تمام-معناست.

---

[1] photocell

[2] blind spot




جزئیات «سلول‌های نوری»
(یاخته‌هایِ استوانه‌ای وَ مخروطی)

**شکل ۷۸ - چشمِ انسان؛ جزئیاتِ «سلول‌هایِ نوری» (یاخته‌هایِ استوانه‌ای[1] و مخروطی[2])**

اما آیا واقعاً چنین است؟ اگر چنین بود، چشم بد می‌دید، اما چنین نیست. در واقع، خیلی هم خوب می‌بیند. به این دلیل خوب است که انتخابِ طبیعی، در قامتِ پالایندهٔ ایراداتِ ریز و جزئیِ بی‌شمار، پس از خطایِ بزرگِ وارونه نصب کردنِ شبکیه، دست به کار شد و آن را به ابزاری دقیق و کیفیت-بالا تبدیل کرد. این ماجرا مرا یادِ حماسهٔ تلسکوپِ فضاییِ هابل[3] می‌اندازد. به خاطر دارید که، وقتی که این تلسکوپ، در سالِ ۱۹۹۰، به فضا پرتاب شد، مشخص شد که دچارِ نقصی بزرگ است. به علتِ خطایی کشف‌نشده در کالیبراسیونِ آن، هنگامِ صیقل داده شدن، آینهٔ اصلی‌اش به میزانی اندک، اما به طرزی جدی، از تنظیم خارج بود. این تلسکوپ به مدار فرستاده شد و، بعد،

[1] rods

[2] cones

[3] the Hubble Space Telescope

مشخص شد که دچارِ نقص است. طیِ اقدامی شجاعانه و مدبرانه، چند فضانورد <برایِ تعمیرِ> تلسکوپ اعزام شدند و موفق شدند چیزی را، که حکمِ عینک داشت، در آن نصب کنند. پس از آن، تلسکوپ خیلی خوب کار کرد و بهبودهایی بیشتر نیز، طی سه مأموریتِ تعمیراتی، در آن ایجاد شد. چیزی که می‌خواهم بگویم این است که یک خطایِ بزرگ — یا حتی یک گافِ فاجعه‌بار — در طراحی را می‌توان طیِ تنظیماتِ بعدی جبران کرد و پیچیدگی و نبوغِ به کار گرفته شده در این تنظیمات، تحتِ شرایطِ مناسب، می‌تواند به خوبی خطایِ اولیه را جبران کند. به طورِ کلی، در فرگشت، جهش‌هایِ عمده، حتی اگر به صورتِ کلی هم در جهتِ درست پیشرفت ایجاد کنند، تقریباً همیشه به حجمِ عظیمی از تعمیرات نیاز دارند، به مجموعه‌ای از عملیاتِ پاک‌سازی توسطِ جهش‌هایِ کوچکی که بعداً ظهور پیدا می‌کنند و انتخابِ <طبیعی> به نفع‌شان عمل می‌کند تا ناهمواری‌هایی را که جهشِ نخست به جا گذاشته است، صیقل دهند. به این خاطر است که، با وجودِ گافِ طرحِ اولیه، بینواییِ انسان و شاهین این قدر خوب است. این هم نقلِ قولِ دیگری از هِلمهولتس:

> چشم تمامِ عیب‌هایی را که یک ابزارِ نوری ممکن است داشته باشد دارد و حتی بعضی از ایرادات صرفاً در چشم دیده می‌شوند. اما همهٔ این کاستی‌ها به طوری خنثی شده‌اند که ، در روشناییِ عادی، نادقیق بودنِ تصاویرِ ناشی از این ایرادات تنها سرِ سوزنی از محدودیت‌های یاخته‌هایِ مخروطیِ شبکیه فراتر می‌رود، محدودیت‌هایی که خود ناشی از حساسیتِ ظریفِ این یاخته‌هاست. اما به محضِ این که مشاهداتِ خود را تحتِ شرایطِ نسبتاً متفاوتی انجام می‌دهیم، به وجودِ اَبیراهیِ رنگی[1]، آستیگماتیسم[2]، نقاطِ کور، سایه‌هایِ وریدی[3]، شفافیتِ[1] ناکاملِ این ابزار، و سایرِ نواقصی پی می‌بریم که از آن‌ها سخن گفتم.

---

[1] chromatic aberration

[2] astigmatism

[3] venous shadows

## طراحیِ غیرِهوشمند

این الگویِ تکرارشونده از خطا در طراحی، که مجموعه‌ای از اصلاحاتِ بعدی آن را جبران می‌کنند، دقیقاً همان چیزی است که اگر واقعاً پایِ یک طراح در میان بود، ***نباید انتظارِ وقوع‌شان را می‌داشتیم***. شاید بروزِ خطاهایی تأسف‌آور، همچون ابیراهیِ کرویِ آینهٔ تلسکوپِ هابل، دور از انتظار نباشد. اما انتظارِ حماقتِ محض، همچون برعکس نصب شدنِ قرینه، را نداریم. چنین خبط‌هایی نه از طراحیِ بد بلکه ناشی از ***پیشینه*** است.

یکی از نمونه‌هایِ <این گونه خبط‌ها>، عصبِ حنجره‌ایِ منحرف است که از زمانی که پرفسور جِی. دی. کاری[۲]، طیِ دورهٔ کارشناسی‌ام، آن را به من معرفی کرده، مثالِ موردِ علاقه‌ام شده است.[vi] این عصب یکی از انشعاباتِ اعصابِ جمجمه‌ای[۳] (اعصابی که مستقیماً از مغز خارج می‌شوند، نه از نخاع[۴]) است. یکی از اعصابِ جمجمه‌ای «واگوس[۵]» نام دارد. («واگوس» به معنایِ «ول‌گرد» است و عجب نامِ بامسمّایی هم است!). واگوس به چند شاخه منشعب می‌شود: دو تایِ آن‌ها به قلب منتهی می‌شود و دو تایِ آن‌ها در هر یک از طرفینِ حنجره[۶] (جعبهٔ صداسازیِ پستان‌داران) قرار دارند. یکی از شاخه‌هایِ عصبِ حنجره‌ای، در هر سمتِ گردن، از مسیری مستقیم، یک‌راست به حنجره منتهی می‌شود؛ همان طور که از یک طراح بر می‌آید. اما شاخهٔ دیگر، پس از طیِ یک مسیرِ انحرافیِ دور-و-دراز، نهایتاً به حنجره منتهی می‌شود. نخست، به سمتِ پایین، به قفسهٔ سینه[۷] می‌رود،

---

[1] transpareency

[2] J. D. Currey

[3] cranial nerve

[4] spinal cord

[5] vagus

[6] larynx

[7] chest

سپس، از کنارِ یکی از سرخ‌رگ‌هایِ اصلی[1]، که از قلب خارج می‌شود، رد می‌شود (از کنارِ سرخ‌رگِ متفاوتی در سمتِ چپ و راستِ قلب رد می‌شود، اما فرقی در اصلِ ماجرا ایجاد نمی‌کند)، بعد، به سمتِ بالا بر می‌گردد، و، به گردن، مقصدِ نهایی‌اش، می‌رسد.

اگر کسی تصور می‌کند که چنین چیزی حاصلِ طراحی است، عصبِ حنجره‌ایِ منحرف لکهٔ ننگی برایِ این طراحی محسوب می‌شود. هِلمهولتس، برایِ پس فرستادنِ چنین تحفه‌ای، از موردِ چشم هم بیشتر دلیلِ قانع‌کننده می‌داشت. اما، مانندِ بحثِ چشم، به محضِ این که، به جایِ طراحی، به پیشینه بیاندیشید، همه چیز کاملاً با عقل جور در خواهد آمد. برایِ درکِ آن، باید به زمانی بازگردیم که نیاکان‌مان ماهی بودند. بر خلافِ ما که قلبی چهارحفره‌ای داریم، قلبِ ماهی دوحفره‌ای[2] است. قلبِ ماهی خون را از طریقِ سرخ‌رگی[3] مرکزی، به نامِ «آئورتِ شکمی[4]»، پمپاژ می‌کند. معمولاً شش جفت شاخه از آئورتِ شکمی خارج می‌شوند که به شش آب‌شُشی که در طرفینش قرار دارند منتهی می‌شوند. سپس، خون از آب‌شُش‌ها رد شده و، در آنجا، از اکسیژن سرشار می‌شود. سپس، خون توسطِ شش جفت رگِ خونیِ دیگر، که بالایِ آب‌شُش‌ها قرار دارند، واردِ رگِ بزرگِ دیگری می‌شود که به وسطِ بدنِ ماهی راه دارد. این رگ «آئورتِ فوقانی[5]» نام دارد و دیگر اجزایِ بدن را تغذیه می‌کند. وجودِ شش جفت سرخ‌رگِ آب‌شُش شاهدی بر ***چندپارگی*** نقشهٔ بدنِ مهره‌داران است. این امر، در بدنِ ماهی، واضح‌تر دیده می‌شود تا بدنِ ما. نکتهٔ شگفت‌انگیز این که، این قضیه را می‌توان، به روشنی، در ***رویانِ***[6] انسان مشاهده کرد. اگر، با دقت، به جزئیاتِ آناتومیکِ رویانِ انسان

---

[1] main artery

[2] two-chambered heart

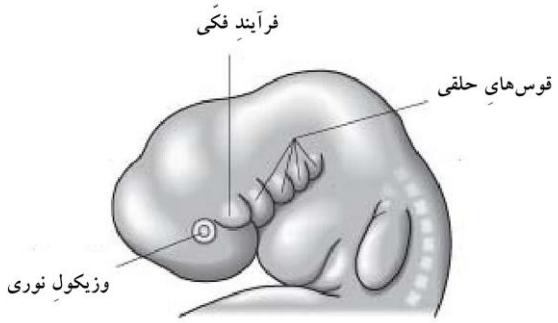
[3] artery

[4] ventral aorta

[5] dorsal aorta

[6] embryo

نگاه کنید، خواهید دید که «قوس‌هایِ حلقیِ[1]» آن واضحاً از آب‌شُش‌هایِ نیاکانی نشأت گرفته‌اند. بدونِ شک، این قوس‌هایِ حلقی نقشِ آب‌شُش را ایفا نمی‌کنند، اما می‌توان رویانِ پنج‌هفته‌ای انسان را یک ماهیِ صورتیِ آب‌شُش‌دار تصور کرد. همیشه برایم سؤال بوده است که چرا آب‌شُش‌هایی کارا در وال، دلفین، فیلِ دریایی، و گاوِ دریایی بازفرگشت نیافته است. این واقعیت که آن‌ها، همچون تمامِ پستان‌داران، در قوس‌هایِ حلقیِ خود، زیرساختِ رویانیِ لازم را برایِ رشدِ آب‌شُش دارند نشان می‌هد که انجامِ چنین کاری نباید برای‌شان خیلی سخت باشد. نمی‌دانم که چرا چنین نکرده‌اند. اما مطمئنم که دلیلِ قانع‌کننده‌ای برایِ آن وجود دارد و یا کسی از آن آگاهی دارد و یا می‌داند که چطور می‌شود درباره‌اش تحقیق کرد.




**شکل ۷۹ - قوس‌هایِ حلقی در رویانِ انسان**

همهٔ مهره‌داران نقشهٔ بدنیِ چندپاره[2] دارند. اما در بدنِ پستان‌دارانِ بالغ، بر خلافِ بدنِ رویان‌ها، این امر تنها در ناحیهٔ نخاعی — که در آن استخوان‌هایِ مهره و دنده، رگ‌هایِ خونی، بلوک‌هایِ عضلانی (مایوتوم‌ها)[3]، و اعصاب[4]، همگی، از جلو به عقب، الگویی منظم و تکرارشونده

[1] pharyngeal arch

[2] segmented

[3] myotome

[4] nerve

دارند — به آسانی قابلِ مشاهده است. هر جزءِ ستونِ مهره‌ها دو عصب دارد. این اعصاب از هر یک از طرفینِ نخاع بیرون می‌آیند و «ریشهٔ پشتی[1]» و «ریشهٔ شکمی[2]» نام دارند. بیشترِ این اعصاب، فارغ از این که چه وظیفه‌ای بر عهده دارند، محدودهٔ کاری‌شان حوالیِ استخوانِ مهره‌ای است که از آن نشأت گرفته‌اند، اما بعضی از آن‌ها به پاها و دست‌ها نیز <پیام> می‌فرستند.

سر و گردن نیز الگویِ چندپارهٔ یکسانی دارند، اما مشاهده‌اش، حتی در ماهی هم، دشوار است. به این خاطر که این اجزاء — بر خلافِ اجزاءِ ستونِ فقرات که الگویی منظم، در عقب و جلو، دارند — طیِ زمانِ فرگشتی، کاملاً در هم آمیخته شده‌اند. مشاهدهٔ ردِ پایِ شبح‌گونهٔ اجزاءِ سر یکی از پیروزی‌هایِ بزرگِ آناتومی و امبریولوژی، در قرنِ نوزدهم و اوایلِ قرنِ بیستم، است. برایِ نمونه، نخستین قوسِ آب‌شُش در ماهی‌هایِ بی‌آرواره[3]، مانندِ مکنده‌ماهی (و در رویانِ مهره‌دارانِ آرواره‌دار[4])، با آروارهٔ مهره‌دارانِ آرواره‌دار متناظر است (یعنی با تمامِ مهره‌دارانِ امروزی، به جز مکنده‌ماهی و بی‌فک‌ماهی).

همان گونه که در فصلِ ۱۰ دیدیم، حشرات و، همچنین، دیگر بندپایان، مانندِ سخت‌پوستان، نقشهٔ بدنیِ چندپاره دارند. و پیروزیِ بزرگ و مشابهِ دیگر اثباتِ این موضوع بود که سرِ حشرات — البته باز هم به صورتِ در-هم-آمیخته — شش جزءِ نخستِ چیزی را در خود دارد که، در بدنِ نیاکانِ دورش، ردیفی از واحدهایِ مختلف، همچون دیگر اجزاءِ بدنش، بوده است. یکی از پیروزی‌هایِ بزرگِ امبریولوژی و ژنتیکِ قرنِ بیستم اثباتِ این موضوع بود که چندپارگی[5] حشرات و مهره‌داران، بر خلافِ چیزی که در دورانِ تحصیل به ما یاد داده بودند، به هیچ وجه مستقل از

---

[1] dorsal root

[2] ventral root

[3] jawless fishes

[4] jawed vertebrate

[5] segmentation

یک‌دیگر نیستند. در واقع، مجموعه‌ای از ژن‌های همسان، که به اصطلاح به آن‌ها «ژن‌های هوکس[1]» می‌گویند، میانجیِ <این دو شاخه> هستند. ژن‌های هوکس، در حشرات، مهره‌داران، و بسیاری دیگر از حیوانات، به طرزِ آشکاری، یکسان هستند. همچنین، این ژن‌ها با ترتیبِ یکسانی در کروموزوم قرار گرفته‌اند! زمانی که در دورهٔ کارشناسی، به صورتِ کاملاً جداگانه، چندپارگیِ حشرات و مهره‌داران به ما تدریس می‌شد، استادان‌مان چنین چیزی را حتی در خوابِ خود هم نمی‌دیدند. حیواناتِ شاخه‌های مختلف (مثلاً حشرات و مهره‌داران) به‌هم‌پیوسته‌تر از آن چیزی‌اند که قبلاً می‌پنداشتیم. و این امر نیز نتیجهٔ داشتنِ نیاکانِ مشترک است. نقشهٔ هوکس در نیایِ کهنِ تمامِ حیواناتی که تقارنِ دوطرفه[2] دارند از قبل رسم شده است. تمامِ حیوانات، نسبت به آن چه می‌پنداشتیم، خویشاوندیِ بسیار نزدیک‌تری به یک‌دیگر داشتند.

حال به مبحثِ سرِ مهره‌داران باز می‌گردیم: گمان می‌رود که اعصابِ جمجمه‌ای اعقابِ بسیار ناهویدایِ اعصابِ چندپاره‌ای هستند. این اعصاب، در نیاکانِ نخستین‌مان، قسمتِ جلویِ ردیفی از ریشه‌های پشتی و شکمی بوده‌اند؛ درست مانندِ همان‌هایی که از ستونِ فقراتِ ما بیرون می‌آیند. رگ‌هایِ خونیِ عمدهٔ قفسهٔ سینهٔ ما یادگارانِ در-هم-آمیخته و بازماندگانِ رگ‌های خونیِ چندپاره‌ای هستند که زمانی به روشنی قابلِ تفکیک و در خدمتِ آب‌شُش‌ها بوده‌اند. می‌توان گفت که قفسهٔ سینهٔ پستانداران الگویِ چندپاره‌ایِ آب‌شُش‌هایِ ماهیِ نیاکانی را به هم ریخته است؛ درست همان طور که، در گذشته‌هایِ دور، سرِ ماهی الگویِ چندپاره‌ایِ نیاکانِ دورترِ خود را به هم ریخته بود.

رویانِ انسان نیز از رگ‌هایِ خونی‌ای برخوردار است که به «آب‌شُش»هایش خون‌رسانی می‌کنند و به آب‌شُش‌هایِ ماهی شباهت دارند. دو آئورتِ شکمی (یکی در هر یک از طرفینِ رویان)

---

[1] hox genes

[2] bilaterally symmetrical

و چند قوسِ آئورتیِ چندپاره[1] (یکی به ازاءِ هر یک از «آب‌شُش»هایِ دو طرف) در بدنِ رویان وجود دارند که به جفت آئورت‌هایِ فوقانی وصل هستند. عمدهٔ این رگ‌هایِ خونیِ چندپاره، تا آخرِ دورهٔ رشدِ رویان، دیگر از بین رفته‌اند. اما به روشنی پیداست که الگویِ <بدنِ> بزرگسال چگونه از طرحِ رویانی و، همچنین، طرحِ نیاکانی، اقتباس شده است. اگر، حدودِ بیست‌وشش روز پس از لقاح[2]، به رویانِ انسان نگاه کنید، خواهید دید که <رگ‌هایِ> خون‌رسان به «آب‌شُش»ها شباهتِ زیادی به <رگ‌هایِ> چندپارهٔ خون‌رسان به آب‌شُش‌هایِ ماهی دارند. طیِ هفته‌هایِ بعدیِ آبستنی، شکلِ رگ‌هایِ خونی، طیِ مراحلی، ساده‌تر می‌شود و، تا زمانی که نوزاد متولد می‌شود، رویان تقارنِ اولیهٔ خود را از دست می‌دهد، به گونه‌ای که دستگاهِ گردشِ خون به شدت به سمتِ چپ متمایل می‌شود (درست بر خلافِ تقارنِ تمام‌عیارِ رویانِ بدویِ ماهی‌گونه).

دیگر به جزئیاتِ شلم-شوربایِ آن نمی‌پردازم که کدام سرخ‌رگ‌هایِ بزرگِ قفسهٔ سینه از بازماندگانِ کدام شش سرخ‌رگِ قابلِ تمایزِ آب‌شُش است. تنها چیزی که، برایِ درکِ پیشینهٔ عصبِ حنجره‌ایِ منحرفِ خود، لازم است بدانیم این است که، در بدنِ ماهی، عصبِ واگوس انشعاباتی دارد که به سه آب‌شُشِ آخر خون‌رسانی می‌کنند و، از این رو، طبیعی است که از پشتِ سرخ‌رگ‌هایِ آب‌شُشیِ مناسبِ خود عبور کنند. هیچ دلیلی ندارد که این انشعابات را «منحرف» بخوانیم: آن‌ها تلاش می‌کنند که اندامِ مقصدِ خود (یعنی آب‌شُش‌ها) را، از طریقِ مستقیم‌ترین و منطقی‌ترین مسیر، پیدا کنند.

اما، طیِ فرگشتِ پستانداران، گردن کش آمده است (ماهی‌ها گردن ندارند) و آب‌شُش‌ها محو شده‌اند. بعضی از آب‌شُش‌ها به چیزهایِ مفیدی همچون غددِ[3] تیروئید و پاراتیروئید[4] و دیگر

---

[1] segmental aortic arch

[2] conception

[3] gland

[4] parathyroid

تکه‌های ریزی که، از ترکیب‌شان، حنجره تشکیل می‌شود تبدیل شده‌اند. سایرِ چیزهایِ مفید، از جمله اجزاءِ حنجره، خون و اتصالاتِ عصبیِ خود را از نوادگانِ فرگشتیِ اعصاب و رگ‌هایِ خونی‌ای گرفته‌اند که، روزی روزگاری، به آب‌شُش‌ها، به ترتیبِ قرارگیری‌شان، خون‌رسانی می‌کرده‌اند. همان طور که نیاکانِ پستان‌داران فرگشت یافتند و از نیاکانِ ماهیِ خود دورتر و دورتر شدند، اعصاب و رگ‌هایِ خونی، در جهاتِ گیج‌کنندهٔ مختلف، کش آمدند و امتداد یافتند و این امر باعثِ به هم ریختنِ موقعیتِ فضایی‌شان نسبت به یک‌دیگر شد. بر خلافِ آب‌شُش‌هایِ ماهی که، تقارنِ منظم و تکرارِ پیاپی دارد، قفسهٔ سینه و گردنِ مهره‌داران در-هم-گسیخته از آب در آمد. و در این در-هم-گسیختگی آن‌چه سخت قربانی شد اعصابِ حنجره‌ایِ منحرف بود.

شکل ۸۰، که از کتابِ درسی‌ای به قلمِ بِری[1] و هالام[2] گرفته شده است، نشان می‌دهد که عصبِ حنجره‌ای[3]، در بدنِ کوسه، از مسیری انحرافی عبور نکرده است. برایِ نشان دادنِ مسیرِ انحرافیِ <این عصب> در بدنِ یک پستان‌دار، بِری و هالام زرافه را انتخاب کردند (آیا مثالی بهتر از این می‌توان سراغ گرفت؟).

در بدنِ انسان، مسیری که عصبِ حنجره‌ایِ منحرف در پیش می‌گیرد شاید تنها چند سانتی‌متر کژروی داشته باشد. اما در بدنِ زرافه، کار فراتر از شوخی است (چند متر فراتر): طولِ کژراهه‌ای که این عصب در پیش می‌گیرد، در یک زرافهٔ بزرگِ بالغ، ۴/۵ متر است! فردایِ روزِ داروین[4] در سالِ ۲۰۰۹ (مصادف با زادروزِ ۲۰۰ سالگی‌اش)، این افتخار نصیبم شد که کلِ روز را با گروهی از آناتومیست‌هایِ تطبیقی[5] و پاتولوژیست‌هایِ دام‌پزشک[6]، در دانشکدهٔ دام‌پزشکیِ

---

[1] Berry

[2] Hallam

[3] laryngeal nerve

[4] Darwin Day 2009

[5] comparative anatomist

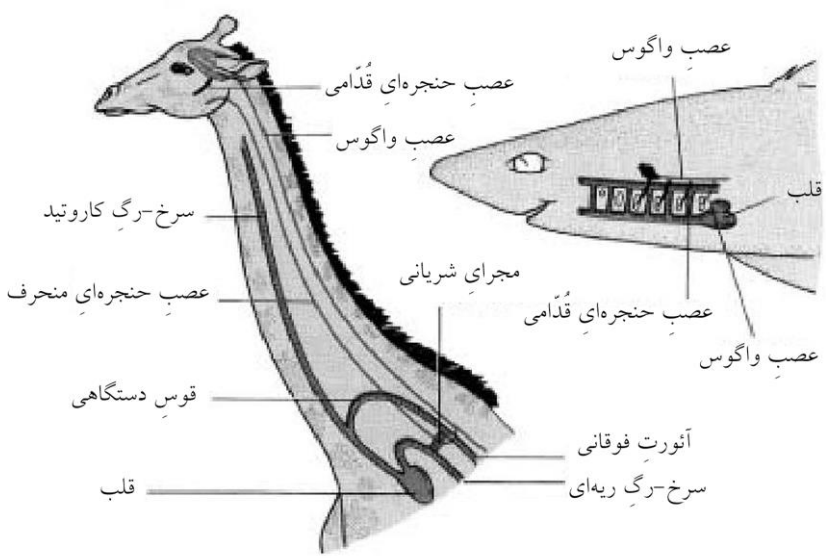
[6] veterinary pathologist

سلطنتی[1]، در نزدیکی لندن، بگذرانم و در جلسهٔ تشریحِ[2] یک زرافهٔ جوان، که طفلی در یکی از باغِ‌وحش‌ها تلف شده بود، شرکت کنم. این روز همیشه در خاطرم خواهد ماند و برایم تجربه‌ای رؤیاگونه بود. نمایش‌خانهٔ تشریح، در معنایِ واقعیِ کلمه، یک نمایش‌خانه بود و دیواره‌ای شیشه‌ای «صحنه» را از صندلی‌هایِ پلکانی، که دانشجویانِ دام‌پزشکی، ساعت‌ها بر آن به تماشا می‌نشستند، جدا کرده بود. تمامِ روز، دانشجویان — این تجربه حتماً فراتر از برنامهٔ عادیِ دانشگاهیِ آن‌ها بوده است — در نمایش‌خانهٔ تاریک نشسته بودند و از پشتِ صفحهٔ شیشه‌ای به صحنه، که به خوبی نورپردازی شده بود، چشم دوخته بودند و به حرف‌هایِ گروهِ تشریح گوش می‌کردند. اعضایِ گروهِ تشریح و، همچنین، گروهِ تولیدِ تلویزیونی — که در حالِ ضبطِ مستندی بودند که قرار بود در آینده از کانالِ چهارِ پخش شود — همگی، میکروفونِ یقه‌ای پوشیده بودند. زرافه نیز بر رویِ میزِ تشریحی زاویه‌دار خوابانده شده بود و یکی از پاهایش، توسطِ یک قلاب و قرقره، بالا نگه داشته شده بود. گردنِ دراز و شدیداً آسیب‌پذیرش نیز باز شده بود و نوری قوی بر آن می‌تابید. همهٔ ما، که در آن سویِ شیشه، در کنارِ زرافه، بودیم، اکیداً ملزم بودیم که روپوشِ نارنجی و چکمهٔ سفید بپوشیم که این امر نیز، به نحوی، به رؤیاگونه بودنِ آن روز می‌افزود.

---

[1] the Royal Veterinary College

[2] dissection




**شکل ۸۰ - عصبِ حنجره‌ای در زرافه و کوسه**

اعضایِ مختلفِ گروهِ آناتومیست‌ها، همزمان، بر رویِ قسمت‌هایِ مختلفِ این عصب (حنجره در نزدیکیِ سر، مسیرِ انحرافی در نزدیکیِ قلب، و تمامِ مقاطعِ بینِ آن‌ها) کار می‌کردند، بدونِ این که سرِ راهِ یک‌دیگر قرار بگیرند و آن چنان نیازی به صحبت کردن با یک‌دیگر داشته باشند. این امر نیز شاهدی است بر بلندیِ کژراهه‌ای که <عصبِ> حنجره‌ایِ منحرف می‌پیماید. آن‌ها صبورانه کلِ مسیرِ عصبِ حنجره‌ایِ منحرف را بیرون کشیدند. این کاری بس دشوار است که، تا آن جا که می‌دانیم، از سالِ ۱۸۳۷، که ریچارد اُون[1]، آناتومیستِ بزرگِ دورهٔ ویکتوریا، به آن جامهٔ عمل پوشانده بود، هیچ کسِ دیگری آن را انجام نداده بود. دلیلِ دشواریِ آن این است که این عصب بسیار باریک و، در قسمتِ انحرافی، حتی نخ‌گونه است (فکر کنم که از قبل این موضوع را می‌دانستم. با وجودِ این، وقتی که آن را به چشمِ خود دیدم، شگفت‌زده شدم.) و به راحتی، در شبکهٔ

[1] Richard Owen

پیچیدهٔ غشاءها و عضلاتی که دورِ نای[1] قرار دارد، گم می‌شود. این عصب، در مسیرِ خود به سمتِ پایین، از میانِ حنجرهٔ چند سانتی‌متری، که مقصدِ نهایی‌اش است، عبور می‌کند. (در این مقطع، این عصب در عصبِ واگوس، که از آن بزرگ‌تر است، تنیده است.) با وجودِ این، اول کلِ طولِ گردن را پشتِ سر می‌گذارد و، سپس، باز می‌گردد و، دوباره، به سمتِ بالا حرکت می‌کند. محو و محسورِ مهارتِ پرفسور گراهام میچل[2]، پرفسور جوی ریدِن‌برگ[3]، و دیگر متخصصان تشریح بودم و احساس می‌کردم که احترامی که برایِ ریچارد اُون (یکی از دشمنانِ خونیِ داروین) داشتم رو به افزونی بود. لیک اُونِ آفرینش‌باور از گرفتنِ نتیجهٔ واضحِ نهایی باز مانده بود: اگر پایِ طراحی هوشمند در میان بود، مسیرِ رو-به-پایینِ عصبِ حنجره‌ای را حذف می‌کرد و سفری چند متری را در چند سانتی‌متر خلاصه می‌کرد.

جدا از این که منابعِ زیادی باید صرفِ ساختنِ چنین عصبِ بلندی شود، همیشه این سؤال برایم پیش می‌آید که آیا تولیدِ صدایِ زرافه — مانندِ رسیدنِ صدایِ مخاطبی خارجی که، از طریقِ ماهواره، تماس برقرار می‌کند — با تأخیر انجام می‌شود یا نه. یکی از صاحب‌نظران می‌گوید: «زرافه، با وجودِ حنجرهٔ پیشرفته و طبیعتِ اجتماعی و گروه‌پسندی که دارد، تنها قادر است ناله و صدایِ نحیف و مقطّعِ بمی را ایجاد کند». تصورِ با لکنت صحبت کردنِ زرافه بامزه است، اما بیش از این از آن سخن نمی‌گویم. لبِّ کلام این که، این کژرویِ <اعصاب> نمونهٔ فوق‌العاده‌ای است که نشان می‌دهد این تصور، که یک طراحْ موجوداتِ زنده را به دقت طراحی کرده است، تصوری بس عبث است. و پرسشِ مهم برایِ فرگشت‌گرایان این است که چرا انتخابِ طبیعی کاری را نمی‌کند که از یک مهندس انتظار می‌رود: چرا به تخته‌رسمِ خود باز نمی‌گردد تا امور را، به طرزی منطقی، اصلاح کند؟ این همان پرسشی است که در این فصل، مرتباً، با آن روبرو شده‌ایم و من سعی کرده‌ام، به طرقِ

---

[1] windpipe

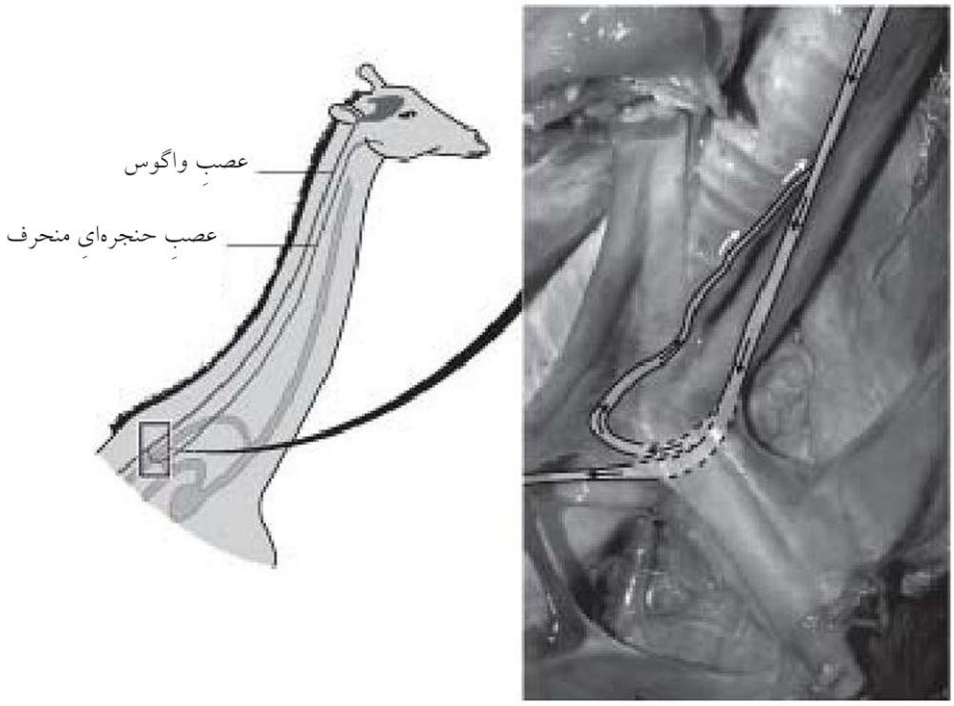
[2] Graham Mitchell

[3] Joy Reidenberg

مختلف، به آن پاسخ دهم. پرسشِ مربوط به <عصبِ> حنجره‌ایِ منحرف را می‌توان، از منظرِ چیزی که اقتصاددانان به آن «هزینهٔ نهایی[1]» می‌گویند، پاسخ داد.

با افزایشِ تدریجیِ طولِ گردنِ زرافه، در طیِ زمانِ فرگشتی، هزینهٔ کژراهه رفتنِ <عصب> — حال چه هزینهٔ «اقتصادیِ» آن و چه هزینهٔ آن در قالبِ «لکنت‌دار شدنِ» حیوان — به تدریج افزایش یافت (تأکید بر رویِ عبارتِ «به تدریج» است). هزینهٔ ***نهایی*** هر میلی‌متر افزایشِ طول ***جزئی*** بوده است. با رسیدنِ تدریجیِ گردنِ زرافه به طولِ چشم‌گیر کنونیِ خود، شاید *هزینهٔ* ***کلِ*** راهِ انحرافی به تدریج شروع به رسیدن به نقطه‌ای کرده است که اگر، فرضاً، یک عدد زرافهٔ جهش‌یافته فیبرِ عصبِ حنجره‌ایِ پایین‌روندهٔ خود را، از قیدِ عصبِ واگوس، وا می‌رهاند و، از راهِ کوتاهِ موجود، خود را به حنجره می‌رساند، بختِ بقایِ بیشتری پیدا می‌کرد. اما جهشی که قادر به تحققِ چنین «میان‌بُر»ی باشد مستلزمِ ایجادِ تغییری بزرگ، و یا حتی طغیان‌گرانه، در رشدِ رویانیِ زرافه است. به احتمالِ خیلی زیاد، جهشِ لازم برایِ این کار هیچ گاه بختِ ظهور پیدا نمی‌کند. اما اگر هم چنین بختی می‌یافت، ممکن بود ضعف‌هایی را به بار بیاورد (هر طغیانِ عمده، در طیِ فرآیندی حساس و ظریف، ناگزیر ضعف‌هایی را به بار می‌آورد). و حتی اگر مزایایِ آن نیز بر معایبِ ناشی از دور زدنِ مسیرِ انحرافی بچربد، هزینهٔ ***نهاییِ*** هر میلی‌متر راهِ انحرافیِ ***افزایش‌یافته، در مقایسه با مسیرِ انحرافیِ حاضر***، ناچیز خواهد بود. حتی اگر راهِ حلِ «بازگشت به تخته‌رسم و <اصلاحِ طرح>»، در صورتِ میسر بودن، ایدهٔ خوبی می‌بود، راه‌حلِ رقیب صرفاً افزایشی جزئی در راهِ انحرافیِ موجود می‌بود و، حدسِ من این است، که ***هزینهٔ نهاییِ*** این افزایشِ جزئی کمتر تمام می‌شد. یعنی کمتر از هزینهٔ «تغییرِ طغیان‌گرانهٔ» لازم، برایِ تحققِ راهِ حلِ ظریف‌تر، تمام می‌شد.

[1] marginal cost




**شکل ۸۱ - مسیرِ انحرافی‌ای که عصبِ حنجره‌ایِ زرافه در پیش گرفته است**

همهٔ این مطالبْ کم‌اهمیت‌تر از نکتهٔ اصلی است و نکتهٔ اصلی این است که عصبِ حنجره‌ایِ منحرف در بدنِ همهٔ پستان‌داران مدرکِ خوبی برایِ ردِّ وجودِ یک طراح است. و این مدرک، در موردِ زرافه، از درجهٔ «خوب» به «فوق‌العاده» ارتقاء پیدا میکند. این مسیرِ انحرافیِ عجیب طولانی، تا پایینِ گردنِ زرافه و بازگشتِ آن به بالا، دقیقاً همان چیزی است که از فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعی انتظار داریم و دقیقاً همان چیزی است که از هیچ طراحِ هوشمندی انتظارش را ***نداریم***.

جورج سی. ویلیامز[1] یکی از محترم‌ترین زیست‌شناسانِ فرگشتیِ آمریکایی است (خردِ فروتنانه و چهرهٔ باابهتش یکی از محترم‌ترین رؤسایِ جمهورِ آمریکا را به ذهن متبادر می‌کند که،

[1] George C. Williams

اتفاقاً، زادروزش با زادروزِ چارلز داروین یکی است و به داشتنِ خردِ فروتنانه نیز معروف است). ویلیامز اذهان را متوجهِ مسیرِ انحرافیِ دیگری کرد که به کژراههٔ عصبِ حنجره‌ایِ منحرف شباهت دارد، اما در سمتِ دیگرِ بدن قرار دارد. رگِ وابَران[1] لوله‌ای است که اسپرم را از بیضه[2] به آلت[3] می‌رساند. مستقیم‌ترین مسیرِ آن مسیرِ موهومی است که، در سمتِ چپِ شکل ۸۲ رسم شده است. اما مسیرِ واقعیِ رگِ وابران، در سمتِ راستِ شکل ۸۲ نشان داده شده است. این رگ، به طرزِ مضحکی، نخست، از مسیری انحرافی، از دورِ میزنای[4] (لوله‌ای که ادرار را از کلیه به مثانه می‌رساند) می‌گذرد. اگر چنین چیزی حاصلِ طراحی بود، هر آدمِ جدی‌ای قبول می‌کرد که طراحش اشتباهِ فاحشی مرتکب شده است. اما، درست همان گونه که در عصبِ حنجره‌ایِ منحرف نیز مشاهده کردیم، وقتی که سرگذشتِ فرگشتی را در نظر بگیریم، همه چیز روشن می‌شود. جایگاهِ اولیهٔ احتمالیِ بیضه‌ها با خط‌چین مشخص شده است. وقتی که، طیِ فرگشتِ پستانداران، بیضه‌ها پایین آمدند و به جایگاهِ کنونی‌شان در کیسهٔ بیضه منتقل شدند (دلیلِ آن مشخص نیست، اما معمولاً تصور می‌شود که به دلیلِ دما بوده باشد)، رگِ وابرانِ بی‌چاره در موقعیتِ اشتباهی، بالایِ میزنای، گیر کرد. فرآیندِ فرگشت، به جایِ این که، مانندِ هر مهندسِ معقول و منطقی، مسیرِ لوله را عوض کند، به طویل کردنِ آن ادامه داد. در اینجا نیز، هزینهٔ نهاییِ هر افزایشِ جزئی در طولِ مسیرِ انحرافی باید کمتر می‌بوده است. این مورد نیز نمونه‌ای است که به زیبایی نشان می‌دهد که یک اشتباهِ اولیه، به جایِ این که با رجوع به تخته‌رسم اصلاح شود، پس از رخداد جبران شده است. چنین نمونه‌هایی بی‌گمان موقعیتِ کسانی که سنگِ «طراحیِ هوشمند» را به سینه می‌زنند زیرِ سؤال می‌برد.

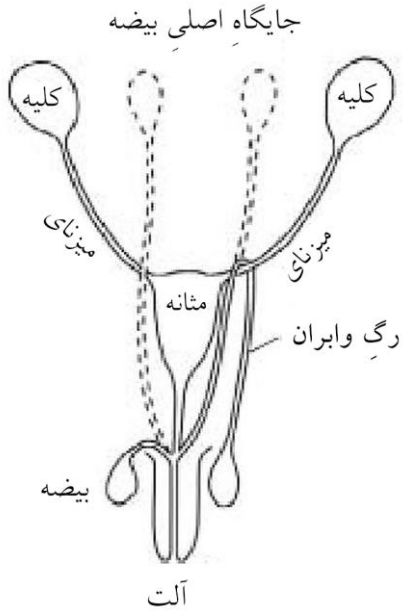
---

[1] vas deferens

[2] testis

[3] penis

[4] ureter




**شکل ۸۲ - مسیرِ رگِ وابران از بیضه تا آلت**

بدنِ انسان مملو از مواردی است که، از منظری، می‌توانیم آن‌ها را «نقص» بخوانیم اما، از منظری دیگر، سازش‌هایی هستند، که از سرگذشتِ دودمانیِ ما و این حقیقت که از نسلِ حیواناتِ دیگری به وجود آمده‌ایم، نشأت گرفته‌اند. وقتی که گزینهٔ «بازگشت به تخته‌رسم» رویِ میز نباشد — وقتی که تنها راهِ پیشرفت اِعمالِ اصلاحاتِ تک‌کاره در طرحی است که از پیش موجود می‌باشد — وقوعِ نواقصْ ناگزیر است. تصورش را بکنید که موتورِ جت چه شلم-شوربایی می‌شد اگر سِر فرانک ویتل[1] و دکتر هانس فون اوهاین[2] — دو نفری که آن را مستقل از هم اختراع کردند — مجبور بودند از این قاعده پیروی کنند: «شما اجازه ندارید که با صفحه‌ای خالی بر رویِ تخته‌رسمِ خود طرحِ خود را آغاز کنید. شما حتماً باید کارتان را با یک موتورِ ملخ[3] شروع کنید و آن را تغییر

[1] Sir Frank Whittle

[2] Hans von Ohain

[3] propeller engine

دهید. آن هم یک قطعه در هر مرحله، پیچ به پیچ و پرچ به پرچ، از موتورِ ملخِ «نیاکانی» شروع کنید تا به یک موتورِ جت، که «نوادهٔ» آن است، دست یابید». حتی از این هم بدتر: همهٔ موتورهایِ میانجی باید بتوانند پرواز کنند و هر عضوِ این سلسله باید، نسبت به نوعِ پیش‌آیندِ خود، دستِ کم پیشرفتی جزئی کرده باشد. می‌بینید که موتورِ جتِ حاصل بارِ تمامِ یادگارهایِ تاریخی، ناهنجاری‌ها، و نواقص را بر دوش خواهد کشید. و انباشتی تدریجی از وصله و پینه‌هایِ سرِدستی و مایهٔ-زحمت، به منظورِ جبرانِ این نواقص، اعمال می‌شدند. هدفِ هر یک از این وصله‌ها این است که، علی رغمِ وجودِ ممنوعیتِ اسف‌بارِ بازگشت به تخته‌رسم، کاری را که از دست‌شان بر می‌آید انجام دهند.

نکته‌ای را که مرادم بود بیان کردم، اما، با نگاهی دقیق‌تر به خلاقیت‌هایِ زیستی، می‌توان قیاسِ دیگری را نیز از مثالِ موتورِ ملخ و موتورِ جت استخراج کرد. کاملاً ممکن است یکی از نوآوری‌هایِ مهم (در مثالِ ما، موتورِ جت) از عضوی قدیمی که کارِ مشابهی انجام می‌داده است (در این مورد، موتورِ ملخ) فرگشت نیافته باشد، بلکه از چیزی کاملاً متفاوت فرگشت یافته باشد که کارِ کاملاً متفاوتی را انجام می‌داده است. یکی از نمونه‌هایِ خیلی خوب نیاکانِ ماهیِ ما هستند. وقتی که آن‌ها به تنفسِ در هوا روی آوردند، این گونه نبود که آب‌شُش‌هایِ خود را اصلاح کنند و از آن شُش بسازند (البته بعضی ماهی‌هایِ امروزی، که در هوا تنفس می‌کنند، مانندِ گورامیِ بالارو[1] (*آناباس*[2])، چنین کاری کرده‌اند). در عوض، آن‌ها یکی از کیسه‌هایِ رودهٔ خود را اصلاح کردند. در ضمن، بعداً، پیوسته‌استخوانان[3] (یعنی تقریباً همهٔ ماهی‌هایی که ممکن است به آن‌ها بر بخورید، به جز کوسه و گونه‌هایِ مشابه‌اش) شُش را (که قبلاً، در نیاکانی که هر از گاهی در هوا تنفس می‌کردند، فرگشت یافته بود) اصلاح کردند و آن را به عضوِ حیاتیِ دیگری که هیچ ربطی به تنفس ندارد تبدیل کردند: مثانهٔ شنا.

---

[1] climbing perch

[2] *Anabas*

[3] teleosts

مثانهٔ شنا شاید مهم‌ترین عاملِ موفقیتِ پیوسته‌استخوانان باشد و کاملاً ارزشش را دارد که کمی از بحث خارج شویم و به توضیحِ آن بپردازیم. این عضو مثانه‌ای داخلی و پر از هواست که ماهی می‌تواند به کمکِ آن، با حساسیتی بالا، تعادلِ هیدرواستاتیکِ خود را، در هر عمقی، حفظ کند. اگر، در کودکی، با غواصِ دکارتی[1] بازی کرده باشید، می‌توانید این اصل را درک کنید، اما ماهیِ پیوسته‌استخوان از یکی از انواعِ جالبِ آن استفاده می‌کند. غواصِ دکارتی اسباب‌بازی‌ای کوچک است که قسمتِ مهمِ آن ظرفی وارونه است که یک حبابِ هوا در آن وجود دارد و، در حالتِ تعادل، شناور است. تعدادِ مولکول‌هایِ هوایِ درونِ حباب ثابت است، اما می‌توانید با فشردنِ چوب‌پنبهٔ بطری، حجمِ آن را کاهش دهید (و، مطابقِ قانونِ بویل[2] [vii]، فشارِ آن را افزایش دهید). یا می‌توانید با بالا بردنِ چوب‌پنبه، حجمِ هوایِ حباب را افزایش (و فشارِ آن را) کاهش دهید. سوپاپ‌هایی که با آن درِ بطریِ آب‌جو را می‌بندند بهترین گزینه برایِ این کار است. با بالا بردن یا پایین آوردنِ سوپاپ، غواص، برایِ رسیدن به نقطهٔ جدیدِ تعادلِ هیدرواستاتیکش، در بطری بالا یا پایین می‌رود. با ایجادِ تغییراتِ دقیق در سوپاپ و، در نتیجه، تغییرِ فشار، می‌توانید غواص را وادار به بالا یا پایین رفتن در بطری کنید.

ماهی نیز غواصی دکارتی است اما با تفاوتی ظریف. مثانهٔ شنا «حباب» آن است و به طریقی مشابه عمل می‌کند، با این تفاوت که تعدادِ مولکول‌هایِ هوایِ درونِ مثانه ثابت نیست. وقتی که ماهی بخواهد به سطحِ بالاتری برود، مولکول‌هایِ هوا را از خون واردِ مثانه می‌کند و، از این طریق، حجمِ آن را افزایش می‌دهد. و وقتی بخواهد پایین‌تر برود، مولکول‌هایِ هوا را از مثانهٔ خود واردِ خون می‌کند و، از این طریق، حجمِ مثانه را کاهش می‌دهد. مثانهٔ شنا به ماهی کمک می‌کند که، بر خلافِ کوسه، برایِ ماندن در عمقِ دلخواه، نیازی به کارِ عضلانی نداشته باشد. در هر عمقی که بخواهد، می‌تواند به تعادلِ هیدرواستاتیک برسد. مثانهٔ شنا این کار را انجام می‌دهد و، از این طریق، عضلاتش

---

[1] Cartesian Diver

[2] Boyle's Law

را برایِ ایجادِ نیرویِ پیش‌رانِ فعال به کار می‌برد. بر عکس، کوسه‌ها مجبوراند همیشه در حالِ شنا باشند، وگرنه به عمقِ دریا سقوط می‌کنند. البته باید گفت که به آرامی؛ چرا که بافت‌هایِ آن‌ها از موادِ کم‌چگالی[1] تشکیل شده است که باعث می‌شود نسبتاً شناور بمانند. پس، مثانهٔ شنا شُشی تغییرِ-کاربری-داده است و خودِ شُش هم کیسهٔ روده‌ای است که تغییرِ کاربری داده است (نه، آن طور که ممکن است انتظار رود، آب‌شُشی تغییریافته باشد). و، در بعضی ماهی‌ها، خودِ مثانهٔ شنا تغییراتِ بیشتری پیدا کرده است و به اندامی شنوایی، چیزی شبیه به پردهٔ گوش، تبدیل شده است. سرگذشت بر سراسرِ بدن نقش بسته است، نه فقط یک بار، بلکه چندین بار و بر رویِ کتیبه‌ای جان‌دار.

۴۰۰ میلیون سال است که ما حیواناتی خشکی‌زی هستیم و تنها طیِ یک درصدِ آخرِ این زمان است که بر رویِ دو پایِ پشتیِ خود ایستاده‌ایم. ۹۹ درصدِ سرگذشت‌مان بر رویِ خشکی سپری شده است؛ ستونِ فقراتی نسبتاً افقی داشته‌ایم و چهار-دست-و-پا راه می‌رفته‌ایم. دقیقاً نمی‌دانیم که آن کسانی که، برایِ نخستین بار، قد بر افراشتند و رویِ دو پایِ پشتیِ خود راه رفتند از چه مزایایِ انتخابی بهره‌مند شدند و در این جا هم از آن سخن نخواهم راند. جاناتان کینگ‌دان[2] یک کتابِ کامل را به این موضوع اختصاص داده است (***خاستگاهِ پست***[3]) و من، در کتابِ ***داستانِ نیاکان***، تا حدودی به آن پرداخته‌ام. شاید وقتی که رخ داده بود، تغییرِ بزرگی به نظر نمی‌آمد؛ چرا که دیگر نخستی‌سانان، همچون شامپانزه، بعضی میمون‌ها، و لِمورِ دلربایِ شیفاکِ ورو[4]، گاه به گاه، این کار را می‌کنند. اما هر از گاهی، مثلِ ما، رویِ دو پا راه رفتن اثراتِ عمیقی را بر رویِ تمامِ بدن می‌گذارد که اصلاحاتِ جبرانیِ بسیاری را در پی دارند. می‌توان گفت که هیچ استخوان یا عضله‌ای در بدن نبوده است که، برایِ سازگاری با یک سری جزئیات که به نحوی — هر چند مبهم، هر چند پرت، و هر

---

[1] low-density

[2] Jonathan Kingdon

[3] Lowly Origin

[4] Verreaux's sifaka

چند غیرِ مستقیم — به این تغییر در نحوهٔ راه رفتن مربوط بوده‌اند، دست‌خوشِ تغییر نشده باشند. بازتنظیم‌هایی مشابه نیز باید، در هر یک از تغییراتِ عمده در نحوهٔ زیست (از آب به خشکی، از خشکی به آب، و به هوا یا زیرِ زمین)، رخ داده باشد. نمی‌توان تغییراتِ ایجادشده در بدن را از هم تفکیک کرد و آن‌ها را مستقل از یک‌دیگر بررسی کرد. خُردنمایی است که بگوییم هر تغییری پیامدها و تأثیراتی به همراه دارد. صدها و هزاران پیامد حاصل می‌شود و آن پیامدها نیز پیامدهایِ دیگری را در پی دارند. انتخابِ طبیعی تا ابد در حالِ بهینه‌سازی، تنظیم، اصلاح، و، به قولِ زیست‌شناسِ مولکولیِ بزرگِ فرانسوی، فرانسوآ ژاکوب[1]، در حالِ «دست‌کاری کردن» است.

می‌توان به گونهٔ دیگری هم به قضیه نگاه کرد. وقتی که تغییری عمده در اقلیم به وجود می‌آید، مثلاً چیزی مانندِ عصرِ یخ‌بندان[2]، طبیعتاً انتظار می‌رود که انتخابِ طبیعی حیوانات را با آن سازگار کند؛ مثلاً پوششِ پشمی‌شان را پرپشت‌تر کند. اما اقلیمِ ***بیرونی*** تنها اقلیمی نیست که باید در نظر بگیریم. در صورتی که هیچ گونه تغییرِ بیرونی هم رخ ندهد، اگر جهشِ عمدهٔ جدیدی ظهور پیدا کند و انتخابِ طبیعی به نفعش عمل کند، تمامِ ژن‌هایِ دیگرِ ژنوم نیز آن را تغییری در «اقلیمِ ژنتیکیِ» درونی به حساب می‌آورند. این تغییر نیز کم از تغییر در آب–و–هوا ندارد و تغییری است که باید خود را به آن تطبیق دهند. انتخابِ طبیعی باید بعداً واردِ عمل شود و، برایِ جبرانِ تغییرِ بزرگی که در «اقلیمِ» ژنتیکی رخ داده است، اصلاحاتی را اعمال کند؛ درست گویی تغییری در اقلیمِ بیرونی رخ داده است. حتی ممکن است گذار از راه رفتنِ چهار–دست–و–پا به راه رفتن بر رویِ دو پا، به صورتِ «داخلی»، رخ داده باشد و نتیجهٔ تغییری در محیطِ بیرون نبوده باشد. به هر حال، این تغییر موجی پیچیده از پیامدهایِ مختلف را پدید می‌آورده است و جبرانِ هر یک از این پیامدها نیز مستلزمِ تغییرِ دیگری بوده است.

---

[1] François Jacob

[2] ice age

«طراحیِ غیرِ هوشمند» می‌توانست عنوانِ خوبی برایِ این فصل باشد. در واقع، این عنوان می‌تواند عنوانِ مناسبی برایِ یک کتابِ کامل دربارهٔ نواقصِ حیات، به عنوانِ مدرکی قانع‌کننده مبنی بر نبودِ طرحی از-پیش-اندیشیده-شده، باشد و چند نویسنده هم مستقلاً بر رویِ این موضوع کار کرده‌اند. از این میان، از آن جا که قالب‌شکنی‌هایِ پرمایهٔ انگلیسیِ استرالیایی —مثلِ « So where did Intelligent Design spring from, like a boil on a bum?» به معنیِ «این طراحیِ هوشمند دیگر از کدام سوراخِ آسمان برسرِ ما نازل شد؟» —را می‌پسندم، به کتابِ دل‌پذیرِ رابین ویلیامز[1]، ریش‌سفیدِ مجریانِ برنامه‌هایِ علمیِ سیدنی، رجوع می‌کنم. ویلیامز، پس از گلایه از مشقت‌هایی که هر روز صبح از دردِ کمر می‌کشد، به بیانی که کاملاً به استرالیایی‌هایِ انگلیسی‌تبارِ غرغرو می‌آید (حرفم را اشتباه برداشت نکنید، کاملاً با او هم‌دردم!) چنین می‌گوید: «اگر کمر ضمانت‌نامه داشت، تقریباً همهٔ کمرها پس فرستاده می‌شدند. اگر [خدا] مسئولِ طراحیِ ***کمر بوده باشد***، باید گفت که حتماً موقعِ طراحی‌اش سرِ دماغ نبوده است و آخرِ روزِ ششم بوده و با عجله داشته کار می‌کرده است که کار را سرِ موعد تمام کند». البته مشکل این جاست که نیاکانِ ما صدها میلیون سال، با ستونِ فقراتی نسبتاً خوابیده، راه می‌رفته‌اند و این ستونِ فقرات به این راحتی‌ها به تغییری ناگهانی که تنها در چند میلیون سالِ اخیر تحمیل شده است تن نمی‌دهد. باز تأکید می‌کنم که نکتهٔ اصلی این است که اگر نخستی‌سانِ راست‌قامتِ راه‌رو واقعاً طراحی داشت، به جایِ این که کار را با یکی از چهارپایان آغاز کند و بعداً آن را اصلاح کند، به تخته‌رسمش رجوع می‌کرد و درست طرحش را تغییر می‌داد.

سپس، ویلیامز کیسهٔ حیوانی را که نمادِ استرالیاست، یعنی کوآلا، مثال می‌زند. بر عکسِ کانگورو که سرِ کیسه‌اش بالاست، سرِ کیسهٔ این حیوان رو به پایین است که برایِ حیوانی که عمرِ خود را چسبیده به تنهٔ درختان می‌گذراند اصلاً ایدهٔ مناسبی نیست. باز هم تأکید می‌کنم که دلیلش

[1] Robyn Williams

این است <که این امر> میراثِ تاریخ است. کوآلا از نسلِ نیایی وُمبات‌گونه است. وُمبات‌ها استادِ حفاری‌اند.

> همچون بیلِ مکانیکی، با پنجه‌هاشان، خروار خروار خاک پشتِ سرِ خود پرتاب می‌کنند. اگر کیسهٔ این نیا رو به جلو بود، چشم و دندانِ بچه‌هایش همیشه پر از شن و ماسه می‌بود. از این رو، کیسه‌اش رو به عقب بود و زمانی که این موجود — احتمالاً برایِ حصولِ غذایِ تازه — به بالایِ درخت نقلِ مکان کرد، این «طراحی» را نیز با خودش آورد و تغییرش زیادی پیچیده بود.

همچون عصبِ حنجره‌ایِ منحرف، از لحاظِ نظری، شاید ممکن باشد که، با تغییر در رشدِ رویانیِ کوآلا، جهتِ کیسه‌اش رو به بالا تغییر کند. اما حدسِ من این است که، در نتیجهٔ این تغییرِ بزرگ، چنان تغییرِ فاحشی در رشدِ رویان به وجود می‌آید که باعث می‌شود میانجی‌ها حتی از کوآلا هم، در مقابله با شرایطِ کنونی، عملکردِ بدتری داشته باشند.

یکی دیگر از عواقبِ گذارِ ما از چهارپایی به دوپایی که دامن‌گیرِ خیلی از ما (از جمله خودِ من در لحظهٔ نگاشتنِ این سطور) می‌شود به سینوس‌ها[1] مربوط می‌شود. دلیلش این است که حفرهٔ تخلیهٔ آن در جایی است که عمراً محال است کارِ یک طراحِ عاقل باشد. ویلیامز، به نقل از یکی از همکارانِ استرالیایی، پرفسور درِک دِنتون[2] [viii]، می‌گوید: «سینوس‌ها یا حفره‌هایِ فکّی در طرفینِ صورت و پشتِ گونه‌ها قرار دارند. حفرهٔ تخلیهٔ آن‌ها در بالا قرار دارد که، از لحاظِ کمک گرفتن از نیرویِ گرانش برایِ تسهیلِ تخلیهٔ مایعات، اصلاً ایدهٔ خوبی به نظر نمی‌آید». در بدنِ چهارپایان، «بالا» به هیچ وجه بالا نیست، بلکه جلویِ حیوان است. پس چنین جایگاهی برایِ حفرهٔ تخلیه خیلی بیشتر با عقل جور در می‌آید. در این جا نیز می‌بینیم که سرگذشتِ ما، بر سراسرِ بدن‌مان، نقش بسته است.

---

[1] sinus

[2] Derek Denton

ویلیامز، در ادامه، از یکی دیگر از همکارانِ استرالیایی‌اش — که او نیز از استعدادِ ملیِ درّ و گوهر باراندن برخوردار است — دربارهٔ زنبورهایِ عقربی[1]، نقل می‌کند که طراحِ این زنبور — البته اگر طراحی داشته باشد — «بایستی حرام‌زاده‌ای سادیستی باشد». داروین، با این که در سنینِ جوانی از استرالیا دیدن کرده بود، همین حرف را، البته با ادبیاتی ملایم‌تر و با پیازداغِ استرالیاییِ کمتر، بیان می‌کند: «به هیچ وجه در کَتَم نمی‌رود که خدایی مهربان و قادری مطلق زنبورِ عقربی را، از رویِ طرح و از عمد، به این هدف خلق کرده باشد که از بدنِ زندهٔ کرمِ پیله‌ساز تغذیه کند». خشونتِ باورنکردنیِ زنبورهایِ عقربی (و همچنین زنبورهایِ نخ‌کمر[2] و زنبورهایِ تارانتولا[3]) درون‌مایه‌ای است که، در دو فصلِ آخرِ این کتاب، به کرّات به آن برخورد می‌کنیم.

چیزی که قصدِ گفتنش را دارم به سختی می‌توانم در قالبِ واژگان بیان کنم، اما موضوعی است که دیر زمانی است به آن می‌اندیشیده‌ام و، در آن روزِ به‌یاد‌ماندنیِ تشریحِ زرافه، به ذهنم رسید. وقتی که از بیرون به حیوانات می‌نگریم، شدیداً به این توهّم دچار می‌شویم که حتماً باید پایِ طراحی در میان باشد. چریدنِ زرافه، صعودِ آلباتروس[4]، سرازیر شدنِ بادقُپَک[5]، طعمه قاپیدنِ بازِ[6]، اژدهایِ دریاییِ برگی[7] که در میانِ جلبک‌ها پنهان می‌شود، تازیدنِ یوزپلنگ با کش آمدن‌هایِ کاملش پس از هر تغییرِ جهت، خرامیدنِ آهوی کوهی[8]؛ توهمِ وجودِ طرح آن قدر، از لحاظِ شهودی، واقعی به نظر می‌رسد که باید، با تلاش و زحمت، تفکرِ انتقادی‌مان را به کار بیاندازیم تا

---

[1] Ichneumonid wasp

[2] digger wasp

[3] tarantula wasp

[4] albatross

[5] swift

[6] falcon

[7] leafy sea dragon

[8] gazelle

جلویِ فریب‌هایِ قوهٔ شهودِ ساده‌دل‌مان قد علم کند. این اتفاق زمانی رخ می‌دهد که از بیرون به حیوانات نگاه کنیم. وقتی که به درون‌شان می‌نگریم، برداشتِ متضادی خواهیم داشت. باید این موضوع را فاش گفت که تصاویرِ ساده‌شدهٔ کتاب‌هایِ درسی، که کدهایِ رنگیِ مختلف در آن‌ها به کار رفته است و به نقشهٔ ساختِ یک مهندس شبیه هستند، ***توهمِ*** وجودِ طرحی باشکوه را القاء می‌کنند. اما وقتی که بدنِ شکافته‌شدهٔ حیوانی را بر رویِ میزِ تشریح می‌بینید، چشمان‌تان به حقیقت باز می‌شود. به نظرم این تمرین تمرینی آموزنده خواهد بود اگر از مهندسی بخواهیم نسخهٔ بهبودیافته ای را برایِ، مثلاً، رگ‌هایی که از قلب خارج می‌شوند رسم کند. به نظرم نتیجه چیزی شبیهِ مَنیفولدِ اگزوز[1] خودرو می‌شود: مسیرهایِ لوله‌ای منظم که با نظم و ترتیب چیده شده‌اند و نه شلم-شوربایی که در قفسهٔ سینه‌ای بازشده می‌بینیم.

به منظورِ بررسی عصبِ حنجره‌ایِ منحرف، به عنوانِ نمونه‌ای از نقصِ فرگشتی، یک روز را با آناتومیست‌هایِ تشریح‌کنندهٔ زرافه گذراندم. اما اندکی بعد متوجه شدم که، از لحاظِ نواقص، عصبِ حنجره‌ایِ منحرف صرفاً نوکِ یک کوهِ یخی عظیم است. این حقیقت که این عصب این همه راهِ خود را کج می‌کند خیلی روشن نکتهٔ اصلی را بیان می‌کند. این نقص آن چیزی است که هِلمهولتس را به باز پس فرستادنِ <چشم> وا می‌دارد. اما نکتهٔ منکوب‌کننده‌ای که، از بررسیِ دقیقِ هر یک از اجزاءِ درونیِ بدنِ حیوانی بزرگ، متوجهش می‌شویم این است که درونِ بدنش آشفته‌بازاری به پاست. نه تنها این که محال است خطایی، همچون طراحیِ عصبِ حنجره‌ایِ منحرف، از یک طراح سر بزند، بلکه هیچ طراحِ درست-و-حسابی، ***به هیچ وجه***، مرتکبِ چیزی چون آشفته‌بازارِ مارپیچ‌هایِ سرگردان و در-هم-تنیدهٔ سرخ‌رگ‌ها، رگ‌ها، اعصاب، روده‌ها، توده‌هایِ چربی، و روده‌بندها[2]، و مانندِ آن نمی‌شود. کالین پیتِنری[3]، زیست‌شناسِ آمریکایی، می‌گوید که کلِ

---

[1] exhaust manifold

[2] mesentery

[3] Colin Pittendrigh

بدن چیزی نیست جز «وصله‌دوزی‌ای از چاره‌جویی‌های موقتیِ سرِهم‌بندی‌شده که گویی بدن آن‌ها را، از میانِ چیزهایی که اتفاقی به آن‌ها برخورده است و با توجه به شرایطِ انتخابِ طبیعیِ آن زمان، پذیرفته و انتخاب کرده است و نه با در نظر گرفتنِ دورنمایِ انتخابِ طبیعی».

---

[i] در انگلیسیِ بریتانیایی، «اِسکوآیر» به معنیِ «نجیب‌زاده» (gentleman) بوده است (البته هنوز هم به همین معنی است، اما به سرعت در حالِ انقراض است) و به معنیِ «وکیل» —چنان که اخیراً متوجه شده‌ام، در انگلیسیِ آمریکایی، معنا می‌دهد — نیست. دیده‌ام که وکیلانِ زنِ آمریکایی از عنوانِ «اِسکوآیر» برایِ خود استفاده می‌کنند. این کاربرد به همان اندازه برایِ بریتانیایی‌ها عجیب است که دادنِ عنوانِ «Law Lord» (به معنیِ تحت اللفظیِ «اربابِ قانون» و معادلِ عنوانِ آمریکاییِ «Supreme Court Justice» در انگلیسیِ بریتانیایی) به نخستین قاضیِ زنِ دادگاهِ عالیِ بریتانیا، الیزابت باتلر-اسلاس (Elizabeth Butler-Sloss)، برایِ آمریکایی‌ها عجیب بود. به نظر می‌رسد که کاربردِ «اِسکوآیر»، در انگلیسیِ بریتانیایی، برایِ سراسرِ افرادِ جهان عجیب‌تر می‌نماید. شنیده‌ام که نامه‌دانِ حرفِ «E»، در هتل‌هایِ سراسرِ دنیا، پر از نامه‌هایِ تحویل-داده-نشده‌ای با این عنوان است؛ چرا که <کارکنانِ هتل> به دنبالِ فردی به نامِ «آقایِ Esq»، به عنوانِ گیرندهٔ نامه، بوده‌اند.

[ii] شاید دلیلِ ربط دادن‌شان به سایرن‌هایِ افسانه‌ای این باشد که همچون خویشاوندانِ خشکی‌زی‌شان، یعنی فیل، با پستان‌هایِ قرارگرفته بر ناحیهٔ سینهٔ خود به فرزندان‌شان شیر می‌دهند. شاید دریانوردانی

که مدت‌ها در دریا به سر می‌برده‌اند و، از لحاظِ جنسی در مضیقه بوده‌اند، از دور آن‌ها را زن می‌دیده‌اند. گاه گاوِ دریایی‌سانان را عاملِ پیدایشِ افسانهٔ پریانِ دریایی عنوان می‌کنند.

[iii] لارْوهایی را که در تقدیرشان آمده است ملکه شوند از اکسیرهایی تغذیه می‌کنند که از غده‌هایِ درونِ سرِ مورچه‌هایِ کارگرِ پرستار ترشح می‌شوند. این نکته بسیار مهم است که تفاوتِ بینِ مورچه‌هایِ ملکه و کارگر را محیط تعیین می‌کند، نه ژنتیک. من این موضوع را، به تفصیل، در کتابِ ***ژنِ خودخواه***، شرح داده‌ام.

[iv] بله، منظورم «تِروگلوبیت» است، نه «تِروگلودیت» (troglodyte)، که به <حیواناتِ> دیگری اشاره دارد که شرایط‌شان این گونه افراطی نیست.

[v] این امر، به ویژه، در موردِ جهش‌هایی که تأثیری هنگفت دارند صدق می‌کند. دستگاهِ ظریفی همچون رادیو یا رایانه را در نظر بگیرید. جهشِ بزرگ مثلِ این است که با کفشِ میخی بر رویِ آن‌ها بکوبیم یا، به صورتِ تصادفی، سیمی را جدا کرده و آن را به جایِ دیگری وصل کنیم. ***شاید*** این کار عملکردشان را بهبود بخشد، اما چنین امری خیلی محتمل نیست. اما جهشِ ***کوچک*** معادلِ تغییری جزئی در، مثلاً، یکی از مقاومت‌ها یا چرخاندنِ اندکِ پیچِ تنظیمِ رادیو است. هر چه جهش کوچک‌تر باشد، احتمالِ پیشرفت به ۵۰ درصد نزدیک‌تر می‌شود.

[vi] این موضوع از مواردِ موردِ علاقهٔ همکارم، جری کوین، نیز هست. کتابِ وی، ***چرا فرگشت درست است؟***، این موضوع را به روشنی موردِ بحث قرار می‌دهد. خواندنِ این کتاب و دیگر کتاب‌هایِ عالی‌اش را توصیه می‌کنم.

[vii] مطابقِ قانونِ بویل، فشارِ مقدارِ ثابتی گاز، در دمایی معین، با حجمِ آن نسبتِ عکس دارد. از زمانی که قانونِ بویل را، در مقطعِ Form 4B1 <(معادلِ اولِ دبیرستانِ ایران)>، در یک جلسهٔ واحد با استادِ علومِ ارشدِ مدرسه، آقایِ بانجی (Bunjy)، یاد گرفتم، هرگز آن را فراموش نکردم. او آن

جلسه را، به جایِ معلمِ فیزیکِ اصلی‌مان، آقایِ بافتی (Bufty)، درس می‌داد و ما بچه‌ها تصور می‌کردیم که، به دلیلِ سنِ (به خیال ما) خیلی زیادش و چشمانِ خیلی ضعیفش (چرا که باید کتاب را نوکِ بینی‌اش می‌گرفت تا بتواند آن را بخواند)، می‌توانستیم او را جدی نگیریم و دستش بیاندازیم. زهی خیال باطل! او ما را، بعد-از-ظهرِ آن روز، یک زنگ اضافی، به عنوانِ جریمه، نگه داشت و آن جلسه را این گونه آغاز کرد. ما را مجبور کرد که در جزوه‌هایِ خود بنویسیم: «هدفِ این درس: آموزشِ آدابِ رفتار و قانونِ بویل به دانش‌آموزانِ 4B1».

[viii] با مایکل دِنتونِ استرالیایی، که عزیزِ دلِ آفرینش‌باوران است، اشتباه نشود. او به سادگی از این قضیه عبور می‌کند که، در کتابِ دومش، ***تقدیرِ طبیعت (Nature's Destiny)***، موضعِ ضدِفرگشتیِ پیشینِ خود را، در عینِ باورمند ماندن به مذهب، رد کرده بود.

# فصلِ ۱۲: نبردِ تسلیحاتی[1] و «تئودیسهٔ[2] فرگشتی»

چشم، اعصاب، لوله‌هایِ اسپرم، سینوس، و کمر، از منظرِ رفاهِ فردی، بد طراحی شده‌اند. اما اگر از منظرِ فرگشت به این نواقص نگاه کنیم، همه چیز با عقل جور در خواهد آمد. همین امر در موردِ اقتصادِ طبیعت، در مقیاسی بزرگ‌تر، نیز صدق می‌کند. شاید انتظار برود که آفریننده‌ای هوشمند، نه تنها بدن و ساختمانِ هر حیوان و گیاه، بلکه کلِ گونه‌ها و بوم‌سازگان (اکوسیستمِ)[3] آن‌ها را نیز طراحی کرده باشد. شاید انتظار برود که طبیعت نیز اقتصادی برنامه‌ریزی‌شده دارد و به نحوی مدقانه طراحی شده است که هر گونه زیاده‌روی و ضایعه‌ای را از بین ببرد. اما چنین نیست و این فصل به اثباتِ این موضوع می‌پردازد.

## اقتصادِ خورشیدی

انرژیِ اقتصادِ طبیعی را خورشید تأمین می‌کند. فوتون‌هایِ[4] خورشیدی بر تمامِ سطوحِ این سیاره، که در روز به سر می‌برد، می‌تابد. تنها کارِ مفیدی که از عمدهٔ فوتون‌ها بر می‌آید گرم کردنِ سنگ‌ها و شن‌زارهایِ ساحلی است. تعدادِ اندکی از آن‌ها به چشم‌ها — چشمِ من و شما، چشمِ مرکبِ میگو، یا چشمِ بازتابهٔ سهمیِ[5] گوش‌ماهی[6] — برخورد می‌کنند. بعضی از آن‌ها ممکن است بر رویِ صفحه‌هایِ خورشیدی[7] فرود آیند؛ چه آن‌هایی که ساختهٔ انسان هستند، مانندِ آن چیزی که، به شوقِ

---

[1] arms race

[2] theodicy

[3] ecosystem

[4] photon

[5] parabolic reflector eye

[6] scallop

[7] solar panel

حفاظت از محیطِ زیست، برایِ گرم کردنِ آبِ حمام بر بامِ خانه‌ام نصب کرده‌ام یا برگ‌هایِ سبز که صفحه‌هایِ خورشیدیِ طبیعت‌اند. گیاهان برایِ پیش‌بردِ سنتزهایِ شیمیاییِ[1] «سربالایی» (تولیدِ سوخت‌هایِ ارگانیک[2] که عمدتاً انواعِ مختلفِ قند هستند) از انرژیِ خورشیدی استفاده می‌کنند. منظور از «سربالایی» بودنِ این است که سنتزِ قند، برایِ پیش رفتن، به انرژی نیاز دارد. به همین منوال، قند بعداً می‌تواند، طیِ واکنشی «سرپایینی»، «بسوزد» و (کسری از) آن انرژی را دوباره برایِ انجامِ کاری مفید، مثلاً انجامِ کارِ عضلانی یا ساختِ تنهٔ درختی تنومند، آزاد کند. سرپایین بودنِ این واکنش‌ها را می‌توان با آبی مقایسه کرد که از بلندی از مخزنی سرازیر می‌شود و چرخ‌هایِ آبی[3] را، برایِ انجامِ کارِ مفید، به حرکت در می‌آورد. سربالا بودنِ واکنش‌ها را نیز می‌توان با پمپاژِ آب به سمتِ بالا و ذخیرهٔ آن در مخزنی، برایِ استفادهٔ بعدی در به حرکت در آوردنِ چرخ‌ها، هنگامِ جاری شدن به سمتِ پایین، مقایسه کرد. در هر مرحله از اقتصادِ انرژی، چه سربالایی و چه سرپایین، مقداری انرژی از دست می‌رود (هیچ تراکنشِ انرژی‌ای بازده صد-در-صد ندارد). به همین خاطر است که دفاترِ ثبتِ اختراع به طرحِ ماشین‌هاییِ که <ادعا می‌شود> همیشه در حرکت باقی می‌مانند حتی نگاه هم نمی‌کنند: طراحیِ چنین ماشینی ناممکن است، بی‌برو-برگرد و برای همیشه. نمی‌توان از انرژیِ چرخِ آبی، که از جریانِ رو-به-پایینِ آب حاصل شده است، برایِ پمپاژِ همان مقدار آب به بالا، برایِ دوباره به حرکت در آوردنِ چرخِ آبی، استفاده کرد. همیشه باید، از بیرون، انرژی‌ای برایِ جبرانِ انرژیِ اتلاف‌شده به سامانه تزریق شود و در اینجاست که خورشید واردِ عمل می‌شود. در فصلِ ۱۳، دوباره به این موضوعِ مهم خواهم پرداخت.

قسمتِ عمده‌ای از سطحِ کرهٔ زمین را برگ‌هایِ سبز پوشانده است و این برگ‌ها[4] همچون «آبگیر»هایی چندلایه برایِ گرفتنِ فوتون عمل می‌کنند. اگر برگی نتواند فوتونی را گیر بیاندازد،

---

[1] chemical synthesis

[2] organic fuel

[3] water wheel

[4] leaf

برگِ پایینی‌اش، به احتمالِ زیاد، آن را می‌گیرد. در بیشه‌زارهایِ انبوه، فوتون‌هایِ چندانی نمی‌توانند از دستِ برگ‌ها قسر در بروند و دقیقاً به همین خاطر است که بیشه‌زارانِ پرپشت و انبوه این چنین تاریک‌اند. عمدهٔ فوتون‌هایِ حاصل از سهمِ ناچیزِ سیارهٔ ما از پرتوهایِ خورشید به آب برخورد می‌کنند و سطحِ آب نیز آکنده از گیاهانِ تک‌سلولیِ[1] سبز و ریزی است که آن‌ها را به چنگ می‌اندازند. چه در دریا و چه در خشکی، فرآیندِ شیمیایی که فوتون‌ها را به دام می‌اندازد و از آن‌ها برایِ پیش‌بردِ واکنش‌هایِ شیمیاییِ «سربالایی» انرژی‌بر، که مولکول‌هایِ ذخیره‌کنندهٔ انرژیِ مناسب (همچون انواعِ قند و نشاسته[2]) تولید می‌کنند، «فتوسنتز[3]» گفته می‌شود. این فرآیند را باکتری‌ها، بیش از یک میلیارد سال پیش، «ابداع» کردند و باکتری‌هایِ سبز همچنان بنیانِ عمدهٔ فتوسنتز را تشکیل می‌دهند. به این دلیل می‌توانم چنین چیزی را بگویم که کلُروپلاست‌ها[4] (ماشین‌هایِ فتوسنتزِ سبز و ریزی که عملِ فتوسنتز را در همهٔ برگ‌ها انجام می‌دهند) از نوادگانِ مستقیمِ باکتری‌هایِ سبز هستند. در واقع، از آن جا که آن‌ها همچنان به طورِ خودمختار، مانندِ باکتری‌ها تکثیر می‌شوند، می‌توانیم به حق بگوییم که کلروپلاست‌ها همچنان باکتری هستند، با این تفاوت که به شدت وابسته به برگ‌هایی هستند که به آن‌ها مسکن می‌دهند و رنگِ سبزِ خود را از آن باکتری‌ها می‌گیرد. چنان که بر می‌آید، باکتری‌هایِ آزادزی[5] برایِ کار به درونِ سلول‌هایِ گیاه ربوده شده‌اند و، سرانجام، به چیزی فرگشت کرده‌اند که امروزه به آن کلُروپلاست می‌گوییم.

و واقعیتِ زیبا و متقارن این است که، همان گونه که فعالیتِ شیمیاییِ رو-به-بالایِ حیات را عمدتاً باکتری‌هایِ سبزی بر عهده دارند که در سلول‌هایِ گیاه رشد-و-نمو می‌کنند، فعالیتِ شیمیاییِ

---

[1] single-celled

[2] starch

[3] photosynthesis

[4] chloroplast

[5] free-living

رو-به-پایینِ متابولیسم[1] (سوختنِ تدریجیِ قندها و دیگر سوخت‌ها به منظورِ آزادسازیِ انرژی در سلول‌هایِ گیاهان و حیوانات) نیز تخصصِ دستهٔ دیگری از باکتری‌هاست که روزگارانی آزادزی بوده‌اند، اما اکنون درونِ سلول‌هایِ بزرگ‌تری تکثیر می‌شوند و به آن‌ها «میتوکُندری[2]» می‌گویند. میتوکُندری و کلُروپلاست از نسلِ گونه‌هایِ باکتریاییِ متفاوتی هستند و هر کدام افسونِ شیمیاییِ خود را، که مکملِ یک‌دیگراند، میلیاردها سال پیش از پیدایشِ اولین ارگانیسمِ زندهٔ قابلِ دید با چشمِ غیرِ مسلح، ساخته و پرورده بودند. بعدها، این دو، به دلیلِ مهارت‌هایِ شیمیایی‌شان، برایِ کار ربوده شدند و، امروزه، درونِ قسمت‌هایِ مایعِ سلول‌هایِ به مراتب بزرگ‌تر و پیچیده‌ترِ (کلُروپلاست در سلولِ گیاهان و میتوکُندری در سلول‌هایِ گیاهان و حیوانات) موجوداتی تکثیر می‌شوند که به اندازهٔ کافی بزرگ هستند که بتوان آن‌ها را با چشم دید و با دست لمس کرد.

انرژیِ خورشیدیِ گرفته‌شده توسطِ کلُروپلاستِ گیاهان مبنایِ زنجیره‌هایِ غذاییِ پیچیده است. در این زنجیره‌ها، این انرژی، از طریقِ گیاه به گیاه‌خواران (مثلاً حشرات)، سپس به گوشت‌خواران (مثلاً حشرات و حشره‌خواران و، همچنین، گرگ و پلنگ)، سپس به لاشخورها (مثلاً کرکس[3] و سرگین‌غلتانک‌ها[4])، و سرانجام، به عاملانِ تجزیه (مثلاً قارچ‌ها و باکتری‌ها) منتقل می‌شود. در هر مرحله از این زنجیره‌هایِ غذایی، بخشی از انرژی، طیِ انتقال، در قالبِ گرما، تلف می‌شود، اما بخشی از آن نیز صرفِ فرآیندهایِ زیست‌شناختی، همچون انقباضاتِ عضلانی[5]، می‌شود. به جز انرژیِ خورشید، که در آغازِ زنجیره منتقل می‌شود، هیچ انرژیِ جدیدی اضافه نمی‌شود. به جز

---

[1] metabolism

[2] mitochondria

[3] vulture

[4] dung beetle

[5] muscle contraction

چند استثناءِ جالب، مانندِ گونه‌هایِ ساکنِ «چاه‌هایِ گرمابی[1]» که انرژیِ خود را از منابعِ آتش‌فشانی می‌گیرند، کلِ انرژیِ پیش‌رانِ حیات از نورِ خورشیدِ به-دام-افتاده در گیاهان سرچشمه می‌گیرد.

به درختی بلند و راست‌قامت، که در میانِ محیطی باز رشد کرده است، بنگرید. چرا این همه بلند است؟ دلیلش نزدیک‌تر شدن به خورشید نیست! این تنهٔ بلند می‌توانست کوتاه‌تر و تنها به اندازه‌ای باشد که سرشاخهٔ آن بر رویِ زمین گسترده شود و، با صرفه‌جوییِ عظیمی در هزینه، از تعداد فوتونِ یکسانی هم بهره‌مند شود. پس چرا این همه هزینه متحمل می‌شود تا سرشاخه‌اش سر به آسمان بگذارد؟ تنها زمانی می‌توانیم پاسخِ این معمّا را بیابیم که بدانیم زیست‌گاهِ طبیعیِ این گونه درختِ بیشه‌زار است. درختان برایِ پیشی گرفتن از رقباشان — چه از گونه‌ای یکسان و چه از گونه‌هایِ متفاوت — است که قد می‌کشند. اگر درختی را در محیطی باز یا باغ دیدید که شاخه‌هایی پربرگ دارد و برگ‌هایش تا زمین رسیده‌اند، دچارِ اشتباه نشوید. شکلِ گرد و منظمِ این درخت، که موردِ پسندِ درجه‌دارانِ ارتش است، ***به این خاطر است*** که در باغ یا محیطی باز قرار دارد.[i] در واقع، شما دارید این درخت را خارجِ از زیست‌گاهِ طبیعی‌اش، که بیشه‌زاری انبوه است، می‌بینید. درختانِ بیشه‌زار بلند هستند و تنه‌ای برهنه دارند و بیشترِ شاخ و برگ‌شان نزدیکِ بالایِ درخت است، در سایه‌بانی که «بارانِ» فوتون به آن برخورد می‌کند. و، حال، تصوری عجیب. اگر تمامِ درختانِ جنگل می‌توانستند با هم سرِ این موضوع به توافق برسند که، مثلاً، هیچ کدام‌شان بیش از سی سانتی‌متر قد نکشد (چیزی همچون محدودیت‌هایی که اتحادیه‌هایِ صنفی وضع می‌کنند)، همه‌شان می‌توانستند از این معاهده سود ببرند. کلِ آن جامعه (کلِ بوم‌سازگان) می‌توانست از صرفه‌جویی در مصرفِ چوب و انرژی، که بر سرِ ساختِ آن تنه‌هایِ برافراشته و هزینه‌بر هدر می‌رود، سود برد.

دشواریِ رسیدن به این گونه توافق‌ها بر سرِ محدودیت‌هایِ دوجانبه امری شناخته‌شده است، حتی در میانِ انسان‌ها که از قابلیتِ آینده‌نگری برخوردارند. یکی از مثال‌هایِ آشنا این توافقِ

---

[1] deep ocean smoker; hydrothermal vent

پیشنهادی است که تماشاچیان، در حینِ تماشایِ مسابقهٔ اسب‌سواری، به جایِ ایستادن، سرِ جایِ خود بنشینند. اگر همه می‌نشستند، افرادِ بلندقد می‌توانستند، بهتر از افرادِ کوتاه‌قد، مسابقه را ببینند. اگر همه بایستند، باز این افراد دیدِ بهتری خواهند داشت. اما نشستن این مزیت را دارد که از ایستادن راحت‌تر است. مشکل از آن جا آغاز می‌شود که فردی کوتاه‌قد، که پشتِ سرِ فردی بلندقد نشسته است، می‌ایستند تا دیدِ بهتری پیدا کند. بلافاصله، نفرِ پشتِ سرش می‌ایستد تا دوباره به مسابقه دید پیدا کند. موجی از برخاستن میانِ تماشاچیان به جریان می‌افتد تا جایی که همه می‌ایستند. سرانجام، همه، نسبت به زمانی که همگیِ تماشاچیان نشسته بودند، در وضعیتِ بدتری قرار می‌گیرند.

در بیشه‌زاری بالنده، سایه‌بانِ[1] درختان را می‌توان مَرغزاری[2] هوایی در نظر گرفت، همچون چمن‌زاری سرسبز اما برافراشته‌شده بر پایه‌هایی چوبین. سایه‌بانِ درختان، تقریباً به اندازهٔ سبزه‌هایِ چمن‌زار، از انرژیِ خورشید بهره‌مند می‌شوند. اما بخشِ چشم‌گیری از انرژی پایِ تغذیهٔ «پایه»هایی هدر می‌رود که کاری جز در هوا نگه داشتنِ این «مَرغزار» نمی‌کنند، آن هم در ارتفاعی که دقیقاً همان مقدار فوتون دریافت می‌کند که در صورتِ صاف خوابیدن بر رویِ زمین، با هزینه‌ای به مراتب پایین‌تر، برداشت می‌کرد.

در این جاست که تفاوتِ میانِ اقتصادِ طراحی‌شده و اقتصادِ فرگشتی را به روشنی می‌بینیم. در اقتصادی طراحی‌شده هیچ درختی یا، قطعاً، هیچ درختِ بلندی وجود نمی‌داشت: نه بیشه‌زاری بود و نه سایه‌بانی. درخت اسراف است. درخت زیاده‌روی است. تنهٔ درختان یادگارانِ قدبرافراشتهٔ نبردی عبث — از منظرِ اقتصادِ طراحی شده — هستند. اما اقتصادِ طبیعی برنامه‌ریزی‌شده نیست. هر گیاه با گیاهانِ دیگر، چه از گونه‌ای یکسان و چه از گونه‌هایِ مختلف، رقابت می‌کند و حاصل این می‌شود که، طیِ رقابت‌شان، بیشتر و بیشتر قد می‌کشند؛ بسیار فراتر از چیزی که یک برنامه‌ریز ممکن است پیشنهاد کند. اما قد کشیدن‌شان نامحدود هم نیست. درخت به نقطه‌ای می‌رسد که اگر یک سی

---

[1] canopy

[2] meadow

سانتی‌متر بیشتر قد بکشد — با وجودِ پیشی گرفتن در رقابت — این قضیه چنان برایش گران تمام می‌شود که وضعش، از آن درختانی که بی‌خیالِ آن سی سانتی‌مترِ بیشتر می‌شوند، بدتر می‌شود. تعادل بینِ هزینه و مزیتِ هر درخت، به صورتِ مفرد، است که سرانجام تعیین می‌کند مجموعهٔ درختان تا چه اندازه‌ای مجبوراند رشد کنند، نه مزایایی که برنامه‌ریزی عاقل برایِ مجموعهٔ درختان در نظر گرفته است. و بدیهی است که بیشینهٔ این تعادل برایِ بیشه‌زارانِ مختلف متفاوت است. هیچ درختی به بلندایِ سرخ‌چوب‌های[1] ساحلِ اقیانوسِ آرام[2] (حتماً پیش از مرگ‌تان باید آن‌ها را ببینید!) نمی‌رسد.

بیشه‌زاری را در ذهنِ خود مجسم کنید — بیایید آن را «بیشه‌زارِ دوستی» بخوانیم — که در آن، طیِ توافقی اسرارآمیز، همهٔ درختان توانسته‌اند بر رویِ این هدفِ مطلوب توافق کنند که ارتفاعِ سایه‌بان‌شان را به ۳ متر برسانند. سایه‌بانِ درختان دقیقاً شبیهِ سایه‌بانِ دیگر بیشه‌زاران خواهد بود، با این تفاوت که به جایِ ۳۰ متر، ارتفاع‌شان ۳ متر خواهد بود. از منظرِ اقتصادِ برنامه‌ریزی‌شده، بیشه‌زارِ دوستی، ***به عنوانِ یک بیشه‌زار***، بازدهِ بیشتری نسبت به دیگر بیشه‌زارانِ بلندی دارد که با آن‌ها آشنا هستیم. دلیلش این است که منابع صرفِ تولیدِ تنه‌هایی بلند نمی‌شود که هدف‌شان چیزی جز رقابت با دیگر درختان نیست.

اما حال فرض کنید که یک درختِ جهش‌یافته، در میانِ بیشه‌زارِ دوستی، سر از خاک بیرون بیاورد. این درختِ سرکش اندکی بیش از نُرمِ «توافق‌شدهٔ» ۳ متر قد می‌کشد. این درختِ جهش‌یافته، بلافاصله، در رقابت برتری پیدا می‌کند. اما این حقیقت را هم باید گفت که مجبور است هزینهٔ طولِ اضافیِ تنه‌اش را بپردازد. **اما *تا زمانی که همهٔ درختانِ دیگر، از این فرمانِ خودمحروم‌کننده تبعیت کنند***، این هزینه جبران که می‌شود هیچ، برایش سود هم دارد. دلیلش این است که فوتون‌هایِ بیشتری که می‌تواند جمع کند چیزی فراتر از هزینهٔ افزایشِ طولِ تنه‌اش را پوشش می‌دهند. از این رو، انتخابِ طبیعی به نفعِ این تمایلِ ژنتیکی به شکستنِ این حکمِ

---

[1] redwood

[2] the Pacific Coast

خودمحروم‌کننده عمل می‌کند و <درختان را> اندکی، مثلاً تا رسیدن به ۳/۳ متری، بلندتر می‌کند. با گذشتِ نسل‌هایِ متمادی، رفته رفته درختانِ بیشتری منعِ ارتفاعیِ حاکم را می‌شکنند. سرانجام، وقتی که همهٔ درختانِ بیشه‌زار ۳/۳ متری شدند، همه‌شان متضرر می‌شوند: همه‌شان مجبوراند هزینهٔ ۳۰ سانتی‌متر قد کشیدنِ اضافی را بپردازند. اما، در عوضِ سختیِ بیشتری که متحمل می‌شوند، فوتونِ اضافی‌ای هم کاسب نمی‌شوند. و حال دیگر انتخابِ طبیعی به نفعِ درختِ جهش‌یافته‌ای عمل می‌کند که، مثلاً، ۳۶ سانتی‌متر <بیشتر> قد بکشد. و بدین سان درختان بلندتر و بلندتر می‌شوند. آیا عاقبت این صعودِ بی‌حاصل به سمتِ خورشید پایان می‌یابد یا نه؟ چرا درختِ یک‌ونیم کیلومتری نداریم؟ چرا درختی به بلندایِ لوبیایِ سحرآمیزِ جَک نمی‌رسد؟ حدِ غاییِ ارتفاعِ درخت آن جایی است که هزینهٔ نهاییِ یک سانتی‌متر قد کشیدنِ اضافه بیش از مقدار فوتونِ حاصل در نتیجهٔ آن رشدِ اضافه می‌شود.

در کلِ این استدلالات از هزینه و سودِ درختانِ منفرد سخن می‌گوییم. اگر اقتصادِ بیشه‌زار بر اساسِ <هزینه> و سودِ بیشه‌زار، ***در حالتِ کلی***، طراحی شده بود، شکلِ بیشه‌زار کلاً چیزِ دیگری می‌شد. در واقع، در بیشه‌زارهایی که ما می‌بینیم، گونه‌هایِ مختلفِ درخت در پیِ اقدامِ سوگیرانهٔ انتخابِ طبیعی به ***نفعِ درختانِ منفردی*** پدید آمده‌اند که توانسته‌اند در رقابت با دیگر درختان (چه از گونهٔ خود و چه از گونه‌هایِ دیگر) پیشی بگیرند. هر چیزی را که در موردِ درختان در نظر بگیرید با این قضیه توافق دارد که درختان طراحی نشده‌اند، مگر این که بگوییم برایِ این طراحی شده‌اند که برایِ ما چوب تأمین کنند، به دیدگانِ ما خوش بیایند، و یا، در پاییزِ نیو انگلند[1]، ما را به عکس‌برداری وا دارند. و تاریخ پر است از کسانی که دقیقاً چنین طرزِ فکری دارند. پس، بیایید به موردِ مشابهی بپردازیم که ادعایِ سودآوری‌شان برایِ انسان سخت‌تر است: نبردِ تسلیحاتیِ بینِ شکارچی و شکارشونده.

[1] New England

## دویدن برایِ ماندن بر سرِ جایِ خود

پنج دوندهٔ اول، در میانِ گونه‌هایِ پستان‌دار، یوزپلنگ، شاخ‌چنگالی[1] (که، در آمریکا، به آن «شاخ‌دراز» می‌گویند، اما نسبتِ نزدیکی به شاخ‌درازانِ «واقعیِ» آفریقا ندارد)، کلِ یال‌دار[2] (یا «wildebeest» که یک شاخ‌دراز است، اما زیاد به دیگر شاخ‌درازان شباهت ندارد)، شیر، و غزالِ تامسون[3] (یک شاخ‌درازِ واقعیِ دیگر، شاخ‌درازی کوچک که واقعاً به شاخ‌درازانِ معیار شباهت دارد). به این نکته توجه داشته باشید که این دوندگانِ برتر ترکیبی از شکارچیان و شکارشوندگان هستند و نکتهٔ اصلی این است که این امر تصادفی نیست.

گفته می‌شود که یوزپلنگ می‌تواند، طیِ سه ثانیه، از صفر به ۹۶ کیلومتر بر ساعت سرعت بگیرد که هم‌ترازِ فِراری، پورشه[4]، و تِسلا[5] است. شیر نیز شتابِ وحشتناکی دارد؛ حتی بیش از آهوی کوهی که استقامت و توانایی تغییرِ جهتِ بهتری دارد. گربه برایِ دوِ سرعت و جهشِ غیرِ منتظره بر رویِ طعمه ساخته شده است و سگ (مثلاً سگِ شکاریِ[6] کِیپ[7]) و گرگ برایِ پایداری و فرسودنِ طعمه‌شان. آهوی کوهی و دیگر شاخ‌درازان مجبوراند با هر دو نوع درنده مقابله و احتمالاً باید بده-بستانی در این میانه پیدا کنند. شتاب‌شان به خوبیِ گربه‌سانانِ بزرگ نیست، اما پایداری‌شان بهتر است. غزالِ تامسون گاه با تغییرِ جهتِ ناگهانی می‌تواند یوزپلنگ را هنگامِ جهیدن منحرف کند و، بدین سان، آن قدر قضایا را کش دهد که یوزپلنگ از حداکثر شتابِ خود واردِ مرحلهٔ خستگی شود و

---

[1] pronghorn

[2] gnu

[3] Thomso's gazelle

[4] Porsche

[5] Tesla

[6] hunting dog

[7] cape

استقامتِ اندکش به شماره بیافتد. شکارِ یوزپلنگِ موفق معمولاً سریع است و یوزپلنگی موفق است که بر غافل‌گیری و شتاب تکیه کند. شکارهایِ ناموفقِ یوزپلنگ نیز سریع به پایان می‌رسد؛ چرا که چنین یوزپلنگی، پس از این که اولین تاختش به شکست منجر می‌شود، دست از تلاش می‌کشد تا انرژی ذخیره کند. به دیگر سخن، شکارِ همهٔ یوزپلنگ‌ها سریع است.

نیازی هم نیست به جزئیاتِ آن — مانندِ سرعتِ بالا، شتاب، استقامت، تغییرِ جهتِ ناگهانی، غافل‌گیری، و تعقیب مستمر — نیز توجهی بکنیم. واقعیتِ مهم این است که سریع‌ترین حیوانات هم شاملِ شکارچیان می‌شود و هم شکارشوندگان. انتخابِ طبیعی گونه‌هایِ درنده را به سمتی سوق می‌دهد که در شکارِ طعمه مهارت یابند و، در عینِ حال، گونه‌هایِ طعمه را نیز به سمتی سوق می‌دهد که در فرار کردن از شکارچیان مهارت پیدا کنند. درندگان و شکارشوندگان درگیرِ یک نبردِ تسلیحاتیِ فرگشتی، به قدمتِ تاریخِ فرگشت، هستند. نتیجه این می‌شود که هر دو طرفِ دعوا، به قیمتِ کاهشِ «بودجهٔ» دیگر بخش‌هایِ اقتصادِ بدن، پیوسته به افزایشِ صرفِ منابع در این نبردِ تسلیحاتی می‌پردازند. شکارچیان و شکارشوندگان پیوسته، به یک میزان، خود را به ابزارِ لازم برایِ پیشی گرفتن از طرفِ دیگر (از طریقِ غافل‌گیری، زرنگی کردن، و غیره) مجهز می‌کنند. اما بهبودِ تجهیزات در پیشی گرفتن لزوماً به معنیِ افزایشِ موفقیت در آن نیست. دلیلِ آن، خیلی ساده، این است که طرفِ دیگرِ نبرد نیز به ارتقاءِ تجهیزاتِ خود می‌پردازد. ویژگیِ اساسیِ نبردِ تسلیحاتی هم همین است. مانندِ همان چیزی که ملکهٔ سرخ[1] به آلیس گفته بود، آن‌ها باید تا آن جا که توان دارند سریع بدوند تا بتوانند سرِ همان جایی که هستند بمانند.

داروین، با این که از عبارتِ «نبردِ تسلیحاتی» استفاده نکرده بود، از وجودِ آن در فرآیندِ فرگشت به خوبی آگاه بود. در سالِ ۱۹۷۹، من و همکارم جان کربز مقاله‌ای در این باره منتشر کردیم و، در آن، عبارتِ «نبردِ تسلیحاتی» را برایِ اشاره <به یافته‌هایِ> زیست‌شناسِ بریتانیایی، هیو کات[2]،

---

[1] the Red Queen

[2] Hugh Cott

به کار بردیم. چیزی که شاید حائزِ اهمیت باشد این است که کات کتابش، ***رنگ‌آراییِ حیوانات برایِ سازگاری***[1]، را، در سالِ ۱۹۴۰، در گرماگرمِ جنگِ جهانیِ دوم، منتشر کرد:

> پیش از این که با قطعیت بگوییم که ظاهرِ فریبندهٔ ملخ[2] و پروانه بی دلیل این همه جزئیات دارد، باید نخست ببینیم که قدرتِ دریافت و تمایزِ دشمنانِ طبیعیِ آن حشرات چگونه است. عدمِ توجه به این امر مانندِ این است که، بدونِ در نظر گرفتنِ ماهیت و کارآمدیِ تسلیحاتِ دشمن، بگوییم زرهِ رزم‌ناو[3] زیادی سنگین است یا بُردِ سلاحش بیش-از-حد زیاد است. واقعیت این است که همان طور که تغییراتِ متقابلِ گسترده‌ای را در نحوهٔ جنگِ تمدن‌هایِ مختلف می‌بینیم [i i]، در جنگل نیز، شاهدِ یک نبردِ تسلیحاتیِ فرگشتیِ عظیم و در-حالِ-پیش‌روی هستیم. تسلیحاتِ دفاعیِ حاصل از این نبرد در این قالب‌ها بروز پیدا می‌کنند: سرعتِ بیشتر، گوش-به-زنگی[4]، زره‌پوشی[5]، خاردار شدن[6]، توانایی نقب زدن[7]، زندگیِ شبانه[8]، ترشحاتِ سمی[9]، مزهٔ تهوع‌آور[10]، و رنگ‌آراییِ[11] استتاری[12]، گریزاننده[13]، و تقلیدی[1]. تسلیحاتِ تهاجمیِ

---

[1] Adaptive Coloration in Animals

[2] grasshopper

[3] battle-cruiser

[4] alertness

[5] armour

[6] spinescence

[7] burrowing

[8] nocturnal

[9] poisonous secretion

[10] nauseous

[11] coloration

[12] procryptic

[13] aposematic

حاصل از این نبرد نیز از این قراراند: توانایی‌هایِ متقابلی چون سرعت، غافل‌گیری، کمین کردن[۲]، اغواگری[۳]، تیزبینی[۴]، داشتنِ چنگال[۵]، دندان، نیش[۶]، نیشِ زهرآگین[۷]، و رنگ‌آراییِ پاداستتاری[۸] و اغواکننده. افزایشِ سرعت در حیوانِ دنبال‌شونده در پاسخ به افزایشِ سرعت در حیوانِ دنبال‌کننده، تشکیلِ زرهِ دفاعی در برابرِ پیشرفتِ سلاح‌هایِ تهاجمی، و تکاملِ ابزارِ استتاری در پاسخ به افزایشِ قوهٔ دریافت رخ داده است.

توجه داشته باشید که این نبردِ تسلیحاتی در زمانِ فرگشتی رخ می‌دهد. نباید آن را ، مثلاً، با نزاعِ میانِ یک یوزپلنگ و آهوی کوهی، که در زمانِ واقعی صورت می‌گیرد، اشتباه گرفت. نبردی که در زمانِ فرگشتی رخ می‌دهد به ساخت و انباشتِ تدریجیِ تجهیزاتِ لازم برایِ نبرد در زمانِ واقعی منجر می‌شود. و، در واقع، معنایِ آن این است که ژن‌هایِ سازندهٔ تجهیزاتِ لازم، برایِ هوشمندانه‌تر عمل کردن یا پیشی گرفتن از رقیب، به تدریج در استخرِ ژنیِ هر دو طرفِ نبرد انباشته می‌شود. نکتهٔ دوم — که خودِ داروین هم به خوبی از آن آگاه بود — این است که هدفِ تجهیزاتِ لازم برایِ سریع دویدن پیشی گرفتنِ ***رقبایِ*** هم‌گونه‌ای است که در حالِ فرار از درنده‌ای یکسان هستند. لطیفهٔ معروفی، که تقریباً ایزوپ‌گونه می‌نماید و در موردِ کفش‌هایِ دو و <فرار از> خرس است، با این

---

[1] mimetic

[2] ambush

[3] allurement

[4] visual acuity

[5] claw

[6] sting

[7] poisonous fang

[8] anticryptic

بحث تناسب دارد.[iii] وقتی که یک یوزپلنگ در پیِ گله‌ای از آهوی کوهی می‌تازد، شاید برایِ هر یک از آهوها مهم‌تر این باشد که از کندترین عضوِ گله پیشی بگیرد تا از یوزپلنگ.

حال که اصطلاحِ «نبردِ تسلیحاتی» را تعریف کرده‌ام، می‌بینید که درختانِ بیشه‌زار هم درگیرِ چنین نبردی‌اند. هر درخت، در رقابت با همسایهٔ کناری‌اش در بیشه‌زار، به سمتِ خورشید می‌تازد. این نبرد، به خصوص وقتی که درختی کهنه می‌میرد و جایِ خالیِ تازه‌ای در سایه‌بان باز می‌شود، تنگاتنگ‌تر می‌شود. طنینِ افتادنِ درختی پیر بر زمین مانندِ شلیکِ آغازِ مسابقه، در زمانِ واقعی (البته زمانِ واقعی‌ای بسیار کندتر از زمانی که ما حیوان‌ها به آن عادت داریم) بینِ نونهالانی است که صبورانه به دنبالِ چنین فرصتی بوده‌اند. و برندهٔ مسابقه احتمالاً آن درختی است که ژن‌هایش، به واسطهٔ نبردِ تسلیحاتیِ نیاکانی، طیِ زمانِ فرگشتی، آن را برایِ رشدِ سریع و قد کشیدن تجهیز کرده‌اند.

نبردِ تسلیحاتیِ بینِ گونه‌هایِ مختلفِ بیشه‌زار نبردی متقارن است. هر دو طرف می‌خواهند به هدفی یکسان دست یابند: جایگاهی در سایه‌بان. نبردِ تسلیحاتیِ میانِ درندگان و شکارشوندگان نبردی نامتقارن است: نبردی تسلیحاتی بینِ سلاح‌هایِ یورش و سلاح‌هایِ دفاعی. این امر در موردِ نبردِ تسلیحاتیِ میانِ انگل‌ها و میزبانان‌شان نیز صدق می‌کند. ممکن است این نکته تعجب‌آور باشد، اما حتی میانِ نرها و ماده‌هایِ یک گونه و بینِ والدین و فرزندان نیز نبردی تسلیحاتی در جریان است.

یکی از ویژگی‌هایِ نبردِ تسلیحاتی که می‌تواند موجبِ نگرانیِ شیفتگانِ طراحیِ هوشمند شود پوچیِ عظیمی است که این نبرد بر دوشِ شرکت‌کنندگانش تحمیل می‌کند. اگر فرض بگیریم که یوزپلنگ طراحی داشته است، آن طراح باید از ذرّه-ذرهٔ مهارتِ خود در طراحی بهره می‌برده است که شکارچی‌ای برتر و تمام‌عیار را عرضه کند. اگر به این «ماشینِ» محشرِ دوِ سرعت نگاهی بیاندازیم، دربارهٔ درستیِ این امر لحظه‌ای تردید نخواهیم کرد. اگر بخواهیم از منظرِ طراحی به این حیوان نگاه کنیم، شکارِ آهویِ کوهی جامه‌ای است که بر قامتِ یوزپلنگ دوخته شده است. اما مشخصاً همان طراح، به همان اندازه، به ذهنِ خود فشار آورده است که آهویِ کوهی را طوری طراحی کند که کاملاً بابِ فرار کردن از همان یوزپلنگ باشد. محضِ رضایِ خدا، یکی بگوید این

طراح طرفِ کیست؟ وقتی عضلاتِ محکم و ستونِ فقراتِ منعطفِ یوزپلنگ را در نظر بگیریم، نتیجه می‌گیریم که هدفِ طراح برنده شدنِ یوزپلنگ بوده است. اما وقتی هم دویدنِ سریع، تغییرِ جهتِ ناگهانی، و جاخالی دادنِ آهویِ کوهی را می‌بینید، به نتیجه‌ای دقیقاً متضادِ نتیجهٔ قبل می‌رسید. آیا دستِ راستِ این طراح از دستِ چپش خبردار نبوده است؟ آیا سادیستی است که از تماشایِ مسابقهٔ آن‌ها لذت می‌برد و پیوسته مهارت‌هایِ دو طرفِ نبرد را بهبود می‌بخشد که هیجانِ تعقیب-و-گریزشان بیشتر شود؟ آیا او که بره را آفرید تو را نیز آفرید؟[1]

آیا واقعاً این امر جزئی از طرحِ خدایی است که پلنگ را در کنارِ بچه نگه می‌دارد و شیر را، همچون گاو، به خوردنِ کاه وا می‌دارد؟ در این صورت، پس آیا دندان‌هایِ گوشت‌خای[2] و چنگال‌هایِ کُشندهٔ شیر و پلنگ به عبث آفریده شده‌اند؟ پس سرعتِ نفس‌گیر و گریزِ ماهرانه و چابکِ شاخ‌درازان و گورخر از برایِ چیست؟ بدیهی است که اگر قضایا را از منظرِ فرگشت تفسیر کنیم، با چنین تضادهایی روبرو نخواهیم شد. هر طرفِ نزاع می‌کوشد که هوشمندانه‌تر از طرفِ دیگر عمل کند. از هر دو طرف، آن افرادی که پیروز می‌شوند، خود-به-خود، ژن‌هایی را که در

---

[1] برگرفته از شعری بسیار معروف با عنوان «ببر» (Tyger) سرودهٔ شاعر نامدار دوران رومانتیک انگلستان، ویلیام بلیک (William Blake):

ای ببر، ای ببر، ای رخشنده / در جنگل‌هایِ شب / کدامین دست یا چشمِ نامیرا / تقارنِ رعب‌انگیزت را به قاب کشید؟ / در کدامین اعماق، در کدامین آسمان‌هایِ دوردست / اخگرِ چشمانت سوختن همی گرفت؟ / بر کدامین بال‌هاست او؟ / کدامین دست است که جسارتِ گرفتن آتش را دارد؟ / کدامین دست، کدامین هنر/ توانست که رگ و پی قلبت را نضج ببخشد؟ / کدامین دست بود؟ کدامین پای؟ / کدامین پتک؟ کدامین زنجیر؟ / کدامین کوره بود که مغزِ تو را آبدیده کرد؟ / کدامین سندان؟ کدامین مشت / باک نداشت که هراسناکِ تو را در مشت بگیرد! / آنگاه که ستارگان زوبین‌هایِ خود را به زمین پرتاب کردند / و زمین را با اشک خود سیراب / آیا با دیدن مخلوقِ خود تبسم کرد؟ / آیا او که بره را آفرید تو را نیز آفرید؟ / ای ببر، ای ببر، ای رخشنده / در جنگل‌هایِ شب / کدامین دست یا چشم جاودان / تقارنِ رعب‌انگیزت را به قاب کشید؟ - ویراستار

[2] carnassial tooth

پیروزی‌شان دخیل بوده‌اند به نسل‌های بعدی منتقل می‌کنند. مفاهیمی چون «بیهودگی» و «اسراف» به این خاطر به ذهن‌مان متبادر می‌شود که انسانیم و می‌توانیم رفاهِ بوم‌سازگان را، به طورِ کلی، در نظر بگیریم. انتخابِ طبیعی تنها دغدغه‌اش بقا و تولیدِ مثلِ ژن‌هایِ منفرد است.

چیزی شبیهِ درختانِ بیشه‌زار. همان گونه که هر درخت نظامِ اقتصادیِ مختصِ به خود را دارد، که در آن «کالاهایی» که در تنه استفاده می‌شوند نمی‌توانند در میوه یا برگ نیز استفاده شوند، یوزپلنگ و آهویِ کوهی هم اقتصادِ داخلیِ مختصِ به خود را دارند. تند دویدن هزینه‌بر است؛ نه تنها از لحاظِ مصرفِ انرژی‌ای که منشاءِ اصلی‌اش خورشید است، بلکه، همچنین، از لحاظِ مصرفِ موادی که صرفِ ساختِ تجهیزاتِ سرعت و شتاب — یعنی عضلات، استخوان‌ها، و رباط‌ها — می‌شود. غذایی که آهویِ کوهی، در قالبِ موادِ گیاهی، مصرف می‌کند محدود است. هر مقدار منابعی که صرفِ عضلات و پاهایِ بلند برایِ دویدن می‌شود باید از دیگر بخش‌هایِ حیاتی — مانندِ تولیدِ مثل، که حیوان، در حالتِ ایده‌آل، «ترجیح» می‌دهد که منابعش را صرفِ آن کند — کسر می‌شود. تعادلی شدیداً پیچیده باید میانِ سازش‌هایِ مختلف برقرار شود که مستلزمِ مدیریتی در سطحِ خُرد است. ما نمی‌توانیم از تمامِ جزئیاتِ آن سر در بیاوریم، اما چیزی که می‌دانیم و قاعده‌ای بی‌برو-و-برگرد در اقتصاد است این است که، به قیمتِ زدن از بودجهٔ دیگر حوزه‌هایِ حیات، می‌شود در یکی از بخش‌هایِ حیات *برینز-و-بپاش* کرد. ممکن است فردی که بیش از مقدارِ ایده‌آل هزینه صرفِ <تجهیزاتِ> دویدن می‌کند بتواند از مخمصه جانِ سالم به در برد. اما در نبردی داروینی، رقیبی از گونهٔ خودش از او پیشی می‌گیرد، رقیبی که کمی از سرعتِ دویدنش می‌زند (و، در نتیجه، ریسکِ خورده شدنِ بالاتری را به جان می‌خرد) می‌تواند تعادل را به خوبی رعایت کند و موفق شود اولادِ بیشتری — که ژن‌هایِ مناسب برایِ حفظِ تعادلِ درست را منتقل می‌کنند — به جا بگذارد.

فقط انرژی و موادِ هزینه‌بر نیستند که باید تعادلِ درست میان‌شان برقرار شود. ریسک را نیز باید در نظر گرفت و ریسک هم در محاسباتِ اقتصاددانان چیزِ ناآشنایی نیست. پاهایِ بلند و باریک برایِ سریع دویدن مناسب‌اند. اما، ناگزیر، برایِ شکستن هم مناسب‌اند! شکستنِ پایِ اسبی مسابقه‌ای، در بحبوحهٔ مسابقه، حادثهٔ بسیار رایجی است و معمولاً، در این گونه موارد، اسب را فوراً می‌کشند.

همان گونه که، در فصلِ ۳، دیدیم، دلیلش این است که آن‌ها، به طرزی افراطی، اصلاحِ نژاد شده‌اند که، به قیمتِ کم گذاشتن در هر چیزِ دیگری، بتوانند سریع بدوند. آهوی کوهی و یوزپلنگ نیز به منظورِ افزایشِ سرعت اصلاحِ نژاد شده‌اند — البته به صورتِ طبیعی و نه به طورِ مصنوعی — و اگر آن‌ها هم به صورتِ افراطی اصلاحِ نژاد می‌شدند، نسبت به شکستگی آسیب‌پذیر می‌شدند. اما طبیعت، برایِ رسیدن به هیچ ویژگی‌ای، اصلاحِ نژادِ افراطی نمی‌کند. هدفِ طبیعت ایجادِ تعادل است. دنیا آکنده از ژن‌هایی است که ایجادِ تعادل می‌کنند؛ دلیلِ وجودشان همین است! در عمل، معنایش این است که درست است افرادی که تمایلی ژنتیکی به رشدِ پاهایی، به صورتِ استثنائی، باریک و بلند دارند دوِ بهتری هم دارند، اما احتمالِ موفقیت‌شان در انتقالِ ژن‌هاشان به نسلِ بعد، به طورِ متوسط، کمتر از آن افرادی است که اندکی سرعت‌شان کمتر است، اما پاهاشان نیز به آن باریکی نیست و احتمالِ شکستن‌شان کمتر است. این مورد تنها یک مثالِ فرضی از میانِ صدها مصالحه و سازشی است که همهٔ حیوانات و گیاهان باید بین‌شان تعادل برقرار کنند. آن‌ها باید بینِ ریسک‌هایِ مختلف تعادل برقرار کنند؛ آن‌ها باید بینِ مصالحاتِ اقتصادیِ مختلف تعادل برقرار کنند. بی‌تردید، این حیوانات و گیاهانِ واحد نیستند که این تعادل را محقق می‌کنند. این تعادِ نسبیِ ژن‌هایِ جایگزین در استخرهایِ ژنی است که، از طریقِ انتخابِ طبیعی، میان‌شان تعادل ایجاد می‌شود.

همان گونه که انتظار می‌رود، نقطهٔ بهینهٔ بینِ سازش‌هایِ مختلف ثابت نیست. در میانِ آهوانِ کوهی، نقطهٔ بهینهٔ مصالحه میانِ سرعتِ دو و دیگر «تقاضا[1]»هایِ اقتصادِ بدن، بسته به تعدادِ گوشت‌خوارانی که در آن منطقه زندگی می‌کنند، تغییر می‌کند. این ماجرا نیز شبیهِ ماجرایِ گوپی‌هایی است که، در فصلِ ۵، نقل کردیم. اگر تعدادِ درندگان دور-و-برِ آهوی کوهی کمتر باشد، طولِ پایِ بهینه‌اش کاهش می‌یابد: آن آهوانِ کوهی‌ای موفق‌ترند که ژن‌هاشان آن‌ها را مستعد می‌کند که مقداری از انرژی و مصالح خود را از پاها بزنند و، مثلاً، صرفِ بچه آوردن یا افزایشِ چربی برایِ زمستان بکنند. این افراد همان‌هایی هستند که احتمالِ شکستنِ پاشان کمتر است. اما اگر

[1] demand

تعدادِ درندگان بیشتر باشد، نقطهٔ تعادلِ بهینه به سمتِ داشتنِ پاهایِ بلندتر — ریسکِ شکستگیِ بالاتر — میل می‌کند و انرژی و مصالحِ کمتری صرفِ آن جنبه‌هایی از اقتصادِ بدن می‌شود که ارتباطی با تند دویدن ندارند.

و درست مشابهِ همین محاسباتِ ضمنی نقطهٔ بهینهٔ مصالحات را، در میانِ درندگان، تعیین می‌کند. بی گمان، یوزپلنگی که پایش بشکند از گرسنگی خواهد مرد. توله‌هایش هم همین طور. اما، بسته به میزانِ سختیِ یافتنِ غذا، ممکن است، در صورتِ کند دویدن، ریسکِ ناتوانی در یافتنِ غذایِ کافی از ریسکِ شکستنِ پا، از طریقِ مجهز بودن به ابزارِ لازم برایِ زیادی تند دویدن، بیشتر باشد.

درندگان و شکارشوندگان اسیرِ نبردی تسلیحاتی هستند که، در آن، هر دو طرف نادانسته دیگری را وادار می‌کند که نقطهٔ بهینه خود را — در اقتصاد و تسامح در ریسک‌هایِ حیاتی — همواره بیشتر تغییر دهد. این تغییرات می‌تواند، در معنایِ واقعی، هم‌جهت باشد؛ مثلِ افزایشِ سرعتِ دویدن. همچنین، ممکن است این هم‌جهت بودن به این وضوح نباشد و به این معنی باشد که تلاشِ درندگان و شکارشوندگان، به جایِ تمرکز بر دیگر جنبه‌هایِ حیاتی (مثلِ تولیدِ شیر)، بیشتر متوجهِ نبردِ تسلیحاتی‌شان باشد با توجه به این که هر دو طرف مجبوراند بینِ ریسک‌هایِ مختلف — مثلِ بیش-از-حد سریع دویدن (<و، در نتیجه>، شکستنِ پا یا کم گذاشتن در دیگر بخش‌هایِ اقتصادِ بدن) و ریسکِ زیادی-کند-دویدن (<و، در نتیجه>، بازماندن از شکار و یا فرار) — تعادل ایجاد کنند، هر دو هم‌دیگر را، در قالبِ گونه‌ای جنونِ مشترک[1] شوم، در یک جهت، پیش می‌رانند.

البته، شاید «جنون» به خوبی گویایِ شدت و جدّیتِ شرایط نباشد؛ چرا که برایِ هر دو طرف، جریمهٔ شکست مرگ است: دریده شدن برایِ گونهٔ شکارشونده و مرگ از شدتِ گرسنگی برایِ درنده. اما واژهٔ «مشترک» به خوبی این معنا را القاء می‌کند که اگر شکارچی و شکارشونده می‌توانستند بنشینند و با هم سنگ‌هاشان را وا بکنند، هر دو وضعِ بهتری می‌داشتند. درست مانندِ

---

[1] *folie à deux*

درختانِ بیشه‌زارِ دوستی، به روشنی می‌توان دید که چنین توافقی به نفعِ هر دو می‌بود، البته تنها در صورتی که هر دو طرف به آن پایبند بمانند. همان حسِ بیهودگی که در بیشه‌زار شاهدش بودیم، در نبردِ تسلیحاتیِ شکارچی و شکارشونده نیز احساس می‌شود. طیِ زمانِ فرگشتی، شکارچیان در شکارِ طعمه مهارت پیدا می‌کنند و این امر حیواناتِ شکارشونده را بر آن می‌دارد که در فرار مهارت یابند. هر دو طرف، به موازاتِ هم، *تجهیزاتِ* بقاشان را بهبود می‌بخشند، اما هیچ یک لزوماً بهتر بقا نمی‌یابد؛ چرا که طرفِ مقابل نیز تجهیزاتِ خویش را بهبود می‌بخشد.

از طرفی، به سادگی می‌توان دید که اگر پایِ یک طراح در میان بود که رفاهِ کلِ مجموعه را در نظر داشت، قواعدی این چنین را (شبیهِ قواعدِ بیشه‌زارِ دوستی) وضع می‌کرد. هر دو طرف «توافق» کنند که تفنگ‌شان را زمین بگذارند: هر دو طرف منابعِ خود را صرفِ دیگر بخش‌هایِ حیات کنند و همگی نتیجهٔ بهتری خواهند گرفت. بدیهی است که این امر در موردِ نبردِ تسلیحاتیِ انسان‌ها نیز صدق می‌کند. اگر شما بمب‌افکن نداشتید، ما هم به جنگنده نیازی نداشتیم. شما هم، اگر ما موشک نداشتیم، نیازی به موشک نمی‌داشتید. اگر هزینه‌ای را که صرفِ تسلیحات می‌کنیم پنجاه درصد کاهش می‌دادیم و، در عوض، خرجِ ماشین‌آلاتِ کشاورزی می‌کردیم، هر دو می‌توانستیم میلیاردها <دلار> صرفه‌جویی کنیم. و حال که بودجهٔ تسلیحاتِ خود را به نصف کاهش دادیم و به تعادلی پایدار رسیدیم، بیایید، یک بارِ دیگر نیز، بودجهٔ آن را نصف کنیم. راهش این است که هر دو هماهنگ با هم این کار را انجام دهند؛ به طوری که هر طرف، به ازاءِ کاهشِ تنش‌زدایانهٔ پیوستهٔ طرفِ مقابل، دقیقاً به یک اندازه تجهیزات داشته باشند. چنین اقداماتِ تنش‌زدایانه‌ای باید دقیقاً همین طور باشد. باید برنامه‌ریزی‌شده باشد. و باز هم تأکید می‌کنم که فرگشت به هیچ وجه برنامه‌ریزی‌شده نیست. درست مانندِ چیزی که در درختانِ بیشه‌زار دیدیم، تنش‌زایی امری ناگزیر است؛ درست تا نقطه‌ای که افزایشِ تنش برایِ یک فردِ نوعی دیگر به‌صرفه نباشد. فرگشت، بر خلافِ یک طراح، هرگز نمی‌نشیند تا راهِ بهتری را، مثلاً اقدامی متقابل برایِ همهٔ طرف‌هایِ دعوا، پیدا کند. در عوض، راهی که در پیش می‌گیرد تنش‌زایی‌ای دوطرفه در جهتِ نیل به مزیتی خودخواهانه است؛ مزیتی که، دقیقاً به دلیلِ *دوطرفه بودنِ تنش‌زایی*، خنثی می‌شود.

تمایل به اندیشیدن مانندِ یک «برنامه‌ریز» مدت‌ها در میانِ «اکولوژیست‌هایِ عامه‌پسند[1]» فراگیر بوده است و حتی اکولوژیست‌هایِ دانشگاهی نیز گاهی، به طرزِ خطرناکی، به آن نزدیک می‌شوند. برایِ نمونه، ایدهٔ «درندهٔ دوراندیش» را یک اکولوژیستِ برجستهٔ آمریکایی مطرح کرده است، نه یک آدمِ الکی‌خوشِ هپروتی.

ایدهٔ «درندهٔ دوراندیش» بدین شرح است. همه می‌دانیم که، به طورِ کلی، به نفعِ همهٔ ما انسان‌هاست که از صیدِ بی‌رویهٔ گونه‌هایِ ماهیِ خوراکیِ مهم، مثلِ ماهیِ کاد، جلوگیری کنیم تا منقرض نشوند. به همین خاطر است که دولت‌ها و سازمان‌هایِ مردم‌نهاد، به منظورِ وضعِ محدودیت و تعیینِ سهمیه، با هم جلسه تشکیل می‌دهند. به همین خاطر است که دولت‌ها اندازهٔ شبکهٔ تورهایِ ماهی‌گیری را، به طورِ دقیق، تعیین می‌کنند و به این خاطر است که قایق‌هایِ مسلح، در جست‌وجویِ ماهی‌گیرانِ خاطی، در دریا گشت می‌زنند. ما انسان‌ها وقتی که از رویِ دندهٔ راست‌مان بلند شده باشیم و زور بالا سرمان باشد «درندگانِ دوراندیش»ی هستیم. به همین خاطر — یا چنان که بعضی اکولوژیست‌ها تصور می‌کنند — آیا نباید انتظار داشته باشیم که درندگانِ وحشی، همچون شیر و گرگ، هم درندگانی دوراندیش باشند؟ پاسخ چنین است: «نه؛ نه؛ نه؛ نه!». و ارزشش را دارد که به بیانِ علتش نیز بپردازیم؛ چرا که نکتهٔ جالبی دارد؛ نکته‌ای که درختانِ بیشه‌زار و کلِ این فصل باید ما را برایِ فهمیدنش آماده کرده باشند.

یک برنامه‌ریز (یک طراحِ بوم‌سازگان که رفاهِ کلِ حیواناتِ وحشی را در نظر دارد) واقعاً می‌توانست سیاستِ شکارِ بهینه‌ای را وضع کند که، در حالتِ ایده‌آل، مثلاً، شیرها باید از آن تبعیت می‌کردند. بیش از سهمیه‌ای که برای‌تان تعیین شده است از هر یک از گونه‌هایِ شاخ‌درازان شکار نکنید. از ماده‌هایِ آبستن بگذرید و کاری به کارِ بزرگ‌سالانی که استعدادِ تولیدِ مثلِ بالایی دارند نداشته باشید. از خوردنِ اعضایِ گونه‌هایِ کمیاب — که ممکن است در خطرِ انقراض قرار بگیرند

[1] pop ecologist

و، در صورتِ تغییرِ شرایط در آینده، ممکن است به کارتان بیایند — حذر کنید. اگر تمامِ شیرهایِ آن دیار به قواعد و سهمیه‌هایِ وضع شده — که با دقت به منظورِ حفظِ «پایداری» محاسبه شده‌اند — احترام می‌گذاشتند، چه قدر خوب می‌شد! و چه قدر معقولانه می‌بود. اگر می‌شد!

البته که چنین چیزی معقولانه می‌بود و انتظار می‌رود طراحی که دستِ کم رفاهِ کلِ بوم‌سازگان را در نظر دارد چنین قواعدی را وضع کند. اما انتخابِ طبیعی چنین نمی‌کند (عمدتاً به این دلیل که انتخابِ طبیعی قوهٔ آینده‌نگری ندارد و به هیچ وجه نمی‌تواند قانونی را *وضع* کند) و در واقعیت هم چنین اتفاقی نمی‌افتد! درست مشابهِ همان چیزی که در ماجرایِ درختانِ بیشه‌زار دیدیم، دلیلش چنین است. تصور کنید که، در پیِ دیپلماسیِ عجیبِ شیری، عمدهٔ شیرهایِ منطقه توافق می‌کردند که شکارِ خود را، تا سطوحی که ضامنِ پایداری باشد، پایین بیاورند. اما حال فرض کنید که در این جمعیتِ خویشتن‌دار و حامیِ جمع، ژنی جهش‌یافته ظهور پیدا می‌کرد که باعث می‌شد یک شیر این معاهده را زیرِ پا بگذارد و به صورتِ افراطی شکار کند؛ حتی تا اندازه‌ای که گونهٔ شکارشونده در معرضِ انقراض قرار بگیرد. آیا انتخابِ طبیعی این ژنِ خودخواهِ سرکش را مجازات خواهد کرد؟ افسوس؛ چنین نیست! توله‌هایِ این شیرِ سرکش، این دارندگانِ ژنِ طغیان‌گر، از رقباشان، در جمعیتِ شیرها، پیشی می‌گیرند و بیش از آن‌ها تولیدِ مثل می‌کنند. پس از گذشتِ چند نسل، این ژنِ سرکش در جمعیت شیوع پیدا می‌کند و دیگر اثری از آن پیمانِ مصالحه‌آمیز باقی نمی‌ماند. همان نری[iv] که سهمِ شیر را غارت می‌کند ژن‌هایِ چنین رفتاری را به دیگر نسل‌ها منتقل می‌کند.

اما کسی که سودایِ برنامه‌ریزی به سر دارد زبان به اعتراض خواهد گشود که «وقتی که همهٔ شیران خودخواهانه عمل کنند و در شکارِ گونه‌هایِ شکارشونده، تا حدِ انقراض، زیادی روی کنند، به ضررِ *همگان* خواهد بود؛ حتی همان شیرهایی که شکارچیانِ موفقی هستند. عاقبت، اگر شکارشوندگان منقرض شوند، کلِ شیران نیز منقرض می‌شوند». مطمئناً، این برنامه‌ریز اصرار می‌ورزد که انتخابِ طبیعی پا-در-میانی خواهد کرد و جلویِ این اتفاق را خواهد گرفت. باز هم افسوس. باز هم پاسخ منفی است. مشکل این است که انتخابِ طبیعی «پا-در-میانی» نمی‌کند؛ انتخابِ طبیعی

آینده‌نگر نیست[۷]، و انتخابِ طبیعی از میانِ گروه‌هایِ رقیب انتخاب نمی‌کند. اگر چنین بود، امیدی بود که به نفعِ درندگیِ دوراندیشانه عمل کند. انتخابِ طبیعی — همان گونه که داروین نیز بهتر از بسیاری از افرادِ پس از خود می‌دانست — از بینِ افرادِ رقیبِ درونِ یک جمعیت انتخاب می‌کند. حتی اگر کلِ جمعیت هم رو به انقراض برود و رقابتِ میانِ افراد آن را به زیر بکشد، باز انتخابِ طبیعی به نفعِ آن افرادی عمل خواهد کرد که در رقابت پیروز می‌شوند و، تا زمانِ مرگِ آخرین عضو، به این کار ادامه خواهد داد. انتخابِ طبیعی می‌تواند جمعیتی را به انقراض بکشاند. از این جهت که، پیوسته و تا زمانِ رسیدن به پایانی تلخ، به نفعِ ژن‌هایی عمل می‌کند که تقدیرشان این است که آخر از همه منقرض شوند. برنامه‌ریزی که فرض گرفتیم و متصور شدیم اقتصاددانی خاص است؛ اقتصاددانی رفاهی که راهبردی بهینه را برایِ کلِ جمعیت یا کلِ بوم‌سازگان در نظر می‌گیرد. اگر بخواهیم آن را با چیزی در علمِ اقتصاد مقایسه کنیم، بهترین قیاس «دستِ نامرئیِ[۱]» آدام اسمیت[۲] است.[۳]

## تئودیسهٔ فرگشتی

اما حال می‌خواهم بی‌خیالِ علمِ اقتصاد شوم. همچنان ایدهٔ «طراح» یا «برنامه‌ریز» را در نظر خواهیم گرفت، اما این بار، به جایِ یک اقتصاددان، برنامه‌ریزمان را یک فیلسوفِ اخلاق در نظر می‌گیریم. از نگاهی آرمان‌گرایانه[۴]، یک طراحِ خیرخواه باید هدفش به حداقل رساندنِ درد و رنج باشد. این امر با

---

[1] invisible hand

[2] Adam Smith

[۳] اشاره به نظرِ معروف آدام اسمیت، پدرِ علمِ اقتصاد، که معتقد بود دستِ نامرئیِ بازار، یعنی منافع فردی اشخاص، از طریقِ ایجادِ تعادل در عرضه و تقاضا بازار را تنظیم و در نتیجه به نفعِ منافعِ جمعی عمل می‌کنند. ویراستار

[4] idealist

رفاهِ اقتصادی ناسازگار نیست، اما نظامی که بر مبنایِ آن شکل می‌گیرد در جزییات متفاوت خواهد بود. و در این مورد نیز، متأسفانه در طبیعت امور این گونه پیش نمی‌رود. اصلاً چه دلیلی دارد که این گونه پیش رود؟ تلخ است اما واقعی. زجری که حیواناتِ وحشی متحمل می‌شوند چنان دلهره‌آور است که کسانی که روحیاتِ حساسی دارند بهتر است به آن فکر هم نکنند. داروین، در نامه‌ای به دوستش، هوکر[1]، می‌نویسد: «مُبلِّغِ شیطان، دربارهٔ کارهایِ زمخت، اسراف‌کارانه، پراشتباه، و جفاکارانهٔ طبیعت، عجب کتابی می‌توانست بنویسد». داروین، وقتی که این جمله را می‌نوشته، می‌دانسته است که از چه چیزی سخن می‌گوید. عبارتِ به‌یادماندنیِ «مُبلِّغِ شیطان[2]» عنوانِ یکی از کتاب‌هایِ پیشینِ من شد و، در یکی دیگر از کتاب‌هایم، این واقعیت را بدین صورت بیان کردم:

> طبیعت نه مهربان است و نه نامهربان. نه مخالفِ درد و رنج است و نه موافقِ آن. طبیعت دلیلی نمی‌بیند که به درد و رنج علاقه‌ای نشان دهد، مگر زمانی که بر بقا تأثیری داشته باشد. می‌توان ژنی را متصور شد که، مثلاً، آهویِ کوهی را، زمانی که قرار است به کامِ مرگ کشیده شود، تسکین دهد. آیا انتخابِ طبیعی به نفعِ چنین ژنی عمل خواهد کرد؟ تنها در صورتی که تسکینِ دردِ آهویِ کوهی بختِ آن ژن را برایِ ازدیاد در نسل‌هایِ آینده بیشتر کند. دلیلی برایِ این امر وجود ندارد و، از این رو، حدس می‌زنیم که یک آهو، وقتی در حالِ تعقیب و اسیر شدن در کامِ مرگ است (که سرنوشتِ بیشترینهٔ آن‌ها نیز همین است)، درد و ترسِ دهشتناکی را تجربه کند. مجموعِ کلِ درد و رنجِ سالانه در جهانِ طبیعی بسیار فراتر از آن است که در تصورِ ما بگنجد. همین یک دقیقه‌ای که دارم صرفِ نگاشتنِ این جمله می‌کنم، هزاران حیوان دارند زنده-زنده خورده می‌شوند؛ حیواناتِ دیگری هم، در حالی که دارند از ترس زوزه می‌کشند، در حالِ فرار برایِ نجاتِ جانِ خود هستند؛ عده‌ای دیگر هم، از درون،

---

[1] Hooker

[2] devil's chaplain

در حالِ خورده شدن توسطِ انگل‌هایی هستند که خورهٔ جان‌شان شده‌اند؛ و هزاران حیوانِ دیگر، از گونه‌هایِ مختلف، نیز دارند در پیِ گرسنگی، تشنگی، یا بیماری جان می‌دهند. باید هم چنین باشد. حتی اگر هم زمانی موسمِ فراوانی فرا برسد، همین امر، خود-به-خود، باعث می‌شود جمعیت تا جایی افزایش پیدا کند که حالاتِ طبیعیِ قحطی و بدبختی دوباره رخ بدهند.

انگل‌ها شاید از درندگان هم بیشتر مایهٔ درد و رنج شوند و درکِ منطقِ فرگشتیِ پشتِ آن و اندیشیدن به آن، به جایِ این که احساسِ بیهودگی را که به ما دست می‌دهد بهبود بخشد، بر شدتِ آن می‌افزاید. هر بار که سرما می‌خورم (اتفاقاً همین حالا که در حالِ نگاشتنِ این سطور هستم، به آن دچارم)، زبان به دشنامِ آن می‌گشایم. شاید خیلی هم اسبابِ زحمت نباشد، اما خیلی *پوچ و بیهوده* است! دستِ کم اگر آناکوندا[1] در حالِ بلعیدن‌مان باشد، می‌توانیم به این دل خوش کنیم که داریم به یکی از اربابانِ حیات خدمت می‌کنیم. اگر یک ببر در حالِ خوردن‌مان باشد، ممکن است دَمِ آخر به ذهن‌مان برسد که «کدامین دست یا چشمِ نامیرا تقارنِ رعب‌انگیزت را به قاب کشید؟ (در کدامین اعماق، در کدامین آسمان‌های دوردست، اخگرِ چشمانت سوختن همی گرفت؟) اما یک ویروس! پوچی و بیهودگی رویِ دی.ان.ایِ ویروس نوشته شده است (البته، در موردِ ویروسِ سرماخوردگی، باید بگوییم رویِ آر.ان.ایِ آن، ولی در اصلِ ماجرا تفاوتی ایجاد نمی‌کند). یگانه هدفِ ویروس ساختنِ ویروس‌هایِ بیشتر است. البته، این اصل در موردِ ببر و مار هم صدق می‌کند، اما چنین پوچ *به نظر نمی‌رسد*. ببر و مار هم شاید ماشین‌هایِ تکثیرِ دی.ان.ای باشند، اما لااقل ماشین‌هایِ تکثیرِ دی.ان.ایِ زیبا، باشکوه، پیچیده، و گرانی هستند. من برایِ حفظِ ببر[2] <از انقراض> از جیبم مایه گذاشته‌ام، اما چه کسی ممکن است به پشتیبانیِ مالی برایِ حفظِ سرماخوردگی فکر کند؟ همین حالا

[1] anaconda

[2] tiger

که، دوباره، دارم بینی‌ام را پاک می‌کنم و برایِ نفس لَه-لَه می‌زنم، پوچیِ این ویروس است که رویِ اعصابم می‌رود.

«پوچی؟». عجب اراجیفی! اراجیفِ احساسی و انسانی. انتخابِ طبیعی **یکسره** پوچی است. همهٔ هدفش بقایِ دستورالعمل‌هایی خودتکثیرکننده برایِ خودتکثیری[1] است. اگر نوعی دی.ان.ای، به واسطهٔ بلعیده شدنِ من توسطِ آناکوندا، بقا پیدا کند یا نوعی آر.انِ.ای، با به سرفه وا داشتنِ من، بقا یابد، توضیحی فراتر از آن چه گفته شد نمی‌توان داد. چه ویروس و چه ببر، از طریقِ دستورالعمل‌هایی کدشده، ساخته می‌شوند که پیامِ نهایی‌شان، همچون ویروسی رایانه‌ای، در این عبارت خلاصه می‌شود: «مرا تکثیر کن». در موردِ ویروسِ سرماخوردگی، این دستورالعمل تقریباً به صورتِ مستقیم اجرا می‌شود. ببر نیز یک برنامهٔ «مرا تکثیر کن» است، اما به منظورِ اجرایِ کارآمدِ هدفِ بنیادی‌اش، مسیرِ انحرافیِ باشکوه و بلندی را در پیش گرفته است. این مسیرِ انحرافی یک ببرِ تمام-و-کمال است، مجهز به دندان، چنگال، عضلاتِ دویدن، و غرایزی برایِ تعقیب و به چنگال گرفتنِ طعمه. دی.ان.ایِ ببر می‌گوید: «مرا تکثیر کن، اما نخست از مسیرِ انحرافیِ ساختِ ببر عبور کن». در همین حین، دی.ان.ایِ شاخ‌درازان هم می‌گوید: «مرا تکثیر کن، اما اول از مسیرِ انحرافیِ ساختِ یک شاخ‌دراز — مجهز به پاهایی بلند و عضلاتی سریع، غریزهٔ ترس و اندامی حسی که مختصِ شناساییِ حضورِ ببرها هستند — عبور کن». درد و رنج محصولِ جانبیِ فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعی است؛ پیامدی ناگزیر، که زمان‌هایی که احساسِ هم‌دلی‌مان گل می‌کند، قلبِ ما را به درد می‌آورد اما انتظار نمی‌رود که دلِ یک ببر را به درد آورد (حتی اگر بتوان گفت که ببر اصولاً قلبش از چیزی به درد می‌آید) و، قطعاً، نمی‌توان انتظار داشت که قلبِ ژن‌هایش را به درد آورد.

مسئلهٔ رنج و شرّ از دغدغه‌هایِ عمدهٔ دین‌شناسان است، به حدی که حتی واژه‌ای را هم برایِ آن ساخته‌اند: «تئودیسه» (به معنیِ تحت‌اللفظیِ «عدلِ خداوندی»). هدفِ <این شاخه> تلاش برایِ

---

[1] self-replication

ایجادِ سازگاری میانِ رنج و ویژگیِ خیرخواهی است که برایِ خدا، از پیش، متصور می‌شوند. اما زیست‌شناسانِ فرگشتی به چنین مشکلی بر نمی‌خورند؛ چرا که شرّ و رنج، به هیچ نمط، در محاسباتِ بقایِ ژن در نظر گرفته نمی‌شود. با وجودِ این، باید مسئلهٔ درد را در نظر بگیریم. از منظرِ فرگشتی، خاستگاهِ درد کجاست؟

فرضِ ما بر این است که درد، مانندِ هر جزءِ دیگری از حیات، ابزاری داروینی است که کارکردِ آن بهبودِ بقایِ فردِ رنج‌کشنده است. مغز یک قاعدهٔ کلی دارد: «اگر دردی احساس کردی، از ادامهٔ کاری که داری می‌کنی دست بکش و هیچ وقتِ دیگر هم آن را تکرار نکن». حالا این که چه لزومی دارد این تجربه این همه دردناک باشد خود می‌تواند موضوعِ بحثی جالب باشد. ممکن است که فکر کنید، از لحاظِ نظری، این امکان وجود دارد که وقتی یک حیوان کارِ آسیب‌زننده‌ای (مثلِ بلند کردنِ یک زغالِ داغ) را انجام داد، «علامتِ خطری» بدونِ درد، به جایِ درد، در مغز ایجاد شود. تذکری آمرانه همچون «دیگر این کار را نکن!» یا تغییری بدونِ درد در «نقشهٔ سیم‌کشیِ» مغز، به گونه‌ای که آن حیوان دیگر آن کار را *تکرار نکند*، ظاهراً، می‌تواند کافی باشد. دیگر این همه دردِ سوزناک — که ممکن است حتی چند روز هم به جا بماند و هیچ وقت هم از ذهن‌مان پاک نمی‌شود — برایِ چیست؟ شاید دست-و-پنجه نرم کردن با این مسئله را بتوان تئودیسهٔ نظریهٔ فرگشت تلقی کرد. این همه درد برایِ چیست؟ مگر یک «علامتِ خطرِ» کوچک چه ایرادی دارد؟

من پاسخِ قاطعی برایِ آن ندارم. یکی از پاسخ‌هایِ کنجکاوی‌برانگیز می‌تواند چنین باشد. اگر مغز تحتِ تأثیرِ امیال و انگیزه‌هایی متضاد باشد و نوعی نزاعِ درونی بینِ آن‌ها در جریان باشد چطور؟ به طورِ ذهنی، این احساس را به خوبی می‌شناسیم. ممکن است تعارضی بینِ گرسنگی و تمایل به لاغری در ذهنِ ما وجود داشته باشد. یا دچارِ تعارضی بینِ خشم و ترس باشیم. یا دچارِ تعارضی میانِ میلِ جنسی و شرم و ترسِ ناشی از پس‌زده‌شدن باشیم و یا ممکن است این میل با وجدان‌مان، که ما را به وفادار ماندن ترغیب می‌کند، در تعارض باشد. تا زمانی که تعارضِ میانِ غرایزمان ادامه دارد، ما این کشاکشِ درونی را واقعاً حس می‌کنیم. حال به بحثِ درد و برتریِ احتمالیِ آن به نشان دادنِ نوعی «علامتِ خطر» باز می‌گردیم. همان گونه که میل به لاغری می‌تواند

بر گرسنگی غلبه کند، کاملاً ممکن است که بر میلِ رهایی از درد نیز غلبه کنیم. شاید قربانیانِ شکنجه عاقبت سر فرود آورند اما معمولاً، پیش از این که همراهان‌شان را لو دهند یا به کشور یا ایدئولوژیِ خود خیانت کنند، نخست درد و رنجِ زیادی را متحمل می‌شوند. اگر بتوان «خواستن»ی را برایِ انتخابِ طبیعی قائل شد، انتخابِ طبیعی نمی‌خواهد که افراد خود را فدایِ عشقِ به میهن، ایدئولوژی، حزب، گروه، یا یک گونه کنند. انتخابِ طبیعی «مخالفِ» این است که افراد بر احساسِ هشداردهندهٔ درد غلبه کنند. انتخابِ طبیعی بقایِ ما را «می‌خواهد» یا، به بیانِ دقیق‌تر، می‌خواهد که ما تولیدِ مثل کنیم و موردِ لعنِ میهن، ایدئولوژی، یا معادل‌هایِ غیرِ انسانِ آن قرار بگیریم. از دیدِ انتخابِ طبیعی، تنها زمانی به علائمِ خطرِ کوچک اهمیت داده می‌شود که نیرویِ دیگری بر آن‌ها غلبه نکند.

حال، علی رغمِ مسائلِ فلسفی که ممکن است این حرف به همراه داشته باشد، به نظرم اگر، به جایِ دردی واقعی، تمام‌عیار، و تحمل‌ناپذیر، نوعی علامتِ خطر در مغزمان پدید می‌آمد، تعدادِ مواردی که درد تحت‌الشعاعِ اموری غیرِ داروینی (مانندِ وفاداری به وطن، ایدئولوژی، یا مانندِ آن) قرار می‌گیرد بیشتر می‌بود. افرادِ جهش‌یافته‌ای را در نظر بگیرید که نمی‌توانستند رنجِ مشقت‌بارِ حاصل از درد را احساس کنند و، به جایِ آن، برایِ در امان ماندن از آسیب‌هایِ بدنی به یک سامانهٔ نشان دادنِ «علامتِ خطر» روی می‌آوردند. مقاومت در برابرِ شکنجه برایِ این افراد بسیار آسان است. این جور آدم‌ها را باید سریع به عنوانِ جاسوس جذب کرد. تنها مشکلی که پیش می‌آید این است که جذبِ جاسوس‌هایی که می‌توانند شکنجه را تحمل کنند آن قدر آسان می‌شود که دیگر شکنجه، به عنوانِ روشی برایِ حرف کشیدن، منسوخ می‌شود. اما آیا، در اقلیمی وحشی، این افرادِ جهش‌یافتهٔ بدونِ احساسِ درد و مجهز به «علامتِ خطر» می‌توانند، از کسانی که مغزشان درد را به طورِ تمام–و–کمال احساس می‌کند، بختِ بقایِ بیشتری داشته باشند؟ آیا می‌توانند بقا یابند و ژن‌هایی را که، به جایِ درد، علامتِ خطر ایجاد می‌کند، به نسل‌هایِ بعدی، منتقل کنند؟ گمان کنم، حتی با صرفِ نظر از استثنائی بودنِ شرایطی چون شکنجه و وفاداری به یک ایدئولوژی، باز می‌توان به روشنی دید که پاسخ منفی است. و می‌توانیم معادلِ غیرِ انسانِ آن را هم در نظر بگیریم.

جالب است که افرادی استثنائی وجود دارند که نمی‌توانند درد را احساس کنند و معمولاً هم سرانجامِ تلخی دارند. عدمِ حساسیت به دردِ مادرزادی به همراهِ عدمِ تعریق[1] (CIPA) یک ناهنجاریِ ژنتیکی[2] نادر است. پوستِ فردِ مبتلا به این ناهنجاری فاقدِ سلول‌هایِ دریافتِ درد (و همچنین تعریق) است. باید اقرار کرد که مبتلایانِ به CIPA از سامانه‌ای برایِ نشان دادنِ «علامتِ خطر» نیز بهره‌مند نیستند که نبودِ سامانهٔ احساسِ درد را جبران کند. اما شاید تصور کنید که بشود ، به صورتِ شناختی، آگاهی از نیاز به اجتناب از آسیبِ بدنی را به آن‌ها آموخت (به عبارتی، نوعی سامانهٔ علامتِ خطرِ آموخته‌شده). بیمارانِ مبتلا به CIPA، به دلیلِ ناتوانی‌شان در احساسِ درد، همیشه پیامدهایِ ناگواری را تجربه می‌کنند؛ پیامدهایی همچون سوختگی، شکستگی، زخم‌هایِ متعدد، عفونت، آماسِ آپاندیس[3] درمان‌نشده، و خراش بر رویِ تخمِ چشم. یکی از پیامدهایِ غیرِ قابلِ پیش‌بینیِ این بیماری این است که بیماران از آسیب‌هایِ جدی به مفاصل رنج می‌برند؛ چرا که، بر خلافِ بقیهٔ افراد، وقتی که مدتِ زیادی در وضعیتی ثابت، به صورتِ خوابیده یا نشسته، باقی می‌مانند، حالتِ خود را عوض نمی‌کنند. بعضی از بیماران، برایِ یادآوری به تغییرِ وضعیت در طولِ روز، ساعت می‌گذارند.

حتی اگر یک سامانهٔ «علامتِ خطر» در مغزِ <فردی جهش‌یافته> به کار می‌افتاد، به نظر نمی‌رسد که انتخابِ طبیعی، برایِ عمل به نفعِ آن، دلیلی بیابد؛ تنها به این خاطر که میزانِ ناخوشایندیِ آن کمتر است. بر خلافِ طراحِ خیرخواهِ فرضی‌مان، انتخابِ طبیعی برایِ شدتِ درد و رنج پشیزی ارزش قائل نیست؛ مگر در جایی که در بقا و تولیدِ مثل تأثیری داشته باشد. و، درست همان گونه که در صورتِ استواریِ جهانِ طبیعت بر بقایِ اصلح — در مقابلِ طراحی — انتظار می‌رود، جهانِ طبیعت هیچ قدمی، در جهتِ کاهشِ مجموعِ درد و رنجِ کل، بر نمی‌دارد. استفان جی گولد، در مقاله‌ای زیبا در بابِ «طبیعتِ غیرِ اخلاقی[4]»، به واکاویِ این گونه مسائل می‌پردازد. از خواندنِ این

---

[1] congenital insensitivity to pain with anhidrosis

[2] genetic abnormality

[3] appendicitis

[4] Nonmoral nature

مقاله آموختم که تنفرِ شدیدِ داروین از زنبورِ عقربی (نقل‌شده در پایانِ فصلِ پیش)، در میانِ اندیشمندانِ دورهٔ ویکتوریا، به هیچ وجه نامعمول نبوده است.

زنبورانِ عقربی عادت دارند که قربانیِ خود را، به جایِ این که بکشند، ابتدا فلج می‌کنند و در <زیرِ پوستِ> آن تخم می‌گذارند تا بعداً لارْوهاشان بدنش را، با جویدن از درون، تهی کنند. مسائلی از این دست و خشونتِ طبیعت، به طورِ کل، از مسائلی بوده‌اند که ذهنِ اندیشمندانِ تئودیسه را، در عهدِ ویکتوریا، به خود مشغول کرده بوده‌اند. به سادگی می‌توان چراییِ آن را دریافت. زنبورِ ماده در بدنِ حشرهٔ قربانی (حشره‌ای چون کرمِ پیله‌ساز) تخم‌گذاری می‌کند. اما، پیش از تخم‌گذاری، تک تکِ گانگلیون‌هایِ عصبِ او را، با دقت و یکی یکی، نیش می‌زند، به طوری که قربانی فلج شود اما زنده بماند. قربانی باید زنده بماند تا لارْوهایِ در-حالِ-رشدِ زنبور، که از درونِ بدنش تغذیه می‌کنند، گوشتِ تازه در اختیار داشته باشند. و لارو نیز، با دقت، اندامِ داخلیِ آن را، یکی یکی و به نوبت، می‌خورد. اول به سراغِ چربی‌ها و اندامِ گوارشیِ آن می‌رود و اندامِ حیاتیِ آن، همچون قلب و دستگاهِ عصبی، را برایِ آخرِ کار نگه می‌دارد. می‌دانید که، آخَر این اعضاء برایِ زنده نگه داشتنِ کرمِ پیله‌ساز ضروری‌اند. همان طور که داروین نیز، با سوزِ جگر، این سؤال را مطرح کرده بود، «آخر کدام طراحِ خیرخواهی ممکن است حتی *چنین چیزی را* تصور کند؟». من نمی‌دانم که کرمِ پیله‌ساز درد را احساس می‌کند یا نه. اما از تهِ دل امیدوارم که احساس نکند. لیکن چیزی که از آن اطمینان دارم این است که انتخابِ طبیعی اگر ببیند که این کار، صرفاً با فلج کردنِ کرم، به صورتِ باصرفه‌تری انجام می‌شود، هیچ گامی در جهتِ تسکینِ دردِ آن بر نخواهد داشت.

گولد مطلبی را از کشیش ویلیام باکلاند[1]، یکی از زمین‌شناسانِ برجستهٔ قرنِ نوزدهم، نقل می‌کند. این کشیش، با تحمیلِ تفسیری خوش‌بینانه بر درد و رنجِ ناشی از گوشت‌خواران، توانسته بود تسلایی برایِ خود بیابد:

[1] Reverend William Buckland

از این رو، به نظر می‌رسد مرگی که گوشت‌خوارسانان عاملش هستند، همچون پایانِ طبیعیِ زندگیِ حیوان، به دلیلِ نتایجِ عمده‌ای که در پی دارد، بارانِ رحمت باشد. این نوع مرگ به طرزِ چشمگیری از مجموعِ کلِ دردهایِ ناشی از مرگِ سراسرِ جهان می‌کاهد. چنین مرگی نکبتِ بیماری، جراحاتِ اتفاقی، و فسادِ <تدریجیِ> بدن را، در میانِ حیواناتِ وحشی، کاهش می‌دهد و حتی می‌توان گفت که کاملاً از بین می‌برد. این مرگ محدودیتی سودمند را بر افزایشِ جمعیت اعمال می‌کند، به گونه‌ای که عرضهٔ[1] غذا همواره با تقاضایِ آن متناسب می‌ماند. نتیجه این می‌شود که بر سطحِ خشکی و اعماقِ دریا همواره آکنده از بی‌شماران موجودِ زنده‌ای است که طولِ لذتی که از زندگی می‌برند با طولِ حیات‌شان برابر است. این موجودات، طیِ دورهٔ حیاتِ کوتاهی که برای‌شان مقدر شده است، با خوبی و خوشی، کارکردی را که برایش آفریده شده‌اند محقق می‌سازند.

به به؛ خوشا به سعادت‌شان!

---

[i] «در ارتش، سه نوع درخت داریم: نراد (fir)، سپیدار(poplar)، و درختانِ دارایِ تاجِ پرپشت (bushy top)».

[ii] حتی اگر چنین چیزی هم وجود داشت، ترکیبِ ضد و نقیضی بیش نمی‌بود.

---

[1] supply

[iii] خرسی دنبالِ دو کوهنورد می‌افتد. یکی از آن‌ها می‌ایستد و کفش‌هایِ دوِ خود را می‌پوشد. دوستش می‌گوید: «خُل شده‌ای؟ حتی با کفشِ ورزشی هم نمی‌توانی از دستِ خرسِ گریزلی فرار کنی». او هم در جواب می‌گوید: «از او نمی‌توانم، اما از تو که می‌توانم».

[iv] یا شیرِ ماده. این موردِ خاصِ شیرها خیلی پیچیده است؛ چرا که این ماده‌ها هستند که عمدتاً شکار می‌کنند و نرها، به هر حال، «سهمِ شیر» را دریافت می‌کنند. در این مثالِ فرضی، خیلی ذهنِ خود را محدود به «شیر» نکنید. یک گونهٔ درندهٔ کلی را در نظر بگیرید و فرض کنید که عده‌ای از آن‌ها «دوراندیش»اند و از شکارِ بی‌رویه پرهیز می‌کنند، اما عده‌ای دیگر از آن‌ها «غیرِ دوراندیش»اند و قاعدهٔ پذیرفته شده را می‌شکنند.

[v] بحث‌هایِ غیرِ تخصصی و ناپخته در موردِ سازگاریِ داروینی معمولاً زمینه را برایِ ایجادِ این فرضِ غلط باز می‌کنند که فرگشت قوهٔ آینده‌نگری دارد. (این فرض به صورتِ روشن هم بیان نمی‌شود و، از این رو، پیامدهایش خطرناک‌تر می‌شوند.) سیدنی برنر، قهرمانِ بخشِ مربوط به *سینوربدایتیس* در فصلِ ۸، شوخ‌طبعیِ کنایه‌آمیزی دارد که هم‌ترازِ قریحهٔ علمی‌اش است. یادم هست که یک بار شنیدم تفکرِ غلطِ «آینده‌نگریِ فرگشتی» را به باد استهزاء گرفت. می‌گفت گونه‌ای را در عصرِ کامبرین تصور کنید که پروتئینی بی‌فایده را در استخرِ ژنی‌اش نگه داشته است؛ چرا که «احتمال می‌دهد بتواند در عصرِ کرتاسه آن را به یک زخمی بزند.»

## فصلِ ۱۳: شکوه را، در این نگرش به حیات، می‌توان دید

بر خلافِ پدربزرگِ فرگشت‌گرایش، اِراسموس[1]، که وُردزوُرث[2] و کولریج[3] [4] هم اشعارِ علمی‌اش را می‌ستودند (باید بگویم که این امر نسبتاً تعجب‌آور است)، چارلز داروین به شاعری شهره نبود، اما ***خاستگاهِ گونه‌ها*** را با بندی شاعرانه به پایان می‌برد.

> از این رو، از دلِ نبردِ طبیعت، از قحطی و مرگ،[i] والاترین چیزی که قادر به درکش هستیم، یعنی پدید آمدنِ حیواناتی برتر، مستقیماً نتیجه می‌شود. شکوه را، در این نگرش به حیات، می‌توان دید. حیات، با قدرت‌هایی که دارد، ابتدا، در چند قالبِ انگشت‌شمار یا حتی در یک قالب دمیده شده است و، از آن نقطه، هم‌گام با گردشِ این کرهٔ خاکی، بر اساسِ قواعدِ ثابتِ گرانش، چنین آغازِ ساده‌ای به شکل‌هایی بی‌شمار، بی‌اندازه شکیل، و بی‌اندازه حیرت‌انگیز فرگشت یافته است و همچنان نیز این سِیر ادامه دارد.

مفاهیمِ بسیاری در این کلامِ پایانی گنجانده شده است و قصدم این است که با تفسیرِ جمله به جملهٔ آن این کتاب را به پایان برسانم.

### «از دلِ نبردِ طبیعت، از قحطی و مرگ»

---

[1] Erasmus

[2] Wordsworth

[3] Coleridge

[4] وردزورث و کولریج از نامدارترین چهره‌هایِ مکتبِ رمانتیسمِ بریتانیا بودند. مترجم

داروین، همچون همیشه، منطقی عمل می‌کند و تناقضِ اخلاقیِ موجود در دلِ نظریهٔ بزرگش را به رسمیت می‌شناسد. او طفره نمی‌رود. بی‌پرده این حقیقت را، که از بارِ «گناه» طبیعت می‌کاهد، بیان می‌کند و می‌گوید که طبیعت نیتِ بدی ندارد. همهٔ امور نتیجهٔ «قوانینِ جاری در محیطِ پیرامونِ ما» (نقلِ قول از جمله‌ای که پیش‌تر، در همین بند، به کار برده بود) هستند. در پایانِ فصلِ ۷ از کتابِ *خاستگاهِ گونه‌ها* نیز، مطلبِ مشابهی را عنوان می‌کند:

> شاید چیزی که می‌خواهم بگویم حاصلِ استدلالی منطقی نباشد، اما تصور می‌کنم که قانع‌کننده‌تر این است که این گونه غرائزِ حیوانی — مثلاً این که فاخته[1] برادرانِ ناتنیِ خود را از لانه بیرون می‌اندازد، این که مورچه‌ها برده می‌گیرند، و لاروهایِ زنبورِ عقربی از درونِ بدنِ کرمِ پیله‌سازِ زنده تغذیه می‌کنند — را غرائزی اعطاشده یا آفریده‌شده تصور نکنیم و، در عوض، آن‌ها را پیامدهایی کوچک در نظر بگیریم که از یک قاعدهٔ کلی — یعنی تکثیر، گوناگونی، بقایِ قوی‌ترین و مرگِ ضعیف‌ترین گونه — منتج و به پیشرفتِ همهٔ موجوداتِ زنده منجر می‌شوند.

پیش از این از تنفرِ داروین (و بسیاری از هم‌دوره‌هایش) از چیزی همچون زنبورِ عقربیِ ماده — که، مطابقِ عادتی <غریزی>، قربانیِ خود را، به طوری که فلج شود اما کشته نشود، نیش می‌زند تا گوشتش تازه بماند و لاروهایش بتوانند، از درون، قربانیِ زنده را بخورند — گفته بودم. حتماً به خاطر دارید که داروین در کَتش نمی‌رفت که آفریننده‌ای خیرخواه چنین عادتی را در این موجود به وجود آورده باشد. اما وقتی که انتخابِ طبیعی پیش‌برندهٔ امور باشد، کلِ این موضوع به امری شفاف، قابلِ درک، و منطقی بدل می‌شود. انتخابِ طبیعی برایِ آسایشِ <حیوانات> پشیزی ارزش قائل نیست. اصلاً چرا ارزش قائل باشد؟ برایِ این که چیزی در طبیعت رخ دهد، تنها لازمه‌اش این است که رخ دادنِ آن، در زمانِ نسل‌هایِ قبل، به بقایِ ژنِ عاملِ آن رخداد، کمک کرده باشد. بقایِ

---

[1] cuckoo

ژن برایِ توجیهِ بیدادگریِ زنبورِ <عقربی> و بی‌تفاوتیِ سنگ‌دلانهٔ طبیعت کافی است. همین امر، به تنهایی، اگر برایِ حسِ دلسوزانهٔ انسان قانع‌کننده نباشد، برایِ عقل قانع‌کننده است.

آری، شکوه را، در این نگرش به حیات، می‌توان دید. حتی، در این بی‌اعتناییِ توأم-با-آرامشِ طبیعت به درد و رنج نیز نوعی شکوه وجود دارد، بی‌اعتنایی‌ای که، سنگ‌دلانه، از اصلِ هدایت‌گرِ طبیعت، یعنی بقایِ اصلح، منتج می‌شود. دین‌شناسان ممکن است از شنیدنِ این حرف جا بخورند؛ چرا که شبیه به سفسطه‌ای در تئودیسه است که برای‌شان آشناست (بر اساسِ این سفسطه، درد و رنج نتیجهٔ ناگزیرِ اختیار تلقی می‌شود). دستِ کم زیست‌شناسان، وقتی که به چیزی همچون کاربردِ زیست‌شناختیِ قابلیتِ احساسِ درد و رنج می‌اندیشند (مثلاً چیزی شبیهِ بحثی که در موردِ سامانهٔ «علامتِ خطر»، در فصلِ پیش، مطرح کردم)، واژهٔ «سنگ‌دلانه» را افراط‌آمیز تلقی نمی‌کنند. اگر حیوانات درد و رنج را احساس نکنند به این معنی است که یکی از اجزایِ بقایِ ژن وظیفهٔ خود را به درستی انجام نمی‌دهد.

دانشمندان هم انسان هستند و آن‌ها نیز، مانندِ هر انسانِ دیگری، حق دارند که از سنگ‌دلی بیزاری بجویند و از درد و رنج متنفر باشند. اما دانشمندانِ خوب، همچون داروین، می‌دانند که باید حقایقِ جهانِ واقعی را، هر چه قدر هم به مذاق‌شان خوش نیاید، بپذیرند. افزون بر این، اگر بنا باشد که به تصوراتِ ذهنی مجال دهیم، می‌توان نوعی جذابیت را، در منطقِ خشکی که بر کلِ حیات چیره است — زنبورهایِ عقربی که بر گانگلیونِ عصبِ سر-تا-پایِ بدنِ قربانی خانه می‌کنند، فاخته که برادران و خواهرانِ ناتنیِ خود را از لانه بیرون می‌اندازد («ای قاتلِ گنجشکِ پرچینِ نشسته بر شاخه[1]»)، مورچه‌هایِ برده‌گیر، و بی‌اعتناییِ انگل‌ها و درندگانِ مصمم (یا شاید بدونِ مغز) نسبت به

---

[1] مصرعی از یکی از اشعارِ شاعرِ بزرگ، جفری چاسر (Geoffrey Chaucer)، که در قرنِ چهاردهم می‌زیست. شکلِ اصلیِ این مصرع، که به زبانِ انگلیسیِ قرونِ وسطی است، به این صورت می‌باشد:

Thow mortherer of the heysugge on y braunche

درد و رنجِ دیگران — مشاهده کرد. داروین، وقتی که داشته فصلِ مربوط به تنازع برایِ بقا را با این واژگان به پایان می‌برده است، در واقع داشته خود را به هر آب و آتشی می‌زده تا تسلایی بجوید:

> تنها کاری که می‌توانیم بکنیم این است که همواره به خاطر داشته باشیم که هر موجودِ زنده‌ای تلاش می‌کند که بقایِ خود را، به صورتِ هندسی[1]، افزایش دهد؛ باید به خاطر داشته باشیم که هر موجودی، در مرحله‌ای از حیاتِ خود، در فصلی از سال، طیِ هر نسل یا پس از گذشتِ دوره‌ای، مجبور است برایِ حفظِ حیاتِ خود بجنگد و خسرانِ عظیمی را نیز متحمل شود. وقتی که به این نزاع می‌اندیشیم، شاید بتوانیم با باورِ کامل به این که کارزارِ طبیعت همیشگی نیست، این که ترسی احساس نمی‌شود[ii]، این که مرگ عموماً آنی است، و این که موجوداتِ نیرومند، سالم، و خوشبخت بقا پیدا می‌کنند و تکثیر می‌شوند خود را تسلی دهیم.

یکی از احمقانه‌ترین ضعف‌هایِ شخصیتیِ انسان مؤاخذهٔ نامه‌رسان[2] است و این امر در موردِ عمدهٔ مخالفانِ فرگشت، که در فصلِ ۱ به آن‌ها اشاره کردم، صدق می‌کند. <مثلاً می‌گویند:> «به بچه‌ها بگویید که حیوان هستند و آن‌ها هم مثلِ حیوان رفتار خواهند کرد». حتی اگر هم این حرف درست بود که فرگشت یا آموزشِ آن مایهٔ ترویجِ فساد می‌شود، دلیل بر نادرستیِ نظریهٔ فرگشت نمی‌شد. واقعاً مغزِ آدم، از تعددِ افرادی که قادر به درکِ این نکتهٔ منطقیِ ساده نیستند، سوت می‌کشد. این مغالطه آن قدر رایج است که حتی نامی به آن اختصاص داده شده است: مغالطهٔ *توسل به نتیجه*[3]. این مغالطه بدین صورت است که X درست (یا غلط) است به دلیلِ این که از پیامدهایش خرسند (یا ناخرسند) هستم.

---

[1] geometrical ratio

[2] shooting the messenger

[3] argumentum ad consequentiam

## «والاترین چیزی که قادر به درکش هستیم»

آیا «پدید آمدنِ حیواناتی برتر» واقعاً «والاترین چیزی [است] که قادر به درکش هستیم»؟ والاترین؟ واقعاً؟ آیا چیزهایِ والاتری وجود ندارند؟ مثلاً هنر؟ معنویات؟ رومئو و ژولیت[1]؟ نسبیتِ عام[2]؟ سمفونیِ شمارهٔ ۹ بتهوون[3]؟ کلیسایِ سیستین[4]؟ عشق؟

باید این نکته را به خاطر سپرد که داروین، هر چه قدر افتاده و فروتن بود، در عوض، به همان اندازه، اندیشه‌هایِ بلندی را در سر می‌پروراند. مطابقِ جهان‌بینیِ او، هر چیزی که به ذهنِ انسان مربوط می‌شود، کلِ احساسات و تظاهراتِ معنویِ ما، تمامِ هنر و ریاضیات، فلسفه و موسیقی، همهٔ شاهکارهایِ ناشی از اندیشه و احساس، همه و همه از محصولاتِ همان فرآیندی هستند که منجر به پیدایشِ حیواناتِ برتر شده است. این جهان‌بینی صرفاً به این معنی نیست که بدونِ مغزِ فرگشت‌یافته معنویات و موسیقی غیرِ ممکن می‌بودند. به بیانِ روشن‌تر، به این معناست که مغزهایِ مختلف به صورتِ طبیعی، به منظورِ افزایشِ قابلیت و قدرت، انتخاب شدند تا بتوانند اهدافِ کاربردیِ مختلف را تحقق بخشند و این سیر تا جایی ادامه یافت که قوایِ برترِ ذهنی و معنوی، به عنوانِ محصولِ جانبیِ آن، بروز پیدا کردند و در یک محیطِ فرهنگیِ مجهز به زبان و دارایِ زندگیِ گروهی، به بار نشستند. جهان‌بینیِ داروینی توانایی‌هایِ برترِ انسانی را خُرد نمی‌شمرد و آن‌ها را، تا سطحِ خواری، «تقلیل» نمی‌دهد. حتی ادعا هم نمی‌کند که می‌تواند این پدیده‌ها را به همان میزان توجیه کند که توجیهاتِ داروینی می‌توانند، مثلاً، تقلیدِ رفتارِ مار را توسطِ کرمِ پیله‌ساز، به نحوِ قانع‌کننده‌ای توجیه کنند. اما این ادعا را می‌کند که آن رمز و رازِ نفوذناپذیر (البته ارزشِ تلاش برایِ نفوذ هم نداشته است) را، که

---

[1] Romeo and Juliet

[2] general relativity

[3] Choral Symphony

[4] Sistine Chapel

مدام در تلاشِ افرادِ پیش از داروین برایِ درکِ حیات خلل ایجاد می‌کرده است، به کل، از بین برده است.

اما داروین محتاجِ دفاعِ من نیست و من خودم را درگیرِ این موضوع نمی‌کنم که پدید آمدنِ حیواناتی برتر والاترین چیز است یا صرفاً امری بسیار والا. اما گزارهٔ آن چطور؟ آیا پدید آمدنِ حیواناتِ برتر از دلِ نبردِ طبیعت، از قحطی و مرگ «مستقیماً نتیجه می‌شود»؟ بله، همین طور است. اگر استدلالِ داروین را درست متوجه شویم، می‌بینیم که این امر مستقیماً نتیجهٔ <همین نبرد> است. اما هیچ کس متوجهِ حرفِ داروین نشد، مگر با رسیدنِ قرنِ نوزدهم. و هنوز هم افرادِ زیادی هستند که از درکِ آن عاجزاند یا از درکِ آن سر باز می‌زنند. به سادگی می‌توان چراییِ آن را دریافت. وقتی که فکرش را بکنید، وجودِ خودِ ما، توأم با توجیه‌پذیریِ پساداروینیِ آن، می‌تواند یکی از واقعیت‌هایِ خارق‌العاده‌ای باشد که، در کلِ زمانِ حیات‌مان، بختِ اندیشیدن به آن را خواهیم یافت. به زودی به این موضوع خواهم پرداخت.

## «ابتدا ... دمیده شده است»

شمارِ نامه‌هایِ قهرآمیزی که از خوانندگانِ یکی از کتاب‌هایِ قبلی‌ام دریافت کرده‌ام از دستم در رفته است. نویسندگانِ آن نامه‌ها من را موردِ عتاب قرار داده‌اند که چرا عبارتِ مهمِ «توسطِ آفریننده[1]» را، (به خیالِ آن‌ها) به عمد، پس از «دمیده شده است»، حذف کرده‌ام. آیا من خواسته‌ام، از رویِ بدطینتی، حرفِ داروین را تحریف کنم؟ این نامه‌نگارانِ متعصب یادشان رفته است که کتابِ بزرگِ داروین در شش ویراست چاپ شده است. در ویراستِ نخست، این جمله همان گونه‌ای بوده است که در این جا نقل کرده‌ام. احتمالاً، داروین به فشارِ مذهبیون تن داده است و عبارتِ «توسطِ آفریننده» را در ویراستِ دوم و تمامِ ویراست‌هایِ بعدی اضافه کرده است. وقتی که از کتابِ *خاستگاهِ گونه‌ها*

[1] by the Creator

نقلِ قول می‌کنم، همیشه به ویراستِ نخستِ آن استناد می‌کنم، مگر این که دلیلِ قانع‌کننده‌ای برایِ نقلِ قول کردن از دیگر ویراست‌ها وجود داشته باشد. یکی از دلایلش این است که نسخهٔ تاریخیِ ۱۲۵۰ تیراژیِ آن را، که من در اختیار دارم، دوست و حامی‌ام، چارلز سیمونی، به من هدیه کرده است. دلیلِ دیگرش هم این است که ویراستِ نخستِ آن، از لحاظِ تاریخی، از همهٔ نسخ مهم‌تر است. این ویراست است که جزم‌اندیشی‌هایِ عهدِ ویکتوریا را آماجِ حمله قرار داد و ابرهایِ مسمومِ سده‌هایِ پیشین را به کنار زد. افزون بر این، ویراست‌هایِ بعدی، مخصوصاً ویراستِ ششم، از تن دادن به افکارِ عمومی هم پا فراتر نهادند. داروین، در واکنش به منتقدانِ باسواد اما گمراهِ ویراستِ نخست، از بعضی از دیدگاه‌هایِ خود، آن هم پیرامونِ مسائلِ مهمی که، در ابتدا، آن‌ها را درست بیان کرده بود، عقب‌نشینی می‌کند و حتی بعضی از آن‌ها را برعکس می‌کند. پس، جملهٔ درست «ابتدا ... دمیده شده است» می‌باشد؛ بدونِ اشاره به هیچ آفریننده‌ای.

چنان که بر می‌آید، داروین از این باجِ سبیلی که به مذهبیون می‌دهد پشیمان می‌شود. در نامه‌ای، در سالِ ۱۸۶۳، به دوستِ گیاه‌شناسش[1]، جوزف هوکر[2]، می‌نویسد: «مدت‌هاست که، از این که زیرِ بارِ افکارِ عمومی رفته‌ام و از عبارتِ اسفارِ پنج‌گانه‌ایِ آفرینش استفاده کرده‌ام، پشیمانم. در حالی که، در واقع، منظورم این بود که «به نظر می‌آید» این امور نتیجهٔ فرآیندی کاملاً ناشناخته است». منظورِ داروین از «عبارتِ اسفارِ پنج‌گانه[3]» واژهٔ «آفرینش» است. فرانسیس داروین[4]، در ویراستِ چاپِ ۱۸۸۷ از نامه‌هایِ پدرش، اطلاعاتی پیش‌زمینه‌ای را به ما ارائه می‌کند. داروین این نامه را به هوکر می‌نویسد که از او، بابتِ به امانت دادنِ ارزیابیِ یک کتاب، نوشتهٔ کارپنتر[5]، تشکر کند. ارزیابِ ناشناسِ این کتاب از چنین چیزی سخن می‌گوید: «نیرویی خلاق . . که داروین، تنها به زبانِ اسفارِ

---

[1] botanist

[2] Joseph Hooker

[3] Pentateuchal term

[4] Francis Darwin

[5] Carpenter

پنج‌گانه، قادر به بیانِ آن بوده است و آن را شکلی بدوی توصیف کرده است که حیات در آن «دمیده شده است». امروزه، باید حتی عبارتِ «دمیده شده است» را نیز به کار نبریم. آن چیز چه بوده که قرار بوده است در نمی‌دانم چه چیزی دمیده شود؟ احتمالاً این عبارت به نوعی «نفسِ حیات» ارجاع داشته است،[iii]

اما معنیش چه می‌تواند باشد؟ هر چه دقیق‌تر به مرزِ میانِ حیات و غیرِ حیات می‌نگریم، فهمِ تمایزِ آن‌ها دشوارتر می‌نماید. حیات، در شکلِ متحرکش، بنا بوده است پرطراوت و تپنده باشد و جوهری جان‌افزا داشته باشد. وقتی به معادلِ فرانسویِ آن، élan vital[iv]، می‌نگریم، مفهومی بس پر-رمز-و-رازتر پیدا می‌کند. چنین که بر می‌آید، تصور می‌شده است که حیات از جوهری خاص و زنده، ترکیبی جوشان، به نامِ «پروتوپلاسم[1]»، در دیگِ یک ساحره، به وجود آمده است. شخصیتِ خیالیِ کونان دویل[2]، به نامِ پرفسور چَلنجِر[3]، که حتی از شرلوک هلمز هم مهمل‌تر بوده است، کشف می‌کند که زمین زنده است؛ نوعی توتیایِ دریاییِ[4] غول‌پیکر، که لاکش پوستهٔ زمین است که ما قادر به دیدنش هستیم و هسته‌اش از پروتوپلاسمِ خالص تشکیل شده است. تا اواسطِ قرنِ بیستم، تصور می‌شد که حیات، از لحاظِ کیفی، چیزی فراتر از فیزیک و شیمی است. اما دیگر چنین نیست. در بحثِ تفاوتِ میانِ حیات و غیرِ حیات، دیگر مسألهٔ جوهر مطرح نیست، بلکه ***اطلاعات*** تمایزِ این دو را تعیین می‌کند. موجوداتِ زنده حاملِ مقادیرِ عظیمی از اطلاعات هستند. عمدهٔ این اطلاعات، که به صورتِ دیجیتال <رقومی> رمزگذاری شده‌اند، در دی.ان.ای ذخیره شده‌اند و مقادیرِ قابلِ توجهی از آن اطلاعات نیز، به طرقِ دیگر، رمزگذاری شده‌اند که اکنون با آن‌ها آشنا خواهیم شد.

---

[1] protoplasm

[2] Conan Doyle

[3] Professor Challenger

[4] urchin

در موردِ دی.ان.ای، خیلی خوب می‌دانیم که اطلاعاتِ درونِ آن چگونه، طیِ زمانِ زمین‌شناختی، رویِ هم انباشته شده‌اند. داروین آن را «انتخابِ طبیعی» نام نهاد و ما نیز می‌توانیم تعریفِ دقیق‌تری را از آن ارائه دهیم: بقایِ غیرِ تصادفیِ اطلاعاتی که دستورالعمل رشدِ رویانیِ آن شیوهٔ بقا را رمزنگاری کرده‌اند. ناگفته پیداست که انتظار می‌رود دستورالعمل‌ها، به منظورِ حفظِ بقایِ خود، بقا پیدا کنند. نکتهٔ خاصی که در موردِ دی.ان.ای باید بدانیم این است که این طور نیست که مادهٔ آن بقا پیدا کند، بلکه در قالبِ مجموعه‌ای از کپی‌هایِ نامحدود بقا می‌یابد. از آن جا که هر از گاهی خطایی در فرآیندِ کپی به وجود می‌آید، نوع‌هایِ متفاوت ممکن است حتی از پیشینیانِ خود نیز بقایِ بهتری داشته باشند. بدین طریق، بانکِ اطلاعاتِ رمزگذاری‌کنندهٔ دستورالعمل‌هایِ بقا، با گذشتِ زمان، بهبود می‌یابد. این گونه پیشرفت‌ها، در قالبِ بدن‌هایی بهتر و دیگر اسباب و ابزارهایِ لازم، برایِ حفظ و ازدیادِ اطلاعاتِ کدشده، تجلی می‌یابند. بر رویِ زمین، حفظ و ازدیادِ اطلاعاتِ دی.ان.ای، در حالتِ عادی، به معنایِ بقا و تولیدِ مثلِ بدن‌هایِ حاویِ آن‌هاست. داروین نیز در سطحِ بدن‌ها و بقا و تولیدِ مثل‌شان به پژوهش پرداخته بود. در جهان‌بینیِ او، اطلاعاتِ کدشدهٔ درونِ این بدن‌ها، به صورتِ تلویحی، بیان می‌شد، اما بیانِ آشکارِ آن‌ها، در قرنِ بیستم، میسر شد.

بانکِ اطلاعاتِ ژنتیکی به انباری از اطلاعات، دربارهٔ محیط‌هایِ گذشته، بدل می‌شود؛ محیط‌هایی که پیشینیان در آن بقا پیدا کرده‌اند و ژن‌هایی را که منجر به بقایِ آن‌ها شده است، به نسل‌هایِ بعد، منتقل کرده‌اند. مادامی که محیطِ حال و آینده به محیطِ گذشته شباهت داشته باشد (که بیشترِ اوقات هم شباهت دارد)، این «کتابِ ژنتیکیِ مردگان[1]» همچون دستورالعملی کارآمد برایِ بقا، در محیطِ حال و آینده، عمل می‌کند. محلِ ذخیرهٔ این اطلاعات، در هر لحظه، درونِ بدن‌هایِ واحد است اما، در درازمدت، که تولیدِ مثلِ جنسی رخ می‌دهد و دی.ان.ای بُر می‌خورد و، از بدنی به بدنی دیگر، منتقل می‌شود، بانکِ اطلاعاتِ دستورالعمل‌هایِ بقا استخرِ ژنیِ یک گونه خواهد بود.

[1] genetic book of the dead

هر تک‌ژنوم، در هر نسل، مانندِ نمونه‌ای از بانکِ اطلاعاتِ گونه است. گونه‌هایِ مختلف، به دلیلِ جهان‌هایِ متفاوتِ نیاکان‌شان، بانکِ اطلاعاتیِ متفاوتی خواهند داشت. بانکِ اطلاعاتِ موجود در استخرِ ژنیِ شتر اطلاعاتِ مربوط به صحرا و نحوهٔ بقا در آن را رمزنگاری می‌کند. دی.ان.ایِ موجود در استخرِ ژنیِ موشِ کور حاویِ دستورالعمل‌ها و نکته‌هایی دربارهٔ بقا در خاکِ تاریک و مرطوب است. دی.ان.ایِ موجود در استخرِ ژنیِ یک درنده، به تدریج، حاویِ اطلاعاتِ بیشتری دربارهٔ حیواناتِ شکارشونده می‌شود؛ اطلاعاتی پیرامونِ حقه‌هایِ گریزِ آن‌ها و نحوهٔ پیش‌دستی کردن در مواجهه با آن‌ها. دی.ان.ایِ حیواناتِ شکارشونده اطلاعاتی را دربارهٔ درندگان و نحوهٔ جاخالی دادن از حمله و فرار از آن‌ها در خود نگه خواهد داشت. دی.ان.ایِ تمامِ استخرهایِ ژنی حاویِ اطلاعاتی پیرامونِ انگل‌ها و نحوهٔ مقاومت در برابرِ حملاتِ زیان‌بارِ آن‌ها است.

اطلاعاتِ مربوط به نحوهٔ مقابله با شرایطِ زمانِ حال، به منظورِ بقا تا زمانِ آینده، لزوماً از گذشته گلچین شده‌اند. بقایِ غیرِ تصادفیِ دی.ان.ای در بدن‌هایِ نیاکانی روشِ آشکارِ ثبتِ اطلاعاتِ گذشته، به منظورِ استفاده در آینده، است و، همچنین، از همین طریق است که عمدهٔ بانکِ اطلاعاتِ دی.ان.ای ساخته می‌شود. اما سه راهِ دیگر نیز برایِ «بایگانیِ» اطلاعاتِ مربوط به گذشته، به منظورِ بهبودِ بختِ بقا در آینده، وجود دارد. این سه روشِ دیگر دستگاهِ ایمنی، دستگاهِ عصبی، و فرهنگ هستند. هر کدام از این سه دستگاهِ جانبیِ گردآوریِ اطلاعات — همچون بال، شُش، و دیگر ابزارِ لازم برایِ بقا — اساساً از طریقِ همان روشِ اصلی، یعنی انتخابِ طبیعیِ دی.ان.ای، ساخته شده‌اند. این روش‌ها را می‌توانیم چهار «حافظه» تلقی کنیم.

حافظهٔ نخست، مجموعهٔ دی.ان.ایِ مربوط به روش‌هایِ بقایِ نیاکانی است که بر لوحی متحرک، که همان استخرِ ژنیِ گونه‌هایِ مختلف است، نگاشته شده است. درست همان گونه که بانکِ اطلاعاتِ موروثیِ دی.ان.ای جزئیاتِ تکرارشوندهٔ محیط‌هایِ نیاکانیِ مختلف و نحوهٔ بقا در آن‌ها را ثبت می‌کند. حافظهٔ دوم، یعنی دستگاهِ ایمنی، نیز همین کار را با بیماری‌ها و دیگر مواردِ تهدیدکنندهٔ بدن، طیِ دورهٔ حیاتِ فرد، انجام می‌دهد. این بانکِ اطلاعاتِ بیماری‌هایِ گذشته و نحوهٔ جان به در بردن از آن‌ها مختصِ هر فرد است و در گنجینهٔ پروتئین‌هایی که «پادتَن» نام دارند ذخیره

می‌شوند. هر مجموعه پادتَنِ مختصِ یک پاتوژن (عاملِ بیماری‌زا)[1]، به صورتِ دقیق، بر اساسِ «تجربهٔ» گذشته از رویارویی با پروتئین‌هایی که دقیقاً عاملِ تمایزِ آن پاتوژن هستند، شکل می‌گیرد. همچون بسیاری از کودکانِ هم‌نسلم، من هم به سرخک[2] و آبله مرغان[3] مبتلا شده‌ام. بدنِ من این «تجربه» را «به یاد دارد». این خاطرات، در قالبِ پروتئین‌هایِ پادتَن، تجلی می‌یابد و، در کنارِ بانکِ اطلاعاتِ شخصی‌ام از مهاجمانِ شکست‌خوردهٔ گذشته، ذخیره می‌شود. خوش‌بختانه، هیچ وقت دچارِ فلجِ اطفال نشده‌ام، اما علمِ پزشکی، به طرزی هوشمندانه، واکسیناسیون[4] را ابداع کرده است که خاطراتِ کاذبی را، از بیماری‌هایی که هرگز دچارشان نشده‌ایم، شکل می‌دهد. هیچ وقت هم دچارِ این نوع فلج نخواهم شد؛ چرا که بدنِ من «فکر می‌کند» که قبلاً به آن دچار شده است و بانکِ اطلاعاتِ دستگاهِ ایمنی‌ام مجهز به پادتَن‌هایِ مناسبی است که آن‌ها را، در پاسخ به تزریقِ نسخهٔ بی‌ضرری از این ویروس، تولید کرده است. همان گونه که پژوهش‌هایِ چندین دانشمندِ پزشکیِ برندهٔ جایزهٔ نوبل نشان داده است، نکتهٔ جالب این است که بانکِ اطلاعاتِ دستگاهِ ایمنی خود، طیِ یک فرآیندِ شبه‌داروییِ متشکل از تغییراتِ تصادفی و انتخابِ غیرِتصادفی، گسترش می‌یابد. اما، در این مورد، انتخابِ غیرِتصادفی شاملِ انتخابِ بدن‌هایِ مختلف، بر اساسِ ظرفیت‌شان برایِ بقا، نیست، بلکه انتخابِ پروتئین‌هایِ مختلفِ *درونِ بدن*، بر اساسِ توانایی‌شان در حمله یا خنثی‌سازیِ پروتئین‌هایِ مهاجم، است.

حافظهٔ سوم همان چیزی است که، در حالتِ عادی، وقتی که از واژهٔ «حافظه» استفاده می‌کنیم، به ذهن‌مان متبادر می‌شود: همان حافظه‌ای که موطنش دستگاهِ عصبیِ ماست. چیزی شبیهِ «حافظهٔ» پادتَن از بیماری‌هایِ گذشته و «حافظهٔ» دی.ان.ای از مرگ‌ها و موفقیت‌هایِ نیاکانی (واقعاً

---

[1] pathogen

[2] measles

[3] chickenpox

[4] vaccination

می‌توانیم آن را چنین تصور کنیم)، مغزِ ما نیز، از طریقِ مکانیزم‌هایی که هنوز قادر به درکِ کاملِ‌شان نیستیم، تجربه‌هایِ گذشتهٔ ما را ذخیره می‌کند. اساساً، مغزِ سومِ ما نیز بر اساسِ فرآیندِ آزمون و خطایی عمل می‌کند که می‌توان آن را با انتخابِ طبیعی مقایسه کرد. یک حیوان، وقتی که در پیِ غذا می‌گردد، روش‌هایِ مختلفی را «می‌آزماید». با این که این امر کاملاً تصادفی نیست، این اقدامات آزمایشی را می‌توان، به عنوانِ قیاسی منطقی برایِ جهشِ ژنتیکی، به کار برد. جنبه‌ای از این حافظه که می‌توان آن را با انتخابِ طبیعی مقایسه کرد «تقویت» است: سیستمِ پاداش (تقویتِ مثبت) و تنبیه (تقویتِ منفی)[1]. مثلاً اقدامی همچون کنار زدنِ برگ‌هایِ خشک (آزمون) باعثِ پیدا شدنِ لارْوهایِ سوسک و خرخاکی می‌شود که زیرِ آن برگ‌ها پنهان شده‌اند (پاداش). دستگاهِ عصبی قاعده‌ای دارد که می‌گوید: «هر آزمونی که منجر به پاداش می‌شود باید تکرار شود. اما هر آزمونی که هیچ نتیجه‌ای در بر نداشته باشد یا، بدتر از آن، با تنبیه (مثلاً درد) روبرو شود، نباید تکرار شود».

اما حافظهٔ مغز، در بدنِ حیوان، از این فرآیندِ شبه‌داروینی (بقایِ غیرِ تصادفیِ اقداماتی که پاداش می‌گیرند و عدمِ تکرارِ اقداماتی که با تنبیه روبرو می‌شوند) فراتر می‌رود. حافظهٔ مغز (در این

---

[1] در واقع، مطلبی که در اینجا آمده است تلقیِ اشتباهی رایج از «تقویتِ منفی» (negative reinforcement) است. تقویتِ منفی هم نوعی «تقویت» است و با «تنبیه» (punishment) متفاوت است. تقویتِ مثبت (positive reinforcement) زمانی رخ می‌دهد که پس از یک رفتار، پاسخی مثبت دریافت کنیم و به انجامِ آن ترغیب شویم. تقویتِ منفی زمانی رخ می‌دهد که پس از دست برداشتن از رفتاری «نامطلوب»، از شرِ امری ناخوشایند (مثلاً درد) رهایی یابیم. مثلاً اگر به محض برداشتنِ دستمان از رویِ جایی از بدن‌مان که زخم شده است، احساسِ رهایی از درد کنیم، این رفتار در ما تقویت خواهد شد. اما تنبیه زمانی است که پس از انجامِ یک رفتار دچارِ درد شویم و، به این خاطر، از تکرارِ آن خودداری کنیم. مثلاً زمانی که به یک جسمِ داغ دست می‌زنیم، دردی که احساس می‌کنیم باعث می‌شود که این کار برای‌مان ناخوشایند تلقی شود و دیگر این کار را تکرار نکنیم. برگرفته از کتابِ Theories of Human Learning، نوشتهٔ گای لفرانکوآ (Guy Lefrancois)، مترجم

جا نیازی به علامتِ «» نیست؛ چرا که این واژه، در معنایِ واقعی‌اش، دارد به کار می‌رود)، دستِ کم در موردِ انسان، هم گسترده است و هم واضح. مغزِ ما حاویِ تصاویری باجزئیات است که نمایی درونی از همهٔ حواسِ پنج‌گانه است. حاویِ مجموعه‌ای از چهره‌ها، مکان‌ها، نواها، عاداتِ اجتماعی، قواعد، و واژگان است. شما از درون با آن آشنا هستید؛ پس، نیازی نیست که با واژگان به شرحش بپردازم. اما نکته‌ای که باید به آن اشاره کنم این واقعیتِ چشم‌گیر است که واژگانی که، برایِ نوشتن، در اختیارِ من قرار دارد و مجموعه واژگانِ یکسان یا دستِ کم بسیار مشابهی که، برایِ خواندن، در اختیارِ شما قرار دارد، همگی، به همراهِ دستگاهِ سیناپسی‌ای که آن‌ها را در قالبِ جمله در می‌آورد و آن‌ها را رمزگشایی می‌کند، در یک بانکِ اطلاعاتِ نورونیِ گسترده و یکسان قرار دارند.

افزون بر این، حافظهٔ سوم، یعنی حافظهٔ مستقر در مغز، حافظهٔ چهارمی را به وجود آورده است. بانکِ اطلاعاتِ موجود در مغزِ من چیزی فراتر از سابقهٔ اتفاقات و احساساتِ زندگیِ فردیِ من است (البته کاربردِ مغز، در آغازِ فرگشتش، محدود به همین مرحله بوده است). مغزِ شما حاویِ حافظه‌هایی است که، به صورتِ غیرِ ژنتیکی، از نسل‌هایِ گذشته به ارث برده است و، در قالبِ کلام، نوشته‌هایِ کتاب، یا، امروزه، از طریقِ اینترنت، به سایرِ نسل‌ها منتقل می‌کند. دوره‌ای که من و شما در آن زندگی می‌کنیم، به لطفِ آنان که پیش از ما رفته‌اند و تأثیرِ خود را، بر بانکِ اطلاعاتِ فرهنگِ انسان، به جا گذاشته‌اند، غنی‌ترین دوره است؛ کسانی چون نیوتن و مارکونی[1]، شکسپیر و

[1] Marconi

استاین‌بک[1]، باخ و بیتلز[2]، استفان‌سون[3] و برادرانِ رایت، <ادوارد> جنر[4] و <جوناس> سالک[5]، ماری کوری[6] و انیشتین، <جان> فون نویمان[7]، و برنرز-لی[8]. و البته داروین.

تمامِ آن چهار حافظه جزئی از، یا تجلی‌ای از، اَبَرساختارِ گستردهٔ اسبابِ بقا هستند که، در اصل و عمدتاً، مطابقِ فرآیندِ داروینیِ بقایِ غیرِ تصادفیِ دی.ان.ای، ساخته شده‌اند.

## «در چند قالبِ انگشت‌شمار یا حتی در یک قالب»

داروین حق داشته است که با حزم و احتیاط صحبت کند، اما امروزه اطمینان داریم که تمامِ موجوداتِ زندهٔ رویِ این کرهٔ خاکی از نوادگانِ تنها یک نیایِ واحد هستند. همان گونه که در فصلِ ۱۰ خواندیم، شواهد نشان می‌دهد که کدِ ژنتیکی جهان‌شمول است و در حیوانات، گیاهان، قارچ‌ها، باکتری‌ها، آرکیاها، و ویروس‌هایِ مختلف کاملاً متفاوت است. آن فرهنگِ واژگانِ ۶۴واژه‌ای، که واژگانِ سه‌حرفیِ دی.ان.ای، بر اساسِ آن، به بیست آمینو اسید ترجمه می‌شوند، و یک علامتِ نگارشی، که معنی‌اش این است که «از این جا شروع به خواندن کن» یا «در این جا خواندن را خاتمه بده»، در هر کجایِ قلمروِ حیات که بنگریم، یک فرهنگِ واژگانِ ۶۴واژه‌ایِ یکسان است (به جز یک یا دو موردِ استثناء که آن قدر جزئی است که خللی در تعمیمِ کلیِ ما ایجاد نمی‌کند). اگر یک

---

[1] Steinbeck

[2] Beetles

[3] Stephenson

[4] Edward Jenner

[5] Jonas Salk

[6] Marie Skłodowska Curie

[7] von Neumann

[8] Berners-Lee

میکروبِ نامعمول و عجیب-و-غریب، مثلاً با نامِ «هارومس‌کاریوت[1]»، کشف می‌شد که اصلاً از دی.ان.ای، در ساختارش، استفاده نمی‌کرد، یا از پروتئین استفاده نمی‌کرد، یا از پروتئین استفاده می‌کرد اما آن‌ها را، به کمکِ مجموعه آمینواسیدهایی به جز بیست آمینواسیدِ آشنا، در کنارِ هم می‌چید، یا از دی.ان.ای استفاده می‌کرد اما از کدی سه‌حرفی استفاده نمی‌کرد، یا از کدی سه‌حرفی استفاده می‌کرد اما حروفش را، از همان فرهنگِ واژگانِ ۶۴کلمه‌ایِ واحد، نمی‌گرفت، اگر حتی یکی از این شرایط برآورده می‌شد، ممکن بود بپذیریم که حیات دو آغاز داشته است: یک بار برایِ به وجود آوردنِ هارومس‌کاریوت و یک بار برایِ دیگر موجوداتِ زنده. بر اساسِ آن چه که داروین می‌دانسته است — در واقع، بر اساسِ آن چه که هر کسی ممکن بوده است پیش از کشفِ دی.ان.ای، بداند — این احتمال وجود دارد که بعضی از موجودات ویژگی‌هایی را که در موردِ هارومس‌کاریوت بر شمردم داشته باشند. در این صورت، عبارتِ «در چند قالبِ انگشت‌شمار» قابلِ توجیه است.

آیا ممکن است که حیات دو خاستگاهِ مستقل داشته باشد اما هر دو خاستگاه، سرانجام، به یک کدِ ۶۴واژه‌ایِ یکسان، رسیده باشند؟ این امر بسیار نامحتمل است. برایِ این که چنین چیزی ممکن شود، کدِ حاضر باید مزیت‌هایِ بسیار برتری نسبت به کدهایِ ممکنِ دیگر داشته باشد و مسیرِ شیب‌داری تدریجی، به سویِ آن، وجود داشته باشد؛ مسیری که لازم است انتخابِ طبیعی از آن صعود کند. هر دویِ این شرایط نامحتمل‌اند. فرانسیس کریک، همان اوایلِ <پژوهشش>، گفته بود که کدِ ژنتیکی «پیشامدی منجمدشده[2]» است که، پس از رخداد، تغییرِ آن مشکل یا ناممکن است. استدلالِ او جالب است. هر گونه جهش در خودِ کدِ ژنتیکی (در برابرِ جهش در ژن‌هایی که رمزنگاری می‌کند) تأثیری آنی و فاجعه‌بار به بار خواهد آورد؛ آن هم نه تنها در یک نقطه، بلکه در

---

[1] harumscaryotes

این نام نامِ گونه‌ای فرضی است.

[2] frozen accident

کلِ ارگانیسم. اگر هر یک از ۶۴ واژهٔ این فرهنگِ واژگان تغییرِ معنا می‌داد، به گونه‌ای که منجر به تعیینِ آمینواسیدِ متفاوتی می‌شد، تقریباً تمامِ پروتئین‌هایِ بدن، به صورتِ آنی و، احتمالاً، در نقاطِ مختلفِ زنجیره، تغییر می‌کردند. بر خلافِ یک جهشِ معمولی که می‌تواند، مثلاً، اندکی پا را بلندتر کند، بال را کوچک‌تر کند، یا چشم را تیره‌تر کند، یک تغییر در کدِ ژنتیکی همه چیز را، به یک باره، در سراسرِ بدن، تغییر می‌دهد و چنین چیزی فاجعهٔ محض است. نظریه‌پردازانِ مختلف، در موردِ مسیرهایِ مختلفی که ممکن است فرگشتِ کدِ ژنتیکی در پیش بگیرد، نظریاتِ هوشمندانه‌ای را مطرح کرده‌اند؛ نظریاتی دربارهٔ نحوه‌هایِ — به نقلِ یکی از این نظریه‌پردازان — «آب شدنِ» این «پیشامدِ منجمدشده». با این که این نظریاتْ نظریاتِ جالبی هستند، به نظرِ من، به احتمالِ نزدیک به یقین، هر موجودِ زنده‌ای که کدِ ژنتیکی‌اش، تا کنون، بررسی شده است از نسلِ نیایی مشترک است. هر چه قدر هم که این برنامه‌هایِ سطحِ بالا، که اساسِ گونه‌هایِ حیاتیِ مختلف هستند، ظریف، پرجزئیات، و متفاوت از یک‌دیگر باشند، همگی، در اساس، یک «زبانِ ماشینِ» یکسان هستند.

بی‌تردید، نمی‌توان این احتمال را رد کرد که شاید زبان‌هایِ ماشینِ دیگری، در یک سری از موجوداتِ منقرض‌شده (چیزی شبیهِ هارومس‌کاریوتی که مثال زدم)، ظهور پیدا کرده باشند. و دکتر پُل دِیویس[1] به این نکتهٔ منطقی اشاره کرده است که ما آن قدرها هم دقیق نشده‌ایم که ببینیم آیا هارومس‌کاریوتی وجود دارد یا نه (البته، بدیهی است که او از واژهٔ «هارومس‌کاریوت» استفاده نمی‌کند). اصلاً شاید چنین موجوداتی وجود دارند که همچنان هم به انقراض نرسیده‌اند اما، در مکان‌هایِ به‌شدت محدود و غیرِ قابلِ نفوذی در این سیاره، زندگی می‌کنند. او به این نکته اقرار دارد که این امر آن قدرها هم محتمل نیست، اما می‌گوید که جست-و-جویِ دقیق در سیارهٔ خودمان بسیار ساده‌تر و ارزان‌تر از سفر به دیگر سیارات و کاوش در آن‌هاست (این استدلال چیزی شبیهِ داستانِ آن مردی است که به جایِ این که، در جایی که کلیدش را گم کرده بود، به دنبالِ آن بگردد، زیرِ نورِ تیرِ برق، به دنبالِ آن می‌گشت). اما بدم نمی‌آید که پیش‌بینی خود را نیز در این جا مطرح

[1] Paul Davies

کنم. پیش‌بینی‌ام این است که پرفسور دِیویس چیزی را، <با این مشخصات>، نخواهد یافت و تمامِ گونه‌هایِ حیاتیِ به‌جاماندهٔ رویِ این سیاره از زبانِ ماشینِ یکسانی استفاده می‌کنند و همگی از نسلِ نیایی واحد و مشترک هستند.

## «هم‌گام با گردشِ این کرهٔ خاکی، بر اساسِ قواعدِ ثابتِ گرانش»

ما انسان‌ها، مدت‌ها قبل از درکِ نحوهٔ عملکردِ چرخه‌هایی که زندگیِ ما را کنترل می‌کنند، از وجودِ آن‌ها آگاهی داشته‌ایم. واضح‌ترین چرخه چرخهٔ روز و شب است. اجرامی که در فضا معلق هستند یا، بر اساسِ قانونِ گرانش، گردِ دیگر اجسام می‌چرخند تمایلی طبیعی به گردش حولِ محورِ خود دارند. استثنائاتی وجود دارد، اما سیارهٔ ما جزءِ این استثنائات نیست. اکنون دورهٔ گردشِ آن بیست‌وچهار ساعت است (قبلاً سرعتِ گردشِ آن بیشتر بوده است) و آن را، با گذشتِ روز و آمدنِ شب، حس می‌کنیم.

از آن جا که ما بر رویِ جرمِ آسمانیِ نسبتاً عظیمی زندگی می‌کنیم، از دیدِ ما، گرانش نیرویی است که همه چیز را به مرکزِ خود — که جهتِ آن برایِ ما به سمتِ «پایین» تجربه می‌شود — می‌کشد. اما، همان گونه که نیوتن، برایِ نخستین بار، به این موضوع پی برد، گرانش اثری در-همه-جا-حاضر دارد که اجرامِ کلِ گیتی را، در مداری تقریباً دائمی، گردِ دیگر اجرام نگه می‌دارد. با گردشِ زمین در مدارِ خود به دورِ خورشید، ما این امر را، در قالبِ تغییرِ فصول، تجربه می‌کنیم.[۷] از آن جا که محورِ گردشِ سیارهٔ ما به دورِ خود، نسبت به محورِ گردشش به دورِ خورشید، زاویه‌دار است، در آن نیمه‌ای از سال که نیم‌کرهٔ محلِ زندگیِ ما به سمتِ خورشید قرار دارد، روزهایی بلندتر و شب‌هایی کوتاه‌تر را تجربه می‌کنیم و این شرایط در تابستان به اوجِ خود می‌رسد. و، طیِ نیمهٔ دیگرِ سال، دوره‌ای که اوجِ آن را «زمستان» می‌خوانیم، روزهایی کوتاه‌تر و شب‌هایی بلندتر را تجربه می‌کنیم. طیِ زمستانِ نیم‌کرهٔ محلِ زندگی‌مان، پرتوهایِ خورشید، آن زمان‌هایی هم که مجالِ رسیدن به ما پیدا می‌کنند، با زاویهٔ بازتری بر ما می‌تابند. پرتوِ زاویه‌دارِ خورشید در زمستان، در مقایسه با تابستان، به صورتِ پراکنده‌تری سطح را می‌پوشاند. آن قسمتی <از زمین> که فوتون‌هایِ کمتری را،

به ازاءِ سانتی‌مترِ مربع، دریافت می‌کند، سردتر خواهد بود. وقتی که هر برگِ سبز فوتونِ کمتری را دریافت کند، حجمِ فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد. روزهایِ کوتاه‌تر و شب‌هایِ بلندتر هم تأثیرِ مشابهی دارند. زمستان و تابستان، روز و شب، چرخه‌هایِ مختلفِ زندگیِ ما را اداره می‌کنند. درست همان طور که داروین گفته بود؛ و همان طور که *سفرِ پیدایش* هم، پیش از او، به این نکته اشاره کرده بود: «مادامی که جهان باقی است، زرع و حصاد، و سرما و گرما، و زمستان و تابستان، و روز و شب موقوف نخواهد شد».

گرانش[1] نیز واسطهٔ ایجادِ چرخه‌هایِ دیگری است که، با وجودِ این که خیلی مشهود نیستند، برایِ حیات ضروری‌اند. بر خلافِ دیگر سیارات که قمرهایِ مختلف و، معمولاً، نسبتاً کوچکی دارند، زمین تنها یک قمرِ[2] واحد اما بزرگ دارد که به آن «ماه» می‌گوییم. ماه آن قدر بزرگ هست که بتواند، به تنهایی، اثرِ گرانشیِ چشم‌گیری را اعمال کند. ما تأثیرِ آن را اصولاً در قالبِ جزر و مد مشاهده می‌کنیم، اما این اثر فقط به چرخه‌هایِ نسبتاً سریعِ جزر و مدِ[3] روزانه محدود نمی‌شود، بلکه چرخه‌هایِ ماهانهٔ کندترِ مه‌کِشند[4] و که‌کِشند[5] را نیز در بر می‌گیرد، که حاصلِ تعاملِ میانِ نیرویِ گرانشِ خورشید و ماه هستند و مداری یک‌ماهه دارند. این چرخه‌هایِ جزر–و–مدی، به ویژه، برایِ ارگانیسم‌هایِ دریازی[6] و ساحل‌زی[7] اهمیت دارد و برخی نیز این احتمالِ هر چند بعید را مطرح کرده‌اند که شاید خاطرهٔ بعضی از گونه‌ها از نیاکانِ دریازی‌شان، در قالبِ چرخه‌هایِ تولیدِ مثلیِ ماهانه، به جا مانده باشد. شاید چنین چیزی دور از ذهن باشد، اما پرسشِ کنجکاوی‌برانگیز این است

---

[1] gravity

[2] sattelite

[3] tidal

[4] spring tide

[5] neap tide

[6] marine

[7] coastal

که اگر ماه در مدارِ زمین قرار نداشت، حیات چه تفاوت‌هایی می‌کرد؟ این ایده نیز مطرح شده است — البته این ایده نیز، از دیدِ من، نامحتمل است — که حیات بدونِ وجودِ ماه ناممکن می‌بود.

اگر سیارهٔ ما حولِ محورِ خود نمی‌چرخید، چه می‌شد؟ اگر همیشه یک نیمهٔ آن به سمتِ خورشید بود — همان گونه که همیشه یک نیمهٔ ماه به سمتِ ماست — آن قسمتی که همیشه روز بود همچون جهنمی سوزان می‌بود و آن نیمه‌ای که همیشه شب بود، به طرزِ غیرِ قابلِ تحملی، سرد می‌بود. در این صورت، آیا ممکن بود که حیات در نقطهٔ مرزیِ میانِ آن دو یا، مثلاً، در اعماقِ زمین، نمو پیدا کند؟ بعید می‌دانم که حیات بتواند، در چنین شرایطِ خصمانه‌ای، پا بگیرد، اما اگر گردشِ زمین، به تدریج، متوقف شود، زمانِ زیادی برایِ سازگاری با آن وجود خواهد داشت و این امر نامحتمل نیست که دستِ کم چند باکتری از آن جان به در برند.

اگر زمین به گردِ خود می‌چرخید، اما محورش زاویه‌دار نبود، چطور؟ بعید می‌دانم که چنین چیزی مانعِ پا گرفتنِ حیات شود، اما چرخهٔ تابستان-زمستانی وجود نمی‌داشت. در این صورت، تابستان و زمستان، به جایِ این که تابعی از زمان باشد، تابعی از عرضِ جغرافیایی و ارتفاع می‌شد. موجوداتی که نزدیک به هر یک از دو قطب یا در ارتفاعات زندگی می‌کردند زمستانی دائمی را تجربه می‌کردند. دلیلی نمی‌بینیم که چنین چیزی مانعِ وقوعِ حیات شود، اما زندگی بدونِ فصولِ مختلف جذابیتِ کمتری می‌داشت. انگیزه‌ای برایِ مهاجرت وجود نمی‌داشت. دلیلی هم برایِ جفت‌گیری، برگ‌ریزان، یا شروعِ خوابِ زمستانی[1]، در زمانِ خاصی از سال، وجود نمی‌داشت.

اگر سیارهٔ ما اصلاً در مدارِ ستاره‌ای قرار نداشت، حیات کاملاً ناممکن می‌شد. در غیرِ این صورت، تنها راهی که پیشِ رو داشت این بود که شتابان، در خلأ حرکت کند: تاریک، با دمایی نزدیک به صفرِ مطلق، تنها، و دور از منبعی انرژی‌بخش که، در برابرِ سیلابِ ترمودینامیک، جریانِ نحیفِ حیات را، به صورتِ موقتی و محلی، به راه اندازد. این عبارتِ داروین، یعنی «هم‌گام با گردشِ

[1] hibernation

این کرهٔ خاکی، بر اساسِ قواعدِ ثابتِ گرانش»، چیزی فراتر از تعبیری شاعرانه برایِ بیانِ گذرِ بی‌امانِ زمان و گسترهٔ باورنکردنیِ آن است.

یک جرمِ آسمانی، برایِ حفظِ فاصله‌ای نسبتاً ثابت از یک منبعِ انرژی، تنها راهی که دارد قرار گرفتن در مدارِ یک ستاره است. در نزدیکیِ هر ستاره، که خورشیدِ ما نیز یک نمونه از آن است، منطقهٔ محدودی غوطه‌ور در گرما و نور وجود دارد که فرگشتِ حیات در آن ممکن است. در فضا، هر چه از یک ستاره دورتر می‌شویم، این منطقهٔ زیست‌پذیر، مطابقِ قانونِ مشهورِ مربعِ معکوس، به سرعت به تحلیل می‌رود. به دیگر سخن، نور و گرما، متناسب با افزایشِ فاصله، کاهش نمی‌یابد، بلکه، متناسب با مربعِ فاصله، کاهش می‌یابد. چراییِ این امر به روشنی پیداست. کره‌هایی هم‌مرکز، به مرکزیتِ یک ستاره، و با شعاع‌هایی فزاینده را در نظر بگیرید. انرژی‌ای که از ستاره متصاعد می‌شود، در مرکزِ هر کره قرار می‌گیرد و، به طورِ برابر، در هر سانتی‌مترِ مربع از سطحِ داخلیِ کره، «به اشتراک گذاشته می‌شود». مساحتِ کره، با مربعِ شعاعِ آن، نسبتِ مستقیم دارد.[vi] پس، اگر فاصلهٔ کرهٔ «آ»، از ستاره، دوبرابرِ فاصلهٔ کرهٔ «ب» از آن باشد، همان تعداد فوتون باید، بر سطحی چهاربرابر بزرگ‌تر، «به اشتراک گذاشته شود». به همین خاطر است که عطارد[1] و زهره[2]، که در منظومهٔ خورشیدیِ ما، کمترین فاصله را به مرکز دارند، همچون جهنم‌اند، اما دیگر سیارات، مانندِ نپتون[3] و اورانوس[4]، سرد و تاریک هستند، هر چند که همچنان به سردی و تاریکیِ ژرفایِ فضا نیستند.

دومین قانونِ ترمودینامیک می‌گوید که انرژی — با این که نمی‌تواند به وجود آید یا از بین برود — ممکن است، در انجامِ کارِ مفید کم‌توان‌تر شود و، در یک سیستمِ بسته[5]، این امر حتمی

---

[1] Mercury

[2] Venus

[3] Neptune

[4] Uranus

[5] closed system

است. وقتی که از افزایشِ «آنتروپی[1]» سخن می‌گوییم، منظور همین است. «کار[2]» به اموری همچون پمپاژِ آب به سمتِ بالا یا، معادلِ شیمیاییِ آن، استخراجِ کربن از دی‌اکسیدِ کربنِ موجود در جو و استفاده از آن در بافت‌هایِ گیاه اطلاق می‌شود. همان گونه که، در فصلِ ۱۲، به روشنی توضیح دادم، این دو کارِ شاق تنها در صورتی تحقق خواهند یافت که انرژی به سیستم تزریق شود؛ مثلاً در قالبِ انرژیِ الکتریکی برایِ به کار انداختنِ پمپِ آب یا در قالبِ انرژیِ خورشیدی به منظورِ پیش راندنِ سنتزِ قند و نشاسته در گیاهانِ سبز. وقتی که آب به بالایِ تپه پمپاژ شد، می‌تواند به سمتِ پایین جریان یابد و بخشی از انرژیِ جریانِ رو-به-پایینش می‌تواند، در به حرکت در آوردنِ یک چرخِ آبی، استفاده شود. آن چرخ نیز می‌تواند برق تولید کند و موتوری الکتریکی را، برایِ پمپاژِ دوبارهٔ بخشی از آن آب به سمتِ بالا به کار اندازد، اما تنها بخشی از آن! همیشه مقداری از انرژی تلف می‌شود، اما هیچ گاه از بین نمی‌رود. ساختِ ماشین‌های دائم‌کار غیرِ ممکن است (هر چه قدر هم مصرانه بر آن تأکید کنیم اغراق نکرده‌ایم).

در شیمیِ حیات، کربن طیِ واکنشِ شیمیاییِ «رو-به-بالا» و متکی-به-خورشیدِ گیاهان از جوّ گرفته می‌شود و این کربن امکانِ «سوختن» و آزادسازیِ بخشی از انرژی را دارد. ما این انرژی را، در معنایِ واقعی، در قالبِ ذغال‌سنگ، می‌سوزانیم. می‌توان آن را انرژیِ خورشیدیِ ذخیره‌شده تلقی کرد، چون این انرژی، از طریقِ «صفحه‌هایِ خورشیدیِ» گیاهانی که سال‌ها پیش در عصرِ کَربُنیفروس و دیگر اعصارِ گذشته مرده‌اند در ذغال‌سنگ‌ها ذخیره شده‌اند. این انرژی می‌تواند، به شیوه‌ای کنترل‌شده‌تر از سوزاندنِ واقعی، نیز آزاد شود. درونِ سلول‌هایِ زنده — چه سلول‌هایِ حیواناتی که گیاه می‌خورند، چه حیواناتی که حیواناتِ گیاه‌خوار، و دیگر حیوانات را می‌خورند — ترکیباتِ کربنیِ ساخته شده توسطِ خورشید «کُندسوز» می‌شوند. به جایِ این که شعله بکشند، انرژیِ خود را، در قالبِ جریانی آرام و سودمند، آزاد می‌کنند و، سپس، این انرژی، به شیوه‌ای کنترل‌شده،

[1] entropy

[2] work

برایِ پیش‌رانشِ واکنش‌هایِ شیمیاییِ «به-سمتِ-بالا»، استفاده می‌شود. ناگزیر، بخشی از این انرژی، در قالبِ گرما، تلف می‌شود. (هر چه قدر هم بگویم کم گفته‌ام، اگر چنین نبود، وجودِ ماشین‌هایی که حرکتی مانا دارند ممکن می‌شد).

تقریباً تمامِ انرژیِ موجود در گیتی، پیوسته، در حالِ تنزل از قالب‌هایی سودمند، که توانایی انجامِ کار دارند، به قالب‌هایی غیرِ سودمند است. رسیدن به یک تعادل و درهم‌آمیختگی همواره در حالِ رخ دادن است و این سیر تا زمانی ادامه می‌یابد که کلِ کیهان، در معنایِ واقعی، به «مرگِ گرما»یی[1] یک‌نواخت و بدونِ رخداد دچار می‌شود. اما، مادامی که گیتی در حالِ هبوط به مرگِ گرمایِ ناگزیرِ خود است، مقادیرِ اندکِ انرژی این مجال را دارند که سیستم‌هایِ محلیِ کوچک را، در جهتِ مخالف، به پیش برند. آبِ دریا به سمتِ آسمان می‌رود و به ابر تبدیل می‌شود. بعداً، آبِ حاصل از ابر بر فرازِ کوه‌ها می‌نشیند و آن آب از آن جا، در قالبِ جویبار و رود، به پایین سرازیر می‌شود، و در مسیرِ خود چرخ‌هایِ آبی یا <توربین‌هایِ> نیروگاه‌هایِ برق را به حرکت در می‌آورد. انرژیِ بالا بردنِ آب (و، در پیِ آن، به حرکت در آوردنِ توربین‌هایِ نیروگاه) را خورشید تأمین می‌کند. این امر به معنیِ نقضِ قانونِ دومِ ترمودینامیک نیست؛ چرا که انرژی، پیوسته، از جانبِ خورشید واردِ <چرخه> می‌شود. انرژیِ خورشید در برگ‌هایِ سبز نیز کارِ مشابهی را انجام می‌دهد: واکنش‌هایِ شیمیایی را، به صورتِ محلی، به منظورِ تولیدِ قند، نشاسته، سلولُز، و بافت‌هایِ گیاهی «از سربالایی بالا می‌برد». سرانجام، گیاهان می‌میرند یا خوراکِ حیوانات می‌شوند. انرژیِ خورشیدیِ محصور در برگ‌ها این فرصت را می‌یابد که، در قالبِ جویبارهایی باریک و متعدد، سرازیر شود و، طیِ زنجیرهٔ غذایی‌ای طولانی و پیچیده، به تجزیهٔ باکتریایی یا قارچیِ گیاهان یا حیواناتی منجر شود که باعثِ طولانی‌تر شدنِ این زنجیرهٔ غذایی می‌شوند. یا ممکن است بخشی از آن، نخست در قالبِ پوده و، سپس، در قالبِ ذغال‌سنگ، در زیرِ زمین «محبوس» شود. اما روندِ فراگیری که به مرگِ گرما منتهی می‌شود، به هیچ وجه، بازگشت‌پذیر نیست. در هر حلقه از زنجیرهٔ غذایی و طیِ سرازیر

[1] heat death

شدنِ هر «جویبارِ» انرژیِ در داخلِ هر سلول، بخشی از انرژی به جایگاهِ بیهودگی تنزل می‌یابد. ماشین‌هایِ مانا، در واقع . . . باشد، دیگر تکرار نمی‌کنم، اما دیگر بابتِ نقلِ یکی از گفته‌هایِ نابِ سرِ آرتور ادینگتون[1] در این باره، که دستِ کم در یکی دیگر از کتاب‌هایم نیز از آن استفاده کرده‌ام، عذرخواهی *نخواهم* کرد:

> اگر کسی به شما بگوید که نظریهٔ نورچشمی‌تان دربارهٔ گیتی با معادلاتِ ماکسول[2] در تناقض است، می‌توانید بگویید اصلاً گورِ پدرِ معادلاتِ ماکسول. اگر مشاهداتِ آزمایشگاهی آن را نقض کرد، می‌توانید بگویید که حتماً آزمایش‌گران ناشی‌بازی در آورده‌اند. اما اگر یک وقت نظریه‌تان خلافِ قانونِ دومِ ترمودینامیک از آب در آمد، اصلاً من مرده شما زنده، هیچ عاقبتی جز سقوط در چاهِ ویل تحقیر در انتظارتان نخواهد بود.

وقتی آفرینش‌باوران — همان طور که خیلی وقت‌ها چنین ادعایی را مطرح می‌کنند — می‌گویند که فرگشت با قانونِ دومِ ترمودینامیک در تناقض است، معنیِ حرف‌شان این است که اصلاً قانونِ دومِ ترمودینامیک را نفهمیده‌اند (این که فرگشت را نفهمیده‌اند هم، که از همان اول، می‌دانستیم). به خاطرِ خورشید است که تناقضی وجود ندارد!

کلِ سیستم — چه منظورمان حیات باشد چه بالا رفتنِ آب و تبدیلِ آن به ابر و ریزشِ دوبارهٔ آن — سرانجام متکی بر جریانِ پیوستهٔ انرژیِ خورشیدی است. انرژیِ حاصل از خورشید، بدونِ اندکی تخطی از قوانینِ فیزیک، شیمی، و، مطمئناً، قانونِ دومِ ترمودینامیک، به حیات این قدرت را می‌دهد که قوانینِ فیزیک و شیمی را به نحوی به نفعِ خود به کار وا دارد که فرگشتِ شاهکارهایِ شگفتی‌آفرینی از پیچیدگی، گوناگونی، و زیبایی را ممکن سازد و این توهمِ اسرارآمیز را در ما به

---

[1] Arthur Eddington

[2] Maxwell

وجود آورد که این امور از لحاظِ آماری ناممکن‌اند و حتماً پایِ طرحی از-پیش-سنجیده‌شده در میان است. این توهم چنان واقعی به نظر می‌رسد که حتی بزرگ‌ترین اندیشمندانِ اعصار نیز، پیش از ظهورِ چارلز داروین، به آن دچار شده بودند. انتخابِ طبیعی همچون «پمپ» نامحتمل‌ها است؛ فرآیندی که امری از لحاظِ آماری نامحتمل را واقعیت می‌بخشد. به صورتِ نظام‌مند، آن تغییراتِ تصادفی را که در اقلیت‌اند اما برایِ بقا ضروری، انتخاب می‌کند، آن‌ها را رویِ هم انباشت می‌کند و، طیِ مقیاس‌هایِ زمانیِ غیرِ قابلِ تصور، گام‌هایی ریز به جلو بر می‌دارد تا جایی که فرگشت، سرانجام، به قله‌هایِ نامحتمل و گوناگونی صعود می‌کند، گویی که بلندا و گسترهٔ آن حد و مرزی نمی‌شناسد. من این قلهٔ استعاری را «قلهٔ نامحتمل[1]» خوانده‌ام. پمپِ نامحتمل‌هایِ انتخابِ طبیعی پیچیدگیِ موجوداتِ زنده را به بلندایِ «قلهٔ نامحتمل» می‌رساند. معادلِ آماریِ انرژیِ خورشید است که آب را تا فرازِ کوه‌هایِ معمول بالا می‌برد.[vii] حیات به سمتِ پیچیدگی‌هایِ بیشتر فرگشت می‌یابد؛ تنها به این خاطر که انتخابِ طبیعی آن را، از آن جایی که از لحاظِ آماری ممکن است، دور می‌کند و به سمتِ امرِ نامحتمل پیش می‌برد. و این نیست جز به لطفِ انرژیِ دائمیِ خورشید.

## «چنین آغازِ ساده‌ای»

ما چیزهایِ زیادی را دربارهٔ نحوهٔ عملکردِ فرگشت، از زمانِ آغازش تا کنون، می‌دانیم؛ بسیار بیشتر از آن چه که داروین از آن آگاهی داشت. اما دربارهٔ نحوهٔ آغازِ آن تنها اندکی بیش از داروین می‌دانیم. این کتاب بر مبنایِ شواهد استوار شده است و ما شواهدی را، مبنی بر آن رخدادِ لحظه‌ای، که آغازِ فرگشت را بر این سیاره رقم زده است، در اختیار نداریم. ممکن است آن رخدادْ رخدادی به غایت نادر بوده باشد. تنها کافی بوده است که یک بار رخ دهد و، تا آن جا که می‌دانیم، یک بار هم بیشتر رخ نداده است. حتی ممکن است که، در کلِ گیتی نیز، فقط یک بار رخ داده باشد، اما تردید دارم

[1] Mount Improbable

که چنین باشد. چیزی که بر مبنایِ منطقِ صِرف — و نه بر مبنایِ شواهد — می‌توانیم بگوییم این است که این حرفِ داروین، که گفته است از «چنین آغازِ ساده‌ای»، حرفِ معقولانه‌ای بوده است. اگر ساده نمی‌بود، از لحاظِ آماری نامحتمل می‌بود. اموری که، از لحاظِ آماری، نامحتمل‌اند ناگهانی به وقوع نمی‌پیوندند. اصلاً «از لحاظِ آماری نامحتمل[1]» یعنی همین. آغاز باید ساده می‌بوده باشد و فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعی تنها فرآیندِ شناخته‌شده‌ای است که می‌تواند، از آغازی ساده، نتایجی پیچیده را حاصل کند.

داروین، در کتابِ *خاستگاهِ گونه‌ها*، در موردِ نحوهٔ آغازِ فرگشت، بحثی به میان نیاورده است. او باور داشت که این مسئله فراتر از دانشِ زمانه‌اش است. در ادامهٔ نامه‌اش به هوکر، که قبلاً هم از آن نقلِ قول کردم، می‌نویسد: «بیهوده است که امروزه بخواهیم در موردِ خاستگاهِ حیات بیاندیشیم. درست مانندِ این است که بخواهیم دربارهٔ خاستگاهِ ماده گمانه‌زنی کنیم». او امکانِ حلِ این مسئله را، در آینده، انکار نکرده بود (در واقع، مسئلهٔ خاستگاهِ ماده، تا حدِ زیادی، حل شده است) اما حدسش این بود که این کار، در آینده‌ای دور، ممکن باشد. «مدت‌ها زمان می‌برد تا دوباره ببینیم که «لجن، پروتوپلاسم، یا چیزی شبیهِ آن» حیوانِ جدیدی را تولید کند».

فرانسیس داروین، در این بخش از مجموعه نامه‌هایِ پدرش، این پانویس را اضافه می‌کند:

> پدرم، در همین باره، در سالِ ۱۸۷۱، نوشته بود: «معمولاً گفته می‌شود که شرایطی که برایِ به وجود آمدنِ اولین ارگانیسمِ زنده لازم بوده است اکنون مهیاست و همیشه هم می‌توانسته مهیا باشد. اما اگر (و این «اگر» خیلی مهم است) اکنون بتوانیم تصور کنیم که، در حوضچه‌ای گرم و کوچک که همه جور آمونیاک[2] و نمک فسفری[3]، نور، گرما، الکتریسیته، و غیره در آن وجود دارد، ترکیبی پروتئینی، به صورتِ شیمیایی، به

---

[1] statistically improbable

[2] ammonia

[3] phosphoric salt

وجود بیاید که آمادگیِ تغییراتِ پیچیده‌تری را داشته باشد، در این زمانه، چنین ماده‌ای فوراً خورده یا جذب می‌شود. اما، پیش از به وجود آمدنِ موجوداتِ زنده، چنین رخدادی ممکن نبوده است.»

چارلز داروین، در این جا، دارد به دو نکتهٔ تقریباً متفاوت اشاره می‌کند. نخست این که یگانه حدسِ خود را دربارهٔ نحوهٔ آغازِ حیات بیان می‌کند (بندِ معروفی که در موردِ «حوضچهٔ گرم و کوچک» است). نکتهٔ دیگر این که نشان می‌دهد که نباید امید داشت که، با تکیه بر دانشِ زمانه‌اش بشود چنین چیزی را، جلویِ چشمانِ خود، مشاهده کرد. حتی اگر «شرایطی که برایِ به وجود آمدنِ اولین ارگانیسمِ زنده لازم بوده است» هنوز هم مهیا باشد، چنین محصولِ تازه‌ای «فوراً خورده یا جذب می‌شود» (امروزه، دلایلِ کافی در اختیار داریم که اضافه کنیم «احتمالاً توسطِ باکتری‌ها» خورده می‌شود)، «اما، پیش از به وجود آمدنِ موجوداتِ زنده، چنین رخدادی ممکن نبوده است».

داروین این مطلب را هفت سال پس از آن نوشته بود که لویی پاستور[1]، در یکی از درس‌گفتارهایش، در دانشگاهِ سوربُن[2]، گفته بود: «ایدهٔ خلق‌الساعه[3] هیچ گاه، از این ضربهٔ مهلکی که این آزمایشِ ساده به آن زده است، جان به در نخواهد برد». این آزمایشِ ساده همان آزمایشی بود که پاستور در آن نشان داد، بر خلافِ باورِ عامه در آن زمان، آب‌گوشتی که به خوبی از از میکروارگانیسم‌ها محفوظ نگه داشته شده است خراب نمی‌شود.

گاه آفرینش‌باوران به آزمایش‌هایی همچون آزمایشِ پاستور، به عنوانِ مدرکی به نفعِ خود، اشاره می‌کنند. این مغالطه بدین شرح است: «خلق‌الساعه، به هیچ وجه، در شرایطِ امروزی مشاهده نشده و نمی‌شود. از این رو، ممکن است که حیات خاستگاهی داشته باشد». حرفی که داروین، در

---

[1] Louis Pasteur

[2] Sorbonne

[3] spontaneous generation

سالِ ۱۸۷۱، زده بود دقیقاً برایِ پاسخ به چنین ادعاهایِ خلافِ منطقی طراحی شده بود. بی شک، به وجود آمدنِ ناگهانیِ حیات امری شدیداً نادر است، اما حتماً یک بار رخ داده است و این امر، به هر حال، صادق است؛ چه باور داشته باشید که خاستگاهِ حیات طبیعی بوده است و چه باور داشته باشید که خاستگاهِ آن ماوراءالطبیعی بوده است. این موضوع، که پیدایشِ حیات چه قدر امرِ نادری است، موضوعِ جالبی است و، در ادامه، به آن خواهم پرداخت.

اُپارین[1] از روسیه و، به طورِ مستقل، هالدِین از انگلیس اولین کسانی بودند که، به طورِ جدی، تلاش کردند چگونگیِ پیدایشِ حیات را بررسی کنند. نقطهٔ آغازِ هر دو ردٍّ این فرضیه بود که شرایط برایِ پیدایشِ حیات همچنان برقرار است. اُپارین و هالدِین عنوان کرده بودند که جوّ، در آغازِ <پیدایشِ حیات>، با چیزی که امروزه وجود دارد تفاوتِ اساسی داشته است. به ویژه، اکسیژنِ آزادی در آن وجود نداشته است و، بنا به تعبیرِ رازآلودِ شیمی‌دان‌ها، جوّ «کاهنده»[2] بوده است. اکنون می‌دانیم که تمامِ اکسیژن‌هایِ آزادِ جوّ حاصلِ حیات، به ویژه حیاتِ گیاهان، است. بدیهی است که اکسیژنِ آزاد، در محیطِ پیش از تشکیلِ حیات، وجود نداشته است. اکسیژن، در قامتِ یک آلاینده یا حتی نوعی سم، جوّ را در بر گرفت تا این که انتخابِ طبیعی موجوداتِ زنده را به گونه‌ای شکل داد که به کمکِ آن رشد و نمو کنند و، در واقع، بدونِ آن خفه شوند. جوِّ کاهنده الهام‌بخشِ مشهورترین حملهٔ آزمایشگاهی به مسئلهٔ خاستگاهِ حیات است. این آزمایش را استنلی میلر[3] طراحی کرده بود و بدین ترتیب بود که محفظه‌ای را از ترکیباتِ ساده پر کرد و، تنها پس از یک هفته جوشش و قرار گرفتن تحتِ تأثیرِ جرقه، آمینواسیدها و دیگر طلایه‌دارانِ حیات در آن به وجود آمدند.

امروزه معمولاً نظریهٔ «حوضچهٔ کوچک و گرم» داروین و آزمایشِ «دیگِ اکسیرِ» عجیبی را که میلر، تحتِ تأثیرِ دیدگاهِ داروین، درست کرده بود ، به عنوانِ مقدمه‌ای برایِ رسیدن به

---

[1] Oparin

[2] reducing atmosphere

[3] Stanley Miller

دیدگاه‌های جایگزینِ مطلوب، رد می‌کنند. حقیقت این است که چنان اتفاقِ نظری روی یک نظریه وجود ندارد. ایده‌های محتملِ مختلفی ارائه شده‌اند، اما شواهدِ قاطعی در تأییدِ انکارناپذیرِ هیچ یک از آن‌ها وجود ندارد. در کتاب‌های قبلی‌ام، به چند تا از این گزینه‌های جالب پرداخته‌ام. این گزینه‌ها شاملِ این مواردند: نظریهٔ بلورِ رُسِ غیرِ ارگانیک[1] گراهام کِرنز-اسمیت[2] و دیدگاهِ دیگری که اخیراً باب شده است و می‌گوید که شرایطی که حیات، برای نخستین بار، در آن به وجود آمد شبیه به زیست‌گاهِ پیشازیستیِ باکتری‌ها و آرکیاهای «گرمادوست» امروزی است — که برخی از آن‌ها در چشمه‌های گرمی که، در معنایِ واقعی، جوشان هستند رشد و نمو می‌کنند. امروزه، عمدهٔ زیست‌شناسان دارند به «نظریهٔ دنیایِ آر.ان.ای[3]» روی می‌آورند و، به نظرم، دلیلِ قانع‌کننده‌ای برایِ آن وجود دارد.

ما شواهدی نداریم که نشان دهد نخستین گامی که آغازِ حیات را رقم زده است چه بوده است، اما می‌دانیم که آن گام ***چه نوع*** رخدادی می‌بایست بوده باشد. این رخداد هر چه بوده است باید چیزی بوده باشد که باعثِ به جریان افتادنِ انتخابِ طبیعی شده باشد. پیش از آن نخستین گام، پیشرفت‌هایی که تنها از طریقِ انتخابِ طبیعی میسر می‌شوند ناممکن بوده‌اند. و این بدین معناست که آن گامِ کلیدی — طیِ فرآیندی که هنوز برای‌مان ناشناخته است — به وجود آمدنِ موجودی خودتکثیرکننده بوده است. خودتکثیری تولیدِ جمعیتی از موجودات است که، برایِ تکثیر شدن، با یک‌دیگر رقابت می‌کنند. از آن جا که هیچ فرآیندِ کپی‌برداری‌ای بی‌نقص نیست، ناگزیر گوناگونی‌هایی در جمعیتِ حاصل به وجود خواهد آمد و اگر، در جمعیتی از تکثیرشوندگان، گوناگونی وجود داشته باشد، آن‌هایی که از شرایطِ لازم برایِ موفقیت بهره‌منداند، غالب می‌شوند.

---

[1] inorganic clay crystal

[2] Graham Cairns-Smith

[3] RNA World theory

انتخابِ طبیعی همین است و آغازِ آن، پیش از به وجود آمدنِ اولین موجودِ خودتکثیرکننده، غیرِ ممکن بوده است.

داروین، در بندی که پیرامونِ «حوضچهٔ کوچک و گرم» است، حدس می‌زند که این رخدادِ کلیدی در پیدایشِ حیات چه بسا پیدایشِ ناگهانیِ یک پروتئین بوده است، اما این ایده، به اندازهٔ عمدهٔ نظراتِ داروین، محتمل نیست. این به معنیِ انکارِ اهمیتِ کلیدیِ پروتئین در حیات نیست. همان گونه که در فصلِ ۸ دیدیم، پروتئین‌ها این ویژگیِ خاص را دارند که می‌توانند خود را، در قالبِ اشکالی سه‌بعدی، گره بزنند. شکلِ دقیق‌شان را هم دنباله‌ای تک‌بعدی از اجزایِ سازنده‌شان، یعنی آمینواسید، تعیین می‌کند. همچنین، خواندیم که شکلِ دقیق‌شان این توانایی را به آن‌ها می‌دهد که واکنش‌هایِ شیمیایی را، با انحصاری بالا، کاتالیزه کنند و سرعتِ واکنش‌هایِ خاص را، حتی تا چند تریلیون برابر، افزایش دهند. انحصاری بودنِ آنزیم‌ها واکنش‌هایِ شیمیاییِ زیستی را ممکن می‌سازد. و، چنان که بر می‌آید، انعطافِ پروتئین‌ها، در اشکالِ مختلفی که می‌توانند به خود بگیرند، تقریباً نامحدود است. پس، این کار چیزی است که پروتئین‌ها در آن مهارت دارند. در واقع، در این کار مهارتِ بسیار بسیار بسیار خاصی دارند و داروین کاملاً حق داشته است که از آن‌ها نام ببرد. اما پروتئین‌ها در انجامِ یک کار، به طرزِ شگفت‌انگیزی، ناشی هستند و این همان چیزی است که داروین از آن غافل بوده است. آن‌ها به هیچ وجه توانایی تکثیر ندارند. آن‌ها نمی‌توانند خود را کپی کنند. این بدان معناست که گامِ کلیدی در پیدایشِ حیات نمی‌توانسته است پیدایشِ ناگهانیِ یک پروتئین بوده باشد. پس، عاملِ کلیدی چه چیزی می‌توانسته باشد؟

بهترین مولکولِ تکثیرکننده‌ای که می‌شناسیم دی.ان.ای است. در گونه‌هایِ پیچیدهٔ حیاتی که می‌شناسیم، دی.ان.ای و پروتئین، به شکلِ زیبایی، مکملِ یک‌دیگراند. مولکول‌هایِ پروتئین آنزیم‌هایِ خارق‌العاده‌ای هستند، اما اصلاً تکثیرکنندگانِ خوبی نیستند. دی.ان.ای دقیقاً برعکس است. توانایی گره خوردن، در قالبِ اشکالِ سه‌بعدی، را ندارد و، از این رو، به عنوانِ آنزیم عمل نمی‌کند. به جایِ گره خوردن، شکلِ باز و خطیِ خود را حفظ می‌کند و این امر آن را به ابزاری ایده‌آل برایِ تکثیر و تعیینِ ترتیبِ آمینواسیدها بدل می‌کند. مولکول‌هایِ پروتئین، دقیقاً به این دلیل

که خود را، در قالبِ شکل‌هایی «بسته»، گره می‌زنند، اطلاعاتِ مربوط به ترتیبِ خود را، به نحوی «در معرضِ دید» قرار نمی‌دهند که قابلِ کپی‌برداری یا «خواندن» باشد. اطلاعاتِ ترتیبی‌شان درونِ پروتئینِ درهم‌تنیده مدفون و غیرِ قابلِ دسترس است. اما اطلاعات ترتیبی درونِ دی.ان.ای آشکار است و آمادهٔ آن است که، به عنوانِ قالب، استفاده شود.

گرهٔ کور[1] پیدایشِ حیات این است: دی.ان.ای توانایی تکثیر دارد اما، برایِ این کار، به منظورِ کاتالیزه کردنِ این فرآیند، به آنزیم نیاز دارد. پروتئین می‌تواند آرایشِ دی.ان.ای را تعیین کند اما، برایِ تعیینِ درستِ توالیِ آمینواسیدها، به دی.ان.ای نیاز دارد. مولکول‌هایی که در اوایلِ عمرِ زمین وجود داشته‌اند چگونه توانسته‌اند از این کوره‌راه بگریزند و آغازِ انتخابِ طبیعی را رقم بزنند؟ آر.ان.ایِ وارد می‌شود.

آر.ان.ای به همان خانواده‌ای تعلق دارد که دی.ان.ای: پُلی‌نوکلئیتیدها[2]. آر.ان.ای می‌تواند همان چهار «حرفِ» کدشده‌ای را که دی.ان.ای دارد با خود حمل کند و، در واقع، در بدنِ موجوداتِ زنده نیز، همین کار را می‌کند: اطلاعاتِ ژنتیکی را از دی.ان.ای می‌گیرد و به جایی می‌برد که قابلِ استفاده باشد. دی.ان.ای به عنوانِ قالبی برایِ انباشتِ ترتیبِ کدِ آر.ان.ایِ عمل می‌کند. و آن گاه، ترتیبِ پروتئین‌ها، با استفاده از آر.ان.ای، تعیین می‌شوند، نه با استفاده از دی.ان.ای. بعضی از ویروس‌ها اصلاً دی.ان.ای ندارند. آر.ان.ای تنها مولکولِ ژنتیکیِ آن‌هاست و تنها وظیفه‌اش انتقالِ اطلاعاتِ ژنتیکی، از نسلی به نسلِ دیگر، است.

---

[1] Catch-22

این عبارت در واقع نامِ یک رمانِ هزل‌آمیز دربارهٔ جنگ است. فیلمی هم با همین نام از رویِ این کتاب ساخته شده است. Catch-22 یا گرهِ کور شرایطی است که برایِ رخ دادنِ آ به رخ دادنِ ب نیاز داشته باشیم ولی، در عینِ حال، رخدادِ ب نیز در گروِ رخدادِ آ باشد.

[2] polynucleotides

حال، زمانِ آن رسیده است که از نکتهٔ کلیدیِ «نظریهٔ دنیایِ آر.انِ.ای» پیرامونِ خاستگاهِ حیات پرده برداریم. آر.انِ.ای، علاوه بر توانایی گسترانیده شدن در قالبی که برایِ انتقالِ ترتیبِ اطلاعات مناسب باشد، همچون گردنبندهایِ مغناطیسی که در فصلِ ۸ از آن‌ها سخن گفتیم، از توانایی مونتاژِ خود در قالبِ اشکالی سه‌بعدی، که قابلیتِ آنزیمی نیز دارند، برخوردار می‌باشد. آنزیم‌هایِ آر.انِ.ای واقعاً وجود دارند. آن‌ها به کارآمدیِ آنزیم‌هایِ پروتئینی نیستند، اما واقعاً جواب می‌دهند. نظریهٔ دنیایِ آر.انِ.ای می‌گوید که آر.انِ.ای به اندازهٔ کافی کارآمد بوده است که سنگر را حفظ کند تا زمانی که فرگشتِ پروتئین به درجه‌ای برسد که بتواند نقشِ آنزیم را بر عهده بگیرد. و همچنین، آر.انِ.ای، به اندازهٔ کافی، تکثیرکنندهٔ خوبی بوده است که بتواند، تا فرگشتِ دی.ان.ای، نقشِ آن را، در حدِ بخور–و–نمیر، ایفا کند.

به نظرِ من، نظریهٔ دنیایِ آر.انِ.ای نظریهٔ محتملی است و فکر می‌کنم این امکان وجود دارد که شیمی‌دان‌ها، طیِ دهه‌هایِ آینده، بتوانند رخدادهایِ مهمی را که، چهار میلیارد سالِ پیش، آغازِ انتخابِ طبیعی را رقم زده‌اند، به طورِ کامل شبیه‌سازی کنند. در حالِ حاضر، گام‌هایِ خارق‌العاده‌ای در جهتِ درست، برداشته شده است.

اما، پیش از بستنِ این بحث، باید همان هشداری را که در کتاب‌هایِ قبلی‌ام داده‌ام تکرار کنم. ما، در واقع، به نظریهٔ محتملی دربارهٔ خاستگاهِ حیات نیاز نداریم و شاید حتی کشفِ نظریه‌ای خیلی محتمل اضطراب‌آور هم باشد! منشأِ این تناقضِ آشکار پرسشِ معروفی است که انریکو فِرمی[1] فیزیک‌دانْ مطرح کرده بود: «خوب پس بقیه کجا هستند؟» شاید این پرسش رازآلود به نظر برسد، اما همراهانِ فرمی، فیزیک‌دانانی که با او در آزمایشگاه لُس آلاموس[2] کار می‌کردند، آن قدر با او هم‌ساز بودند که دقیقاً منظورش را گرفتند. چرا موجوداتِ زنده، از دیگر نقاطِ گیتی، به سراغِ ما

[1] Enrico Fermi

[2] Los Alamos Laboratory

نیامده‌اند؟ حال که با ما رو-در-رو برخوردی نداشته‌اند، چرا دستِ کم هیچ سیگنالِ رادیویی (که احتمالش به مراتب بالاتر است) از آن‌ها به ما نرسیده است؟

اکنون می‌توانیم تخمین بزنیم که بیش از یک میلیارد سیاره در کهکشانِ ما وجود دارد. همچنین می‌توانیم تخمین بزنیم که حدودِ یک میلیارد کهکشان وجود دارد. این بدان معناست که، با وجودِ این که ممکن است سیارهٔ ما تنها سیارهٔ دارایِ حیات در این کهکشان باشد، برایِ درستیِ این حدس، احتمالِ رخدادِ حیات در یک سیاره نباید بیش از یک در میلیارد باشد. از این رو، نظریه‌ای که، برایِ پیدایشِ حیات بر رویِ این سیاره، به دنبالش هستیم اصلاً ***نباید*** نظریهٔ محتملی باشد! اگر چنین بود، حیات باید در این کهکشان رایج می‌بود. شاید رایج هم باشد و، در آن صورت، باید به دنبالِ نظریهٔ محتملی باشیم. اما مدرکی نداریم که نشان دهد خارج از سیارهٔ ما حیات وجود دارد و، دستِ کم، حق داریم که به نظریه‌ای نامحتمل راضی باشیم. اگر، به صورتِ جدی، به پرسشِ فِرمی بیاندیشیم و عدمِ برخورد <با بیگانگان> را، به عنوانِ مدرکی برایِ ندرتِ شدیدِ حیات در این کهکشان، تلقی کنیم، مطمئناً باید به این سمت متمایل شویم که نظریهٔ محتملی برایِ پیدایشِ حیات وجود ندارد. در کتابِ ***ساعت‌سازِ نابینا***، به طورِ کامل‌تری به بیانِ این استدلال پرداخته‌ام و دیگر، در این جا، به آن نمی‌پردازم. حدسِ من، که شاید بیانِ آن خالی از لطف نباشد (البته چندان لطفی هم ندارد؛ چرا که مجهولاتِ زیادی در این زمینه وجود دارد)، این است که با وجودِ ندرتِ شدیدِ حیات، تعدادِ سیارات آن قدر زیاد است — و همواره نیز سیاراتِ بیشتری کشف می‌شوند — که احتمالاً تنها نیستیم و شاید میلیون‌ها جزیرهٔ حیات در این گیتی وجود داشته باشد. با وجودِ این، ممکن است حتی این میلیون‌ها جزیره آن قدر از هم دور باشند که احتمالِ برخوردشان با هم، حتی از طریقِ رادیویی، تقریباً غیرِ ممکن باشد. متأسفانه، به دلیلِ محدودیت‌هایِ عملی، اصولاً تنها هستیم.

**«به شکل‌هایی بی‌شمار، بی‌اندازه شکیل، و بی‌اندازه حیرت‌انگیز فرگشت یافته است و همچنان نیز این سیر ادامه دارد»**

دقیقاً نمی‌دانم منظورِ داروین از «بی‌شمار» چه بوده است. شاید فقط صفتی عالی باشد که برایِ افزایشِ تأکیدِ عباراتِ «بی‌اندازه شکیل» و «بی‌اندازه حیرت‌انگیز» به کار رفته است. به نظرم، تا اندازه‌ای دلیلش همین بوده است. اما ترجیح می‌دهم چنین بیاندیشم که منظورِ داروین، از به کار بردنِ «بی‌شمار»، فراتر از این بوده باشد. هر چه به پیشینهٔ دورترِ حیات می‌نگریم، به نمودهایی از تازگی‌هایِ بی‌پایان و پیوسته در–حالِ–تجدید بر می‌خوریم. افراد می‌میرند؛ گونه‌ها، تیره‌ها، راسته‌ها، و حتی رده‌هایِ مختلف منقرض می‌شوند. اما فرآیندِ فرگشت دوباره بر رویِ پایِ خود استوار می‌شود و بالندگی را از سر می‌گیرد؛ بدونِ این که، پس از گذر از دوره‌ای به دوره‌ای دیگر، اندکی از سرزندگی و نیرویِ جوانی‌اش کاسته شده باشد.

بگذارید دوباره به مدل‌هایِ رایانه‌ایِ انتخابِ مصنوعی که، در فصلِ ۲، به آن‌ها اشاره کردم باز گردم؛ همان «پارکِ وحشِ» بیومورف‌هایِ رایانه‌ایِ شاملِ آرتومورف‌ها و کانکومورف‌ها، که نشان می‌دادند پوسته‌هایِ صدفی، از طریقِ فرگشت، به چه تنوع‌هایِ گسترده‌ای می‌توانند دست یابند. در آن فصل، این موجوداتِ رایانه‌ای را با این هدف نشان دادم که نحوهٔ کارِ انتخابِ مصنوعی را نشان دهم و، همچنین، خواستم نشان دهم که با گذرِ نسل‌هایِ کافی، چه قدر می‌تواند قدرتمند باشد. اکنون، برایِ هدفِ دیگری می‌خواهم از این مدل‌هایِ رایانه‌ای استفاده کنم.

وقتی که، خیره به نمایشگرِ رایانه، بیومورف‌ها را، چه رنگی و چه سیاه–و–سفید، به صورتِ انتخابی پرورش می‌دادم، چیزی که مرا متحیر می‌کرد این بود که این بازی هرگز خسته‌کننده نمی‌شود. گویی که، هر بار، یک حسِ تازگیِ بی‌پایان جانِ دوباره می‌گرفت. گویی که نه برنامه خسته می‌شد و نه بازیکن. این امر درست خلافِ برنامهٔ دارسی بود، که به اختصار، در فصلِ ۱۰، از آن سخن گفتم؛ همان برنامه‌ای که در آن، با روش‌هایِ ریاضی، «ژن‌ها» بر رویِ مختصّاتِ نوارِ کشی‌ایِ مَجازی، که حیوان بر رویِ آن کشیده شده بود، رسم می‌شدند. هنگامِ انتخابِ مصنوعی با برنامهٔ دارسی، با گذشتِ زمان، به نظر می‌رسد که بازیکن، از نقطهٔ مرجعی که منطقی محسوب می‌شد، فاصلهٔ بیشتر و بیشتری می‌گیرد و به «شهرِ هرت»ی از اشکالِ بدقواره و بدشکل می‌رسد که دیگر کمتر و کمتر با عقل جور در می‌آید. پیش از این، دلیلش را گفته بودم. در برنامه‌هایِ

بیومورف، آرتومورف، و کانکومورف، با معادلِ رایانه‌ایِ فرآیندِ رشدِ رویان سر-و-کار داریم؛ با سه فرآیندِ رشدِ رویان که، همگی، با تفاوت‌هایی که دارند، از لحاظِ زیست‌شناختی ممکن هستند. اما برنامهٔ دارسی به هیچ وجه فرآیندِ رشدِ رویان را شبیه‌سازی نمی‌کند. در عوض، همان گونه که در فصلِ ۱۰ توضیح دادم، این برنامه در اَشکالِ ممکنِ دست‌کاری در شکلِ یک فردِ بزرگسال و تبدیلِ آن به بزرگسالی دیگر تغییر ایجاد می‌کند. عدمِ وجودِ روندِ رشدِ رویان آن را از «باروریِ خلاقانه»ای که در بیومورف‌ها، آرتومورف‌ها، و کانکومورف‌ها دیده می‌شود محروم می‌کند. همین باروریِ خلاقانه در فرآیندهایِ رشدِ رویانِ زندگیِ واقعی نیز دیده می‌شود و این امر یکی از دلایلِ کوچکی است که نشان می‌دهد چرا فرگشت «شکل‌هایی بی‌شمار، بی‌اندازه شکیل، و بی‌اندازه حیرت‌انگیز» را به وجود می‌آورد. اما آیا می‌شود از این سطحِ کوچک هم فراتر رفت؟

در سالِ ۱۹۸۹، مقاله‌ای نوشتم با عنوانِ «فرگشتِ فرگشت‌پذیری[1]». در آن مقاله گفته بودم که، با گذرِ نسل‌هایِ متمادی، نه تنها حیوانات در بقا تبحّرِ بیشتری پیدا می‌کنند، بلکه در ***فرگشت*** نیز تبحّر می‌یابند. «تبحّر در فرگشت» به چه معناست؟ چه حیواناتی در فرگشت تبحّر دارند؟ به نظر می‌رسد که حشرات در خشکی و سخت‌پوستان در دریا — با اشغالِ کنام‌هایِ زیستیِ مختلف و رخت عوض کردن طیِ زمانِ فرگشتی — از قهرمانانِ چندگونگی و تبدیل به هزاران گونهٔ مختلف هستند. ماهیان نیز از لحاظِ فرگشتی تنوعی بسیار غنی دارند؛ همچنین قورباغه‌ها و همچنین پستان‌داران و پرندگان که آشناییِ بیشتری با آن‌ها داریم.

نکته‌ای که در مقاله‌ام، در سالِ ۱۹۸۹، بیان کردم، این بود که فرگشت‌پذیری ویژگیِ رشدِ رویان است. ژن‌ها به منظورِ ایجادِ تغییر در بدنِ حیوان تغییر می‌کنند، اما، برایِ رسیدن به این هدف، مجبوراند که از طریقِ فرآیندهایِ رشدِ رویانی عمل کنند. و بعضی از فرآیندهایِ رشدِ رویان دامنه‌هایِ مفیدتری از گوناگونی‌هایِ ژنتیکی را — برایِ این که انتخابِ طبیعی بعداً بر رویِ آن‌ها

[1] The evolution of evolvability

کار کند — ایجاد می‌کنند. از این رو، شاید این گونه‌ها مهارتِ بیشتری در فرگشت از خود نشان دهند. «شاید» واژهٔ بیش‌از‌حد ضعیفی است. آیا نسبتاً بدیهی نیست که بعضی از فرآیندهایِ رشدِ رویان ***باید***، از این منظر، بهتر از دیگران عمل کنند؟ به نظرِ من که همین طور است. این مورد به اندازهٔ موردِ قبل بدیهی نیست، اما می‌توان بحث کرد که شاید نوعِ برتری از انتخابِ طبیعی وجود داشته باشد که به نفعِ «رشدهایِ رویانیِ فرگشت‌پذیر» عمل کند. با گذرِ زمان، فرآیندهایِ رشدِ رویان فرگشت‌پذیریِ خود را بهبود می‌دهند. اگر «انتخابِ سطحِ بالاتری» از این نوع وجود داشته باشد، نحوهٔ کارش با انتخابِ طبیعیِ عادی — که افراد را بر اساسِ قابلیت‌شان برایِ انتقالِ موفقیت‌آمیزِ ژن به نسلِ بعد انتخاب می‌کند (یا، به بیانِ دیگر، ژن‌ها را بر اساسِ قابلیت‌شان در ساختنِ افرادِ موفق انتخاب می‌کند) — تفاوت خواهد داشت. انتخابِ سطحِ بالاتری که موجبِ بهبودِ فرگشت‌پذیری می‌شود باید از نوعی باشد که زیست‌شناسِ فرگشتیِ آمریکایی، جورج سی. ویلیامز[1]، از آن به عنوانِ «انتخابِ کلاد[2]» یاد کرده است. کلاد — همچون گونه، سرده، راسته، و رده — شاخه‌ای از درختِ حیات است. می‌توان گفت که انتخابِ کلاد زمانی رخ داده است که یک کلاد، مثلاً حشرات، نسبت به کلادِ دیگری چون پوگونوفورا[3] (نه، احتمالاً نامِ این کلادِ گمنام و شاملِ موجوداتِ کرم‌مانند را نشنیده‌اید و این امر دلیلی دارد: آن‌ها کلادی ناموفق‌اند!) به طرزِ موفقیت‌آمیزتری گسترش می‌یابد، چندگونه می‌شود، و جهان را فرا می‌گیرد. نباید چنین برداشت شود که انتخابِ کلاد به این معناست که کلادهایِ مختلف باید به رقابتِ با یک‌دیگر بپردازند. حشرات، برایِ تحصیلِ غذا، جا، یا دیگر منابع با پوگونوفورا، دستِ کم به صورتِ مستقیم، رقابت نمی‌کنند. اما جهان مملو از حشره است و تقریباً خالی از پوگونوفورا و ما، به درستی، تحریک می‌شویم که موفقیتِ حشرات را وابسته به بعضی از ویژگی‌هاشان بدانیم. حدسِ من این است که چیزی در رشدِ رویانیِ آن‌ها باعثِ فرگشت‌پذیریِ

---

[1] George C. Williams

[2] clade selection

[3] pogonophora

آن‌ها می‌شود. در یکی از فصل‌های کتاب ***صعود به قلهٔ نامحتمل***، به نام «رویان‌های کالیدوسکوپی[1]»، چند ویژگی را که احتمالاً باعث فرگشت‌پذیری می‌شوند بیان کردم. این ویژگی‌ها شاملِ محدودیت‌های ***تقارن*** و سازه‌های چندبخشی، از قبیلِ نقشهٔ بدنِ ***چندپاره***، می‌شدند.

شاید کلادِ بندپایان[viii]، تا اندازه‌ای، به دلیلِ سازهٔ چندپاره‌اش، ایجادِ تنوع در جهاتِ مختلف، چندگونگی، و پر کردنِ فرصت‌طلبانهٔ جایگاه‌هایی که در محیطِ زیستش خالی می‌شوند، مهارتِ بالایی در فرگشت داشته باشد. شاید دیگر کلادها، به دلیلِ محدودیتِ رشدِ رویانی‌شان به رشدِ آینه‌ای در صفحاتِ مختلف، به میزانِ یکسانی، موفق باشند.[ix] کلادهایی که می‌بینیم خشکی‌ها و دریاها را فرا گرفته‌اند کلادهایی هستند که در فرگشت تبحّر دارند. در انتخابِ کلاد، کلادهایِ ناموفق منقرض می‌شوند یا نمی‌توانند، به منظورِ مقابله با چالش‌هایِ مختلف، چندگونگی ایجاد کنند. از این رو، می‌پژمرند و می‌میرند. کلادهایِ موفق، همچون برگ‌هایی بر درختِ تبارزایشی (فلوژنتیک)[2] جوانه می‌زنند و بالنده می‌شوند. انتخابِ کلاد، به طرزِ فریبنده‌ای، شبیه به انتخابِ طبیعیِ داروین به نظر می‌رسد. اما باید بر حذر بود که در دامِ این شباهت نیافتیم. دستِ کم این شباهت باید ما را نسبت به نکاتی حساس کند. شباهتِ ظاهری می‌تواند، به طرزِ پویایی، گمراه‌کننده باشد.

همین صِرفِ وجودمان آن قدر حیرت‌آور است که پذیرشش بر دوش‌مان سنگینی می‌کند. این که بوم‌سازگانی غنی، متشکل از حیواناتی تقریباً مشابهِ خودمان، ما را احاطه کرده است؛ پذیرشش برایِ ما دشوار است که گیاهانی، هر چند با شباهتی کمتر به ما، در این بوم‌سازگان وجود دارد و غذایِ ما، در نهایت، به وجودِ آن‌ها بستگی دارد؛ این که باکتری‌هایی در آن زندگی می‌کنند که به نیاکانِ دورترمان شبیه‌اند و پس از پر شدنِ کاسهٔ عمر و تجزیه‌مان، بازگشتِ همهٔ ما به سویِ آن‌هاست. داروین، در درکِ عظمتِ معمّایِ وجودمان و، همچنین، در درکِ پاسخِ آن، بسیار از زمانهٔ خود جلو بود. همچنین، در درکِ وابستگیِ متقابلِ حیوانات و گیاهان و سایرِ موجودات به یک‌دیگر،

---

[1] Kaleidoscopic Embryos

[2] phylogenetic

طیِ روابطی که پیچیدگی‌شان در ذهن نمی‌گنجد، بسیار از زمانهٔ خود جلو بود. چگونه است که ما نه تنها وجود داریم، بلکه چنین پیچیدگی و ظرافتی و این چنین شکل‌هایِ «بی‌شمار، بی‌اندازه شکیل، و بی‌اندازه حیرت‌انگیز» ما را احاطه کرده‌اند؟

پاسخ این است. با توجه به این که ما قادر به درکِ وجودِ خود و طرحِ پرسش در موردِ آن هستیم، چیزی جز این هم ممکن نبوده است. همان گونه که کیهان‌شناسان نیز اشاره کرده‌اند، این که در آسمان‌مان ستاره می‌بینیم اتفاقی نیست. شاید گیتی‌هایی وجود داشته باشند که ستاره‌ای در آن‌ها وجود نداشته باشد؛ گیتی‌هایی باشند که قوانینِ فیزیکی و ثابت‌هایِ حاکم بر آن‌ها هیدروژن‌هایِ بدوی را، به طورِ یکسان، گسترانده باشد و آن‌ها را، در قالبِ ستاره، متمرکز نکرده باشد. اما هیچ کس قادر به دیدنِ آن گیتی‌ها نیست؛ چرا که فرگشتِ هیچ موجودِ آراسته به قوهٔ مشاهده، بدونِ وجودِ ستاره، ممکن نیست. فقط این مسئله مطرح نیست که حیات، برایِ تأمینِ انرژی، به دستِ کم یک ستاره نیاز دارد. افزون بر آن، ستاره‌ها همچون کوره‌هایی عمل می‌کنند که عمدهٔ عناصرِ شیمیایی، در آن‌ها به وجود می‌آید و حیات، بدونِ یک بنیانِ شیمیاییِ قوی، ممکن نیست. می‌شود تک تکِ قوانینِ فیزیک را بررسی کرد و همین حرف را دربارهٔ همه‌شان زد: این که می‌توانیم ببینیم تصادفی نیست . . .

این موضوع دربارهٔ زیست‌شناسی هم صدق می‌کند. این که به هر جا می‌نگریم سبز است اتفاقی نیست. این که می‌بینیم ما بر ترکه‌ای نحیف، از درختِ پرپشت و باطراوتِ حیات، نشسته‌ایم اتفاقی نیست؛ این که میلیون‌ها گونهٔ دیگر — که می‌خورند، رشد می‌کنند، می‌پوسند، شنا می‌کنند، راه می‌روند، پرواز می‌کنند، نقب می‌زنند، تعقیب می‌کنند، در پیِ دیگر حیوانات می‌دوند، فرار می‌کنند، از یک‌دیگر پیشی می‌گیرند، و سعی می‌کنند هوشمندانه‌تر از رقباشان عمل کنند — اطراف‌مان را احاطه کرده‌اند اتفاقی نیست. اگر تعدادِ گیاهانِ سبز— دستِ کم به نسبتِ ده به یک — از ما بیشتر نبود، انرژی‌ای باقی نمی‌مانْد که نیرویِ ما را تأمین کند. بدونِ نبردِ تسلیحاتیِ پیوسته-تشدیدشوندهٔ میانِ درنده و شکارشونده و میانِ انگل و میزبان؛ بدونِ «نبردِ طبیعت» و «قحطی و مرگ»ی که داروین به آن اشاره کرده است، هیچ دستگاهِ عصبی‌ای وجود نمی‌داشت که بتواند

چیزی را ببیند، چه رسد به آن که بتواند ارزشِ آن را بفهمد و آن را درک کند. اطرافِ ما را «شکل‌هایی بی‌شمار، بی‌اندازه شکیل، و بی‌اندازه حیرت‌انگیز» فرا گرفته است و این امر تصادفی نیست، بلکه پیامدِ مستقیمِ فرگشت از طریقِ یگانه گزینهٔ موجود، باشکوه‌ترین نمایشِ رویِ زمین، یعنی انتخابِ طبیعیِ غیرِ تصادفی، است.

---

[i] داروین گفته است که نظریهٔ انتخابِ طبیعی‌اش را از توماس مالتوس (Thomas Malthus) الهام گرفته است و احتمالاً این عبارت را نیز از این بندِ فاخرِ <مالتوس>، که دوستم مَت ریدلی (Matt Ridley) توجهِ من را به آن جلب کرد، اتخاذ کرده است: «چنان که بر می‌آید قحطیْ هولناک‌ترین ابزارِ طبیعت است. قدرتِ جمعیت به اندازه‌ای بر قدرتِ زمین، در تأمینِ نیازهایِ اساسیِ انسان، می‌چربد که مرگِ زودهنگامْ حتماً به طریقی گریبان‌گیرِ نسلِ بشر خواهد شد. پلیدی‌هایِ انسان با قوّت و قدرت در خدمتِ کاهشِ جمعیت است. این پلیدی‌ها طلایه‌دارانِ لشکرِ نابودی هستند و معمولاً خود این امرِ هولناک را به پایان می‌رسانند. اما اگر آن‌ها نتوانستند کار را یک‌سره کنند، امراض، بیماری‌هایِ همه‌گیر، امراضِ لاعلاج، و طاعون، صف اندر صف، به پیش می‌تازند و هزاران و ده‌ها هزاران نفر را از پای در می‌آورند. اگر این صفوف هم در کارِ خود ناکام ماندند، صفوفِ سهمگین و ناگزیرِ قحطی، که در عقبهٔ لشکر کمین کرده‌اند، با یک ضربهٔ کاری، جمعیتِ جهان را هم‌سطحِ غذایِ موجود در جهان می‌کنند.

[ii] کاش می‌توانستم این حرف را باور کنم.

[iii] ادیانِ مختلف، از دیر باز، «جان» را با «دَم» همانند پنداشته‌اند. واژهٔ «Spirit» از معادلِ «دَم» در زبانِ لاتین گرفته شده است. بر اساسِ سِفرِ پیدایش، خدا نخست آدم را خلق می‌کند و، سپس، با دمیدن در سوراخِ بینی‌اش، به او جان می‌دهد. معادلِ عبریِ «روح» نیز *ruah* یا *ruach* است (هم‌ریشهٔ واژهٔ عربیِ «*روح*») است که باز به معنایِ «دَم»، «باد»، و «الهام» است.

[iv] این اصطلاح را، فیلسوفِ فرانسوی، آنری برگسون (Henri Bergson)، در سالِ ۱۹۰۷، ابداع کرد. همیشه این نتیجه‌گیریِ طعنه‌آمیزِ جولیان هاکسلی را دوست داشته‌ام که گفته بود حتماً قطارها را نیز *élan locomotif* به پیش می‌راند.

[v] مانندِ حسِ خارشی که ما را وادار به خاراندنِ بدن‌مان می‌کند یا مانندِ زمانی که مدام دندانی را که درد می‌کند فشار می‌دهیم، دوباره به آن نظرسنجی، که در پیوست آمده است، اشاره می‌کنم. مطابقِ آن، ۱۹ درصدِ بریتانیایی‌ها نمی‌دانند «سال» یعنی چه و فکر می‌کنند که زمین، هر ماه یک بار، دورِ خورشید می‌چرخد. حتی از میانِ کسانی هم که معنیِ «سال» را می‌دانند، درصدی بالاتر درکی از عاملِ تغییرِ فصول ندارند و معمولاً دچارِ این «عرقِ نیم‌کرهٔ شمالی» شایع هستند و فکر می‌کنند که خورشید، در ماهِ ژوئن <نیمه‌هایِ خرداد>، کمترین فاصله را با ما دارد و، در دسامبر <اوایلِ آذر>، بیشترین فاصله را.

[vi] که «هر پسرِ مدرسه‌ای آن را از بر است» (و هر دخترِ مدرسه‌ای هم می‌تواند آن را، از طریقِ هندسهٔ اقلیدسی (Euclidean geometry)، ثابت کند).

[vii] این امر اتفاقی نیست که کلود شانون (Calude Shannon)، در تدوینِ مقیاسِ «اطلاعات»ش، که خود واحدی برایِ نشان دادنِ نامحتمل بودنِ آماری است، دقیقاً به همان فرمولِ ریاضی دست می‌یابد که لودویگ بولتسمان (Ludwig Boltzman)، یک قرنِ پیش، برایِ آنتروپی معرفی کرده بود.

[viii] شاملِ حشرات، سخت‌پوستان، عنکبوت‌ها، لب‌پایان، و غیره.

[ix] برایِ نمونه، یک جهش در پایِ یک هزارپا، آینه‌وار، در هر دو طرفِ بدنش و، احتمالاً در سراسرِ بدنش، تکرار می‌شود. با وجودِ این که این جهش یک جهشِ واحد است، فرآیندهایِ رشدِ رویانی آن را به تکرارِ چندباره، در سمتِ چپ و راست، وا می‌دارند. در نگاهِ نخست، شاید به نظر تناقض‌آمیز بیاید که یک محدودیت باعثِ افزایشِ تنوع و انعطافِ فرگشتیِ یک کلاد شود. اما دلیلِ

آن، در همان فصلِ «رویان‌هایِ کالیدوسکوپی» از کتابِ ***صعود به قلهٔ نامحتمل***، به طورِ کامل، توضیح داده شده است.

## پیوست: انکارکنندگانِ تاریخ

از سالِ ۱۹۸۲ تا کنون، شرکتِ گالوپ[1]، مشهورترین سازمانِ نظرسنجیِ آمریکا، در فاصله‌هایِ زمانیِ نامنظم اما متعدد، به نمونه‌برداری از افکارِ عمومیِ ملّی، پیرامونِ این پرسش، پرداخته است:

کدام یک از گزاره‌هایِ زیر، بیش از همه، با اعتقادِ شما دربارهٔ خاستگاه و تکوینِ انسان، هم‌خوانی دارد؟

۱. انسان‌ها، طیِ میلیون‌ها سال، از گونه‌هایِ حیاتیِ بدوی به وجود آمده‌اند، اما هدایتِ این فرایند با خداوند بوده است. (٪۳۶)

۲. انسان‌ها، طیِ میلیون‌ها سال، از گونه‌هایِ حیاتیِ بدوی به وجود آمده‌اند، اما خدا نقشی در این فرآیند نداشته است. (٪۱۴)

۳. خدا، طیِ ۱۰٬۰۰۰ سالِ گذشته، انسان‌ها را، تقریباً به همین شکلِ امروزی‌شان، به یکباره، آفرید. (٪۴۴)

درصدهایی که آورده‌ام متعلق به سالِ ۲۰۰۸ هستند. این مقادیر برایِ سال‌هایِ ۱۹۸۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴، ۲۰۰۶، و ۲۰۰۷ نیز در همین حدود است.

من جزءِ ۱۴ درصدی بودم که گزینهٔ ۲ را انتخاب کرده‌اند و البته تعجبی هم نمی‌کنم که جزءِ اقلیت هستیم. مایهٔ تأسف است که واژگانِ گزارهٔ ۲، «اما خدا نقشی در این فرآیند نداشته است»، به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که افرادِ مذهبی را، بی‌دلیل، به مخالفتِ با آن سوق دهد. چیزی که باید به خاطرش خون گریست درصدِ بالایِ کسانی است که به گزینهٔ ۳ رأی داده‌اند. چهل‌وچهار درصدِ آمریکایی‌ها فرگشت را — چه با این فرض که خدا آن را هدایت کرده باشد و چه با این فرض که

[1] Gallup

خدا آن را هدایت نکرده باشد — کاملاً رد می‌کنند و معنایِ ضمنیِ آن این است که باور دارند که قدمتِ کلِ جهان نهایتاً ۱۰٬۰۰۰ سال است. همان گونه که پیش‌تر هم گفته بودم — با توجه به این که قدمتِ واقعیِ جهان ۴/۶ میلیارد سال است — این حرف مانندِ این است که باور داشته باشیم عرضِ آمریکایِ شمالی کمتر از ۱۰ متر است. در هیچ یک از نُه سالِ نمونه‌برداری‌شده، درصدِ انتخاب‌کنندگانِ گزینهٔ ۳ از ٪۴۰ پایین‌تر نیامده است. در دو مورد، این مقدار به ٪۴۷ رسید. بیش از ٪۴۰ آمریکایی‌ها قبول ندارند که انسان حاصلِ فرگشتِ دیگر حیوانات است. آن‌ها بر این باورند که ما — و به طورِ ضمنی، سایرِ موجودات — را خدا طیِ ۱۰٬۰۰۰ سالِ گذشته آفریده است. پس، وجودِ این کتاب ضروری است.

تمرکزِ پرسشی که شرکتِ گالوپ مطرح کرده بود بر رویِ انسان بود و شاید گفته شود که این کار احتمالِ غلیانِ احساسات را بیشتر کرده و پذیرشِ دیدگاهِ علمی را سخت‌تر می‌کند. در سالِ ۲۰۰۸، مرکزِ تحقیقاتِ پیو نظرسنجیِ مشابهی را از آمریکایی‌ها به عمل آورد اما مشخصاً سخنی از انسان‌ها به میان نیاورد. نتایجِ آن کاملاً با نتایجِ شرکتِ گالوپ سازگار بود. گزینه‌هایِ پیشنهادی و درصدِ انتخاب‌شان بدین شرح است:

حیات بر رویِ زمین . . .

از ابتدایِ امر، وجود داشته است. ٪۴۲

با گذشتِ زمان فرگشت یافته است. ٪۴۸

در پیِ فرگشت از طریقِ انتخابِ طبیعی به وجود آمده است. ٪۲۶

در پیِ فرگشت، تحتِ هدایتِ وجودی برتر، رخ داده است. ٪۱۸

فرگشت یافته است، اما نمی‌دانم به چه شکل. ٪۴

نمی‌دانم به چه شکل به وجود آمده است. ٪۱۰

در پرسش‌های مرکزِ تحقیقاتِ پیو[1]، تاریخی ذکر نشده است. پس، نمی‌دانیم که چه تعداد از آن ۴۲ درصدی که کاملاً فرگشت را رد می‌کنند، همچنین، بر این باوراند که جهان کمتر از ۱۰،۰۰۰ سال قدمت دارد (مانندِ آن ۴۴ درصدی که در پاسخ به پرسشِ شرکتِ گالوپ چنین باوری دارند). به نظر محتمل می‌آید که آن ۴۲ درصدی که این گزینه را، در پاسخ به پرسشِ مرکزِ تحقیقاتِ پیو، انتخاب کرده‌اند نظرشان رویِ قدمتِ چند هزار سالهٔ جهان باشد، نه قدمتِ علمیِ ۴/۶ میلیارد سالهٔ آن. این که فکر کنیم حیات، در شکلِ کنونیِ خود و بدونِ هیچ تغییری، از ۴/۶ میلیارد سالِ پیش وجود داشته است، دستِ کم، به اندازهٔ این که فکر کنیم که، به مدتِ چند هزار سال و به شکلِ کنونیِ خود، وجود داشته است مضحک است و، همچنین، مخالفِ کتابِ مقدس.

این نتایج در بریتانیا به چه شکل است؟ چگونه می‌توانیم این دو کشور را مقایسه کنیم؟ در سالِ ۲۰۰۶، سریالِ مستندِ (نسبتاً) گرانِ بی‌بی‌سی، *هورایزن*[2] [i] (به معنیِ «افق»)، انجامِ یک نظرسنجی، بینِ مردمِ بریتانیا، را به ایپسوس موری[3] محول کرد. متأسفانه، پرسشِ کلیدی آن را بد تدوین کرده بودند. از مردم خواسته شده بود که یکی از سه «نظریه یا توجیه را، دربارهٔ خاستگاه و نحوهٔ تکوینِ حیات بر رویِ زمین» انتخاب کنند. درصدِ انتخابِ هر گزینه را، جلویِ آن ذکر کرده‌ام.

(آ) «نظریهٔ فرگشت» می‌گوید که انسان، طیِ بیش از میلیون‌ها سال، از گونه‌هایِ حیاتیِ به مراتب ساده‌تر به وجود آمده است. خدا هم نقشی در این فرآیند نداشته است. (۴۸٪)

(ب) «نظریهٔ آفرینش» می‌گوید که خدا انسان را، حدودِ ۱۰،۰۰۰ سالِ پیش، تقریباً به شکلِ کنونیِ خود، به یکباره، آفریده است. (۲۲٪)

---

[1] Pew

[2] Horizon

[3] Ipsos MORI

(پ) «نظریهٔ طراحیِ هوشمند» می‌گوید که بعضی ویژگی‌هایِ خاصِ موجوداتِ زنده را با توسل به وجودی ماوراء طبیعی، مثلاً خدا، می‌توان توجیه کرد. (٪۱۷)

(ت) نمی‌دانم. (٪۱۲)

متأسفانه، گزینه‌ها به نحوی هستند که بعضی افراد گزینه‌ای را برایِ بیانِ دیدگاه‌شان نمی‌یابند. آن‌ها جایی برایِ «(آ) اما خدا در این فرآیند نقش داشته است» در این گزینه باقی نگذاشته‌اند. با توجه به این که آن‌ها گزارهٔ «خدا در این عبارت نقشی نداشته است» را، در این گزینه، به کار برده‌اند، تعجبی ندارد که درصدِ آن به پایینیِ ٪۴۸ شده است. اما درصدِ انتخابِ گزینهٔ (ب)، به طرزِ هشداردهنده‌ای، بالاست، مخصوصاً با توجه به ذکرِ قدمتِ ۱۰،۰۰۰ سالهٔ <حیات>. و اگر درصدِ کسانی که گزینه‌هایِ (ب) و (پ) را انتخاب کرده‌اند با هم جمع بزنیم تا درصدِ کسانی را که طرفدارِ نوعی آفرینش‌باوری هستند به دست آوریم، درصدی برابر با ٪۳۹ به دست می‌آید. این درصد به بالاییِ مقدارِ به دست آمده برایِ آمریکا (بیش از ٪۴۰) نیست، مخصوصاً با توجه به این نکته که این درصد به آمریکایی‌هایِ آفرینش‌باوری اشاره دارد که معتقدند کرهٔ زمین جوان است، اما ٪۳۹ به دست آمده، مطابقِ نظرسنجیِ بریتانیایی، احتمالاً شاملِ آفرینش‌باورانِ معتقد به زمینِ کهن (گزینهٔ پ) نیز می‌شود.

در نظرسنجی‌ای که ایپسوس موری تدوین کرده بود، پرسشِ دیگری نیز پیرامونِ سطحِ تحصیلات، از بریتانیایی‌ها پرسیده شده بود. از پاسخ‌دهندگان پرسیده شده بود که آیا می‌توان هر یک از این سه نظریهٔ مطرح شده را در کلاس‌هایِ علوم تدریس کرد یا خیر. به طرزِ نگران‌کننده‌ای، تنها ٪۶۹ باور داشتند که فرگشت باید در کلاس‌هایِ علوم تدریس شود، چه در کنارِ دیگر نظریاتِ آفرینش‌باورانه یا طراحیِ هوشمند یا در غیابِ آن‌ها.

یوروبارومتر[1]، در سالِ ۲۰۰۵، نظرسنجیِ سخت‌کوشانه‌تری را انجام داد که شاملِ بریتانیا می‌شد اما آمریکا را شامل نمی‌شد. این نظرسنجی به نمونه‌برداری از باورها و نظراتِ مردم پیرامونِ مسائلِ علمی، در سی‌ودو کشورِ اروپایی (و، همچنین، ترکیه، که تنها کشورِ عمدتاً اسلامیِ راغب به عضویت در اتحادیهٔ اروپاست)پرداخته است. جدولِ شمارهٔ ۱ درصدِ افرادی را که، در کشورهایِ مختلف، به گزینهٔ «انسانی که امروزه می‌شناسیم حاصلِ تکاملِ گونه‌هایی از حیواناتِ بدوی است.» رأی داده‌اند نشان می‌دهد. به این نکته توجه داشته باشید که این گزاره میانه‌روانه‌تر از گزینهٔ (آ)، در نظرسنجیِ ایپسوس موری، است؛ چرا که این احتمال را رد نمی‌کند که خدا نقشی در فرآیندِ فرگشت داشته است. من این کشورها را، بر اساسِ درصدِ موافقت‌شان با این گزاره — یا درصدی که پاسخِ درست را، بر اساسِ علمِ امروز، انتخاب کرده‌اند — رتبه‌بندی کرده‌ایم. پس، ٪۸۵ پاسخ‌دهندگانِ ایسلندی، هم‌نظر با دانشمندان، باور دارند که انسان حاصلِ فرگشت از دیگر گونه‌هاست. درصدِ ناچیزی از جمعیتِ ترکیه، یعنی ٪۲۷، چنین باوری دارند. ترکیه تنها کشورِ ذکرشده در این جدول است که عمدهٔ پاسخ‌دهندگانش معتقدند که فرگشت نادرست است. بریتانیا مقامِ پنجم را در این جدول دارد و ٪۱۳ آن، فعالانه، فرگشت را انکار می‌کنند. در این نظرسنجیِ اروپایی، از ایالاتِ متحده نمونه‌برداری نشده بود، اما این حقیقتِ اسفناک که ایالاتِ متحده، در این امور، تنها اندکی از ترکیه جلوتر است اخیراً نظرِ عموم را به خود جلب کرده است.

عجیب‌تر نتایجِ نشان داده شده در جدولِ ۲ است که همین درصد را برایِ این گزینه، «انسان‌هایِ نخستین همزمان با دایناسورها می‌زیسته‌اند.»، نشان می‌دهد. در اینجا نیز، کشورها را بر اساسِ درصدِ پاسخِ درست‌شان — یعنی کسانی که این گزینه را غلط تلقی کرده‌اند — رتبه‌بندی کرده‌ام.[ii] باز هم ترکیه در تهِ جدول قرار می‌گیرد و ٪۴۲ پاسخ‌دهندگان‌شان باور دارند که انسان‌هایِ نخستین هم‌دورهٔ دایناسورها بوده‌اند و تنها ٪۳۰ حاضر به ردِ آن بوده‌اند، در حالی که ٪۸۷ سوئدی‌هایِ پاسخ‌دهنده پاسخِ درست را انتخاب کرده بودند. متأسفم که این را می‌گوییم، اما بریتانیا

[1] Eurobarometer

در نیمهٔ پایینِ جدول قرار دارد و، چنان که بر می‌آید، ٪۲۸ آن‌ها اطلاعاتِ علمی و تاریخیِ خود را نه از منابعِ آموزشی که از کارتونِ عصرِ حجر گرفته‌اند.

**جدولِ ۱: درصدِ پاسخ به گزینهٔ «انسانی که امروزه می‌شناسیم حاصلِ فرگشتِ گونه‌هایی از حیواناتِ بدوی است».**

| کشور | کلِ <پاسخ‌دهندگان> | درست (٪) | غلط (٪) | نمی‌دانم (٪) |
|---|---|---|---|---|
| ایسلند | ۵۰۰ | ۸۵ | ۷ | ۸ |
| دانمارک | ۱٬۰۱۳ | ۸۳ | ۱۳ | ۴ |
| سوئد | ۱٬۰۲۳ | ۸۲ | ۱۳ | ۵ |
| فرانسه | ۱٬۰۲۱ | ۸۰ | ۱۲ | ۸ |
| بریتانیا | ۱٬۳۰۷ | ۷۹ | ۱۳ | ۸ |
| بلژیک | ۱٬۰۲۴ | ۷۴ | ۲۱ | ۵ |
| نروژ | ۹۷۶ | ۷۴ | ۱۸ | ۸ |
| اسپانیا | ۱٬۰۳۶ | ۷۳ | ۱۶ | ۱۱ |
| آلمان | ۱٬۵۰۷ | ۶۹ | ۲۳ | ۸ |
| ایتالیا | ۱٬۰۰۶ | ۶۹ | ۲۰ | ۱۱ |
| لوکزامبورگ | ۵۱۸ | ۶۸ | ۲۳ | ۱۰ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| هلند | ۱،۰۰۵ | ۶۸ | ۲۳ | ۹ |
| ایرلند | ۱،۰۰۸ | ۶۷ | ۲۱ | ۱۲ |
| مجارستان | ۱،۰۰۰ | ۶۷ | ۲۱ | ۱۲ |
| اسلوونی | ۱،۰۶۰ | ۶۷ | ۲۵ | ۸ |
| فنلاند | ۱،۰۰۶ | ۶۶ | ۲۷ | ۷ |
| جمهوریِ چک | ۱،۰۳۷ | ۶۶ | ۲۷ | ۷ |
| پرتغال | ۱،۰۰۹ | ۶۴ | ۲۱ | ۱۵ |
| استونی | ۱،۰۰۰ | ۶۴ | ۱۹ | ۱۷ |
| مالت | ۵۰۰ | ۶۳ | ۲۵ | ۱۳ |
| سوئیس | ۱،۰۰۰ | ۶۲ | ۲۸ | ۱۰ |
| اسلواکی | ۱،۲۴۱ | ۶۰ | ۲۹ | ۱۲ |
| لهستان | ۹۹۹ | ۵۹ | ۲۷ | ۱۴ |
| کرواسی | ۱،۰۰۰ | ۵۸ | ۲۸ | ۱۵ |
| اتریش | ۱،۰۳۴ | ۵۷ | ۲۸ | ۱۵ |
| یونان | ۱،۰۰۰ | ۵۵ | ۳۲ | ۱۴ |
| رومانی | ۱،۰۰۵ | ۵۵ | ۲۵ | ۲۰ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| بلغارستان | ۱،۰۰۵ | ۵۰ | ۲۱ | ۲۹ |
| لتونی | ۱،۰۳۴ | ۴۹ | ۲۷ | ۲۴ |
| لیتوانی | ۱،۰۰۳ | ۴۹ | ۳۰ | ۲۱ |
| قبرس | ۵۰۴ | ۴۶ | ۳۶ | ۱۸ |
| ترکیه | ۱،۰۰۵ | ۲۷ | ۵۱ | ۲۲ |
| منبع: یوروبارومتر، ۲۰۰۵ | | | | |

به عنوانِ استادِ زیست‌شناسی، یکی از دیگر نتایجِ نظرسنجیِ یوروبارومتر، به طرزِ بیمارگونه‌ای، مرا تسلّی می‌دهد. این نتیجه نشان می‌دهد که درصدِ بالایی از افراد (٪۱۹ در بریتانیا) باور دارند که یک ماه طول می‌کشد که زمین دورِ خورشید بگردد. این درصد، در ایرلند، اتریش، اسپانیا، و دانمارک، بیش از ٪۲۰ است. برایم سؤال است که تصورِ آن‌ها از سال چیست؟ چه چیزی طولِ فصولِ مختلف را تعیین می‌کند؟ آیا حداقل ***کنجکاو*** نیستند که بدانند دلیلِ چنین اتفاقِ بارزی در دنیاشان چیست؟ بی‌تردید، چنین ارقامِ بالایی نباید واقعاً تسلّی‌دهنده باشد. تأکیدِ من بر عبارتِ «بیمارگونه» بود. منظورم این بود که چیزی که با آن مواجه‌ایم جهلی عمومی نسبت به علم است که خود به اندازهٔ کافی بد است. اما دستِ کم از تعصبِ مطلق ***ضدِّ*** یک علمِ خاص، مثلاً علمِ فرگشت، بهتر است و در ترکیه به نظر می‌رسد که چنین است (و شاید در کلِ جهانِ اسلام هم اوضاع از همین قرار باشد). همچنین، همان گونه که نظرسنجی‌هایِ گالوپ و پیو نشان می‌دهد، در ایالاتِ متحدهٔ آمریکا نیز همین معضل وجود دارد.

در اکتبرِ ۲۰۰۸، گروهی متشکل از حدودِ شصت معلمِ دبیرستانِ آمریکایی در مرکزِ آموزشِ علومِ دانشگاهِ اِموری[1]، در آتلانتا[2]، با هم دیدار کردند. برخی از داستان‌هایِ وحشتناکی که تعریف می‌کردند درخورِ توجهِ گسترده است. یکی از معلمان می‌گفت که وقتی به بچه‌ها گفته بود قرار است مبحثِ فرگشت را به آن‌ها درس دهد، «زده بودند زیرِ گریه». یکی از دیگر معلمان گفته بود که وقتی شروع به تدریسِ فرگشت کرده بود، بچه‌ها، مکرراً، فریادِ «نه» سر می‌داده‌اند. یکی دیگر می‌گفت که دانش‌آموزان گفته بودند که وقتی فرگشت «صرفاً یک نظریه است»، چه دلیلی دارد که آن را یاد بگیرند؟ یکی دیگر از معلمان نیز تعریف می‌کرد که «کلیسا سؤالاتِ خاصی را به دانش‌آموزان یاد می‌دهد که در کلاس بپرسند و کلاس را به هم بزنند». موزهٔ آفرینش در کنتاکی[3] نهادی است که حسابی پول در آن بریز-و-بپاش می‌شود و تنها هدفش هم انکارِ تاریخ، در چنین مقیاسِ گسترده‌ای، است. بچه‌ها در آن جا می‌توانند بر دایناسورهایِ زین‌شده سوار شوند و هدف از این کار صرفاً بازی و سرگرمی نیست. هدف رساندنِ این پیامِ آشکار و روشن است که دایناسورها در اعصارِ متأخرتر و در کنارِ انسان‌ها می‌زیسته‌اند. این موزه را سازمانِ *انسرز این جنسیس* (پاسخ در سفرِ پیدایش) اداره می‌کند که سازمانی معاف-از-مالیات است. پولِ مالیات‌دهندگان — در این مورد، مالیات‌دهندگانِ آمریکایی — صرفِ آموزشِ مطلبی از لحاظِ علمی نادرست و آموزشِ غلط، در مقیاسی بزرگ، می‌شود.

**جدولِ ۲: درصدِ پاسخ به گزینهٔ «نخستین انسان‌ها هم‌زمان با دایناسورها می‌زیسته‌اند».**

| کشور | کلِ <پاسخ‌دهندگان> | درست (٪) | غلط (٪) | نمی‌دانم (٪) |
|---|---|---|---|---|

[1] Center for Science Education of Emory University

[2] Atlanta

[3] the Creation Museum in Kentucky

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| سوئد | ۱،۰۲۳ | ۹ | ۸۷ | ۴ |
| آلمان | ۱،۵۰۷ | ۱۱ | ۸۰ | ۹ |
| دانمارک | ۱،۰۱۳ | ۱۴ | ۷۹ | ۶ |
| سوئیس | ۱،۰۰۰ | ۹ | ۷۹ | ۱۲ |
| نروژ | ۹۷۶ | ۱۳ | ۷۹ | ۷ |
| جمهوریِ چک | ۱،۰۳۷ | ۱۵ | ۷۸ | ۷ |
| لوکزامبورگ | ۵۱۸ | ۱۵ | ۷۷ | ۹ |
| هلند | ۱،۰۰۵ | ۱۴ | ۷۵ | ۱۰ |
| فنلاند | ۱،۰۰۶ | ۲۱ | ۷۳ | ۷ |
| ایسلند | ۵۰۰ | ۱۲ | ۷۲ | ۱۶ |
| اسلوونی | ۱،۰۶۰ | ۲۰ | ۷۱ | ۹ |
| بلژیک | ۱،۰۲۴ | ۲۴ | ۷۰ | ۶ |
| فرانسه | ۱،۰۲۱ | ۲۱ | ۷۰ | ۹ |
| اتریش | ۱،۰۳۴ | ۱۵ | ۶۹ | ۱۵ |
| مجارستان | ۱،۰۰۰ | ۱۸ | ۶۹ | ۱۳ |
| استونی | ۱،۰۰۰ | ۲۰ | ۶۶ | ۱۴ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| اسلواکی | ۱،۲۴۱ | ۱۸ | ۶۵ | ۱۸ |
| بریتانیا | ۱،۳۰۷ | ۲۸ | ۶۴ | ۸ |
| کرواسی | ۱،۰۰۰ | ۲۳ | ۶۰ | ۱۷ |
| لیتوانی | ۱،۰۰۳ | ۲۳ | ۵۸ | ۱۹ |
| اسپانیا | ۱،۰۳۶ | ۲۹ | ۵۶ | ۱۵ |
| ایرلند | ۱،۰۰۸ | ۲۷ | ۵۶ | ۱۷ |
| ایتالیا | ۱،۰۰۶ | ۳۲ | ۵۵ | ۱۳ |
| پرتغال | ۱،۰۰۹ | ۲۷ | ۵۳ | ۲۱ |
| لهستان | ۹۹۹ | ۳۳ | ۵۳ | ۱۴ |
| لتونی | ۱،۰۳۴ | ۲۷ | ۵۱ | ۲۱ |
| یونان | ۱،۰۰۰ | ۲۹ | ۵۰ | ۲۱ |
| مالت | ۵۰۰ | ۲۹ | ۴۸ | ۲۴ |
| بلغارستان | ۱،۰۰۸ | ۱۷ | ۴۵ | ۳۹ |
| رومانی | ۱،۰۰۵ | ۲۱ | ۴۲ | ۳۷ |
| قبرس | ۵۰۴ | ۳۲ | ۴۰ | ۲۸ |
| ترکیه | ۱،۰۰۵ | ۴۲ | ۳۰ | ۲۸ |

منبع: یوروبارومتر، ۲۰۰۵

چنین چیزهایی در کلِ ایالاتِ متحده رایج است اما — با این که از اقرار به آن بیزارم — در بریتانیا هم اوضاع دارد به همین سمت پیش می‌رود. در فوریهٔ ۲۰۰۶، *گاردین* گزارش کرده بود که «دانشجویانِ پزشکیِ مسلمان، در لندن، اعلامیه‌هایی را پخش کرده بودند که نظریاتِ داروین را غلط و مردود می‌شمرد. دانشجویانِ مسیحیِ مبلّغ نیز، به طرزِ فزاینده‌ای، دیدگاه‌هایِ ضدّ فرگشتی‌شان را علنی می‌کنند». اعلامیهٔ مسلمان را خیریهٔ النصر تراست[1]، که مؤسسه‌ای معاف-از-مالیات است، چاپ کرده بود.[iii] پس، پولِ مالیات‌دهندگانِ بریتانیایی نیز، به طوری نظام‌مند، صرفِ دروغ‌پراکنی در موردِ مسائلِ علمی، در مؤسساتِ آموزشیِ بریتانیا، می‌شود.

در سالِ ۲۰۰۶، *ایندیپندنت*[2] این مطلب را از پرفسور استیو جونز[3]، از دانشگاهِ کالجِ لندن[4]، نقل کرده بود:

> این امر یک تحولِ اجتماعیِ واقعی است. سال‌هاست که با همکارانِ آمریکایی‌ام — که مجبوراند چند درس‌گفتارِ اول‌شان را صرفِ پاک‌سازیِ آفرینش‌باوری از ذهنِ دانشجویان‌شان کنند — همدلی دارم. این مشکلی نیست که به تازگی، در بریتانیا، با آن روبرو شده‌ایم. از دانش‌آموزانِ مسلمان می‌شنوم که می‌گویند باید به آفرینش‌باوری اعتقاد داشته باشند چون جزئی از هویتِ اسلامی‌شان است. اما چیزی که بیشتر مرا به تعجب وا می‌دارد بچه‌هایِ بریتانیایی‌ای است که آفرینش‌باوری را

[1] Al-Nasr Trust

[2] The Independent

[3] Steve Jones

[4] University of College London

جایگزینِ قابلِ قبولِ فرگشت می‌دانند. این نوعی هشدار است. نشان می‌دهد که این ایده تا چه اندازه مُسری است.

سپس، نظرسنجی‌ها نشان می‌دهد که دستِ کم ۴۰٪ از آمریکایی‌ها آفرینش‌باوراند؛ آفرینش‌باورانی ضدِ فرگشت، دوآتشه و تمام‌عیار، و نه از آن قماش که بگویند «فرگشت درست است اما خدا هم یک کمک‌هایی به آن کرده است». (البته افرادِ زیادی هم، از گروهِ دوم، یافت می‌شوند.) این ارقام برایِ بریتانیا و عمدهٔ اروپا به این هولناکی نیست اما خیلی هم امیدوارکننده نیست. دلیلی ندارد که خیلی به خودمان امیدوار باشیم.

---

[i] شبیه به سریالِ مستندِ *نُوایِ* آمریکا که معمولاً برنامه‌هایی را که در *هورایزن* پخش شده‌اند بازپخش می‌کند یا به طورِ مشترک، با تیمِ *هورایزن*، برنامه می‌سازد.

[ii] به نظرم، اگر بخواهم ملانقطی عمل کنم، باید اعتراف کنم که جانورشناسانِ امروزی پرندگان را جزءِ بازماندگانِ دایناسورها دسته‌بندی می‌کنند. اگر بخواهیم سخت‌گیرانه به قضیه نگاه کنیم، پاسخِ درست گزینهٔ «درست» است و عمدهٔ ترک‌ها هم درست به آن پاسخ داده‌اند. اما، به نظرم، با اطمینانِ خاطر می‌توانیم فرض را بر این بگذاریم که وقتی از مردم دربارهٔ «دایناسورها» پرسیده می‌شود، پرندگان را در نظر نمی‌گیرند و تنها «سوسمارانِ وحشتناکِ» منقرض‌شده را به حساب می‌آورند که این نام را از آن‌ها داریم.

یادداشتِ ویراستار: Dinosaur ترکیبی است از دو واژهٔ یونانیِ deinos (وحشتناک) و sauros (سوسمار).

[iii] تقریباً هر نهادِ مذهبی‌ای می‌تواند به سادگی معاف-از-مالیات شود. نهادهایِ غیرِ مذهبی مجبوراند از هفت‌خانِ رستم رد شوند تا بتوانند ثابت کنند که برایِ بشریت سودمنداند. اخیراً، بنیادِ

خیریه‌ای را برایِ ترویجِ «خرد و دانش» (Reason and Sciencee) تأسیس کرده‌ام. طیِ مذاکراتی دنباله‌دار و بسیار هزینه‌بر، که البته سرانجام به گرفتنِ وضعیتِ قانونیِ خیریه منتهی شد، نامه‌ای را، به تاریخِ ۲۸ سپتامبرِ ۲۰۰۶، از کمیتهٔ خیریهٔ بریتانیا ( British Charity Commission) دریافت کردم که مطلبِ زیر در آن قید شده بود: «روشن نیست که توسعهٔ علم چگونه می‌تواند به بهبودِ روانی و اخلاقیِ جامعه کمک کند. لطفاً شواهدی را برایِ اثباتِ این امر ارائه نمایید و توضیح دهید که توسعهٔ علم با پیشبردِ انسان‌گرایی و خردگرایی چه ارتباطی می‌تواند داشته باشد». در عوض، فرض بر این است که نهادهایِ مذهبی به بشریت سود می‌رسانند و مجبور نیستند که آن را ثابت کنند، حتی اگر، چنان که بر می‌آید، فعالانه به اشاعهٔ دروغ در زمینهٔ علم بپردازند.

# نکاتِ بیشتر

## دیباچه

**p. vii آشنازدایی می‌کنند:**

*The Selfish Gene* (1976; 30th anniversary edn 2006) and *The Extended Phenotype* (rev. edn 1999).

***p. vii سه کتابِ بعدیِ من:***

*The Blind Watchmaker (1986), River Out of Eden (1995) and Climbing Mount Improbable (1996).*

***p. vii قطورترین کتابم:***

*The Ancestor's Tale (2004).*

## فصلِ ۱: صرفاً یک نظریه؟

**p. ۵** در سالِ ۲۰۰۴، با هم مقالهٔ مشترکی را در ***ساندیِ تایمز*** نوشتیم:

Education: questionable foundations', *Sunday Times*, ۲۰ June ۲۰۰۴.

**p. ۱۲ هر از گاهی از کسانی که با فرازمینی‌ها «در تماس هستند» نامه‌ای دریافت می‌کنم:**

Sagan (1996).

**p. ۱۳ «این احتمال وجود دارد که همهٔ ما همین پنج دقیقه پیش به وجود آمده باشیم»:**

Bertrand Russell, *Religion and Science* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 70.

**p. ١٤ «یک نمونهٔ مشهور از این آزمایش آزمایشی است که پرفسور دانیل جِی. سیمونز در دانشگاهِ ایلینوی انجام داد:**

Simons and Chabris (1999).

**p. ١٦ «از زمانِ به رسمیت شناخته شدنِ تستِ دی.ان.ای در دادگاه، تنها در ایالتِ تگزاس، سی و پنج نفر تبرئه شده‌اند:**

The Innocence Project, **http://www.innocenceproject.org**

**p. ١٦جورج دابلیو. بوش، طیِ شش سالِ فرمانداری‌اش، به طورِ متوسط، هر دو هفته یک بار یک مجوزِ اعدام امضاء می‌کرده است:** در مجموع ۱۵۲ نفر؛ رجوع شود به

'Bush's lethal legacy: more executions', *Independent*, 15 Aug. 2007.

**p. ١٧داروین در زندگی‌نامهٔ خودنوشتش می‌نویسد:**

Darwin (1887a), 83.

**p. ١٧مَت ریدلی گمان می‌برد:**

Matt Ridley, 'The natural order of things', *Spectator*, 7 Jan. 2009.

## فصلِ 2: سگ‌ها، گاوها، و کلم‌ها

**p. ٣٠والاسِ عزیزم»:**

Marchant (1916), 169–70.

**p. ٣١ پاورقی. شایعه‌ای ماندگار، اما غلط، وجود دارد:**

The matter of Darwin's alleged knowledge of Mendel's research is taken up in Sclater (2003).

**p. ٣٤البته پرزیدنت اوباما با شادمانی این لفظ را برایِ خود به کار برد:**

Puppies and economy fill winner's first day', *Guardian*, 8 Nov. 2008.

**p. ٣٥مسیرهایِ ژنتیکیِ دیگری وجود دارند که نژادهایی مینیاتوری را، با حفظِ نسبتِ اجزاءِ نسلِ اولیه، تولید می‌کنند:**

Fred Lanting, 'Pituitary dwarfism in the German Shepherd dog', *Dog World*, Dec. 1984, reproduced at http://www.fredlanting.org/٢٠٠٨/٠٧/pituitary-dwarfism-in-the-german-/shepherd-dog-part-١.

## فصلِ 3: راهِ پرعیش‌وعشرتِ منتهی به کلان‌فرگشت

**p. ٥٠«من خرطومِ گونه‌ای را، ...، به دقت اندازه گرفتم»:**

Wallace (1871).

**p. ۵۷ «شباهتِ *دوریپه* به صورتِ یک جنگ‌جویِ ژاپنیِ خشمگین»:**

Julian Huxley, ‘Evolution’s copycats’, *Life*, 30 June 1952; also in Huxley (1957) as ‘Life’s improbable likenesses.’

**p. ۵۸ حتی به وب‌سایتی برخوردم که در آن می‌توانستید رأی دهید:**

Samurai crab poll from http://www.pollsb.com/polls/view/۱۳۰۲۲/the-heike-crab-seems-to-have-a-samurai-face-on-its-back-what-s-the-explanation.

**p. ۵۸ همان گونه که یکی از شک‌گرایانِ معتبر اشاره کرده است:**

Martin (1993).

**p. ٦۵ «داروینِ عزیزم»:**

Marchant (1916), 170.

**p. ٦۷ برزشناسانِ ایستگاهِ آزمایشِ ایلینوی این آزمایش را تقریباً خیلی وقت پیش ... آغاز کردند:**

Dudley and Lambert (1992).

**p. ٦۷ هفده نسلِ موش ... که برایِ مقاومت نسبت به پوسیدگیِ دندان انتخابِ مصنوعی شده‌اند:**

Ridley (2004), 48.

**p. ۷٤ «مشتاق به تماس با انسان»:**

Trut (1999), 163.

**p. ۷۷ ارکیدهٔ عنکبوتی:** وب‌سایت‌هایی در این باره از این قرارند:

http://www.arhomeandgarden.org/plantoftheweek/articles/orchid_red_spider_۸-۲۹-۰۸.htm, http://www.orchidflowerhq.com/Brassiacare.php, http://www.absoluteastronomy.com/topics/Brassia, http://en.wikipedia.org/wiki/Brassia

.

**p. ۷۸ در فیلمی که از رویِ آن ضبط شده است، تحتِ عنوانِ «باغِ فرابنفش»:**

قابلِ دسترس، به صورتِ دی.وی.دی

Available on the DVD *Growing Up in the Universe* from richard-dawkins.net

**p. ۷۹ هر گونهٔ زنبور ترکیبِ معطرِ خاصی از بوهایِ گردآوری‌شده از منابعِ مختلف را تولید می‌کند:**

Eltz et al (2005).

**p. ۸۱دربارهٔ عادتِ تمیز کردن در جایِ دیگری سخن گفته‌ام:**

Dawkins (2006), 186–7.

## فصلِ 4: سکوت و زمانِ کند

**p. ۹۲ پاورقی. حیف که این نقلِ معروف:** در این باره که آیا مِندِلیف جدولِ تناوبی را در خواب دیده است، در این منابع، بحث شده است:

G. W. Baylor, 'What do we really know about Mendeleev's dream of the periodic table? A note on dreams of scientific problem solving', *Dreaming* 11: 2 (2001), 89–92.

**p. ۹۷یکی از جنبه‌هایِ مثبتِ سنگ‌هایِ آذرین این است که به‌یک‌باره جامد می‌شوند:** کریس استاسِن، در وب‌سایتِ فوق‌العاده‌ای به نامِ «Talk.Origins»، به شرحِ روشِ اصلاحِ پیچیده‌ای برایِ این روش، با نامِ «زمان‌سنجیِ هم‌دوره»، می‌پردازد:

www.talkorigins.org/faqs/isochron-dating.html.

**p. ۱۰۰چیزی که در ادامه می‌آید نقلِ‌قولی مستقیم از یکی از سایت‌هایِ پیشتاز در آفرینش‌باوری است:**

From http://homepage.ntlworld.com/malcolmbowden/creat.htm

**p. ۱۰۵این نوار به سه قسمت تقسیم شد:**

Shroud of Turin dating from Damon et al. (1989).

**p. ۱۰۷تازه، تا این‌جایِ کار، سخنی هم از دیگر روش‌هایِ زمان‌سنجی ... به میان نیاورده‌ام:** برایِ دیدنِ فهرستی کامل از این روش‌ها به این نشانی مراجعه کنید:

http://www.usd.edu/esci/age/current_scientific_clocks.html#

## فصلِ 5: درست جلویِ چشمانِ ما

**p. ۱۱۲ نمودارِ بالا اطلاعاتِ به‌دست‌آمده از ادارهٔ شکارِ اوگاندا را نشان می‌دهد:**

Brooks and Buss (1962).

p. ۱۱۳ در آن سال، آزمایش‌گرها پنج جفت ***پودارسیس سیکولارا*** از پود کوپیستی گرفتند و در پود مرِکارو رها کردند:

Research on the lizards of Pod Mrcaru from Herrel et al. (2008) and Herrel et al. (2004).

p. ۱۱۷ با باکتری‌ای به نامِ ***اِشیریکیا کولی*** همهٔ این کارها را انجام داده‌اند:

Lenski *E. coli* research from Lenski and Travisano (1994).

افزون بر آن، پژوهش‌هایِ گروهِ لِنسکی در این مجموعه گردآوری شده‌اند:

http://myxo.css.msu.edu/cgi-bin/lenski/prefman.pl?group=aad

**p. ۱۳۱ پی.زی. مایرز، که یک وبلاگ‌نویسِ علمیِ شوخ‌طبع است:**

http://scienceblogs.com/pharyngula/۲۰۰۸/۰۶/lenski_gives_conservapdia_a_le.php

**p. ۱۳۳ آزمایش‌هایی که جان اِندلر برایِ همسفرِ متعصبش نقل کرده بود:**

Guppies research from Endler (1980, 1983, 1986).

**p. ۱۳۸ یکی از کسانی که این کار را انجام داده است دیوید رِزنیک، از دانشگاهِ کالیفرنیا، در ریورساید، است:**

Reznick et al. (1997).

**p. ۱٤۰ بعضی جانورشناسان بر سرِ این موضوع بحث دارند که *لینگولا* را «فسیلِ زنده‌ای» کاملاً تغییرنیافته به شمار بیاورند: برایِ نمونه رجوع شود به:**

Christian C. Emig, 'Proof that *Lingula* (Brachiopoda) is not a living-fossil, and emended diagnoses of the Family Lingulidae', *Carnets de Géologie*, letter 2003/01.(۲۰۰۳)

## فصلِ ٦: حلقهٔ گم‌–شده؟ عبارتِ «گم‌–شده» یعنی چه؟

**p. ۱٤۳ عبارتِ «گم‌–شده» یعنی چه؟**

www.talkorigins.org/faqs/faq-transitional/part۲c.html#arti,
http://web.archive.org/web/۱۹۹۹۰۲۰۳۱۴۰۶۵۷/gly.fsu.edu/tour/article_۷.html

**p. ۱٤۷**«**در همان اولین ظهورشان، فرگشتِ پیچیده‌ای را پشتِ سر گذاشته‌اند**»:

Dawkins (۱۹۸۶), ۲۲۹.

**p. ۱۵۱**«**اگر انسان به واسطهٔ میمون‌ها از قورباغه‌ها، و به واسطهٔ قورباغه‌ها از ماهی، به وجود آمده است، پس چرا هیچ «قورمون»ی در فسیل‌ها یافت نمی‌شود؟**»:

Darwin's evolutionary theory is a tottering nonsense, built on too many suppositions', *Sydney Morning Herald*, ۷ May ۲۰۰۶.

**pp. ۱۵۱** در میانِ نظراتِ بسیار زیادی زیرِ مقاله‌ای در **ساندِی تایمز (لندن) ... نوشته شده بود:**

http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/education/article۴۴۴۸۴۲۰.ece

**p. ۱۵۳** ***یکی از این اجدادِ مشترک*** ائومایا (نخست‌مادر) نام دارد:

Ji et al. (۲۰۰۲).

**p. ۱٥٤** **Atlas of Creation** : عجیب است که که این کتابِ بدنام، که مایهٔ اتلافِ کاغذِ گلاسهٔ گران‌قیمت است، دستِ کم سه جلد دارد.

**p. ۱٥٤** **یک طعمهٔ ماهیِ قلاب‌دار را به عنوانِ بال‌مودار معرفی می‌کند:** این مورد را می‌توان به روشنی در این نشانی دید:

http://www.grahamowengallery.com/fishing/more-fly-tying.html

**p. ۱٦۳** **ما یک‌راست به موزه رفتیم:**

Smith (۱۹۵۶), ۴۱.

**p. ۱٦۸** ***تیکتالیک (Tiktaalik)!*** **نامی که هرگز نباید به فراموشی سپرد:**

http://www۹۰.homepage.villanova.edu/lowell.gustafson/anthropology/tiktaalik.html

**p. ۱۷۲** **پز *پزوسایرن* (فسیلِ «گاوِ دریاییِ راه‌رو»):**

Domning (2001):

**p. ۱۷۲** **خبرِ کشفِ تازهٔ جالبی:**

Natalia Rybczynski, Mary Dawson and Richard Tedford, 'A semi-aquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia', *Nature* ۴۵۸ (۲۰۰۹), pp. ۱۰۲۱–۴. You can see a short film of Natalia Rybczynski enthusiastically discussing the new fossil at http://nature.ca/pujila/ne_vid_e.cfm.

**p. ۱۷٤ اودونتوشِلی سِمیتِستاسیا *(لاک‌پشتِ دندان‌دارِ نیم‌لاک‌دار)*:**

Li et al. (۲۰۰۸).

**p. ۱۷۵ ستونِ «خبرها و دیدگاه‌ها» در موردِ اودونتوشِلی سِمیتستاسیا:**

Reisz and Head (۲۰۰۸).

**p. ۱۷۷** *پِروگانوکِلیس:*

Joyce and Gauthier (۲۰۰۴).

**p. ۱۷۹ در یکی دیگر از کتاب‌هایم از دی.اِن.اِی به عنوانِ «کتابِ ژنتیکیِ مردگان» یاد کردم:**

Dawkins (۱۹۹۸), ch. ۱۰.

## فصلِ ۷: افرادِ گم‌شده؟ دیگر گم‌شده نیستند

**p. ۱۸۵** *پیتِکانتروپوس* [انسانِ جاوه‌ای] انسان نبود:

Dubois (۱۹۳۵), also quoted in http://www.talkorigins.org/pdf/fossil-hominids.pdf

**p. ۱۸۵ اما تشکیلاتِ آفرینش‌باورِ انسرز این جنسیس این مقوله را هم به سیاههٔ استدلال‌هایِ ردشده اضافه کرده است:**

http://www.answersingenesis.org/home/area/faq/dont_use.asp

**p. ۱۸٦ انسانِ گرجستانی:**

http://www.talkorigins.org/faqs/homs/d۲۷۰۰.html

**p. ۱۸۷ ما از نوادگانِ شامپانزه‌ها نیستیم:**

http://www.talkorigins.org/faqs/homs/chimp.html

**p. ۱۸۹ نمونهٔ شاخصْ نخستین فردی است که از یک گونه کشف و نام‌گذاری می‌شود:** فهرستِ به-درد-بخوری را، از نمونه‌هایِ شاخصِ هومونید، در این صفحه می‌توان دید:

http://www.talkorigins.org/faqs/homs/typespec.html

**p. ۱۹۰ پاورقی. می‌توان به ضرسِ قاطع گفت که وی یکی از بزرگ‌ترین دانشمندانِ پس از داروین، در قرنِ بیستم، است:** رجوع شود به مجموعه مقالاتِ همیلتون، Hamilton (۱۹۹۶, ۲۰۰۱)، که حاویِ یادداشت‌هایِ عجیب-و-غریبِ خود هم هست. متنِ تکریمِ من در مراسمِ تشییعش نیز، در جلدِ دومِ این کتاب، آمده است.

**p. ۱۹۳ این نام‌هایِ مختلف:**

http://www.mos.org/evolution/fossils/browse.php

**p. ۱۹۸** «قرصِ اورژانسیِ ضدِ بارداری بهترین دوستِ کودک‌آزاران است»:

*Morning-after pill blocked by politics'*, Atlanta Journal-Constitution, ۲۴ June ۲۰۰۴.

## فصلِ ۸: خودتان این کار را ظرفِ نه ماه انجام دادید

**p. ۲۱۲ پاورقی.** هر چه زشت و بی‌مزه است:از Python (Monty) Pictures ، بابتِ اجازهٔ چاپِ این ترانه، تشکر می‌نماییم. با سپاس از تری جونز و اریک آیدل.

**p. ۲۱۸ ویدئوهایِ بسیار خیره‌کننده‌ای در یوتیوب یافت می‌شوند:** برایِ نمونه

http://www.youtube.com/watch?v=XH-groCeKbE

**pp. ۲۱۹ کِرِگ رِینولدز برنامه‌ای را شبیه به این برنامه کُدنویسی کرد (البته نه برایِ پروازِ سارها) و آن را «بویدز» نامید:**

http://www.red۳d.com/cwr/boids/

**p. ۲۲۹ گروهی از دانشمندان در دانشگاهِ کالیفرنیا در برکلی، از آن پرده برداشتند. این گروه با جورج اوستِر، که یک زیست‌شناسِ ریاضیاتیِ خبره بود، همکاری داشت:**

Odell et al. (۱۹۸۰).

**p. ۲۳۳ امبریولوژیستِ برندهٔ جایزهٔ نوبل، روجِر اِسپِری، یکی از اولین و شاخص‌ترین آزمایش‌ها را انجام داد:**

Meyer (۱۹۹۸)

**p. ۲۴۳ کلِ شجره‌نامهٔ تمامِ ۵۵۸ سلولِ لاروِ تازه-از-تخم-بیرون-آمدهٔ یک کرمِ نماتُد:**

*C. elegans* cell family tree from www.wormatlas.org/userguides.html/lineage.htm.

کلِ تارنمایِ wormatlas.orgگنجینهٔ ارزشمندی از اطلاعات دربارهٔ این موجوداتِ ریز است. همچنین، سه سخنرانیِ سیدنی برنر (۲۰۰۳)، روبرت هورویتز (۲۰۰۳)، و جان سالستنس (۲۰۰۳) را، که هنگامِ دریافتِ جایزهٔ نوبل، دربارهٔ سی. الگانس، ایراد شده‌اند، قویاً پیشنهاد می‌کنم. این نطق‌ها از طریقِ این لینک نیز قابلِ دسترس‌اند:

http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/۲۰۰۲/index.html

## فصلِ ۹: کشتیِ قاره‌ها

**p. ۲۵۳ کرم‌هایِ نماتُدِ بسیار ریزی وجود دارند:**

http://www.bayercropscience.co.uk/pdfs/nematodesguide.pdf

**p. ۲۵۷ دکتر اِلِن سِنسکی، که هدایت‌کنندهٔ مطالعهٔ اولیه بر رویِ این گونه بود:**

Censky et al. (۱۹۹۸).

**p. ۲۶۰ «با مشاهدهٔ این تغییراتِ تدریجی و گوناگونیِ ساختاری»:**

Darwin (1845), 380

**p. ۲۶۱ «این موجودْ بس کریه‌المنظر است»:**

Darwin (۱۸۴۵), ۳۸۵–۶

**p. ۲۶۲ «در نتیجه، از این نکتهٔ شگفت‌انگیز نیک آگاهیم »:**

Darwin (۱۸۴۵), ۳۹۶

**p. ۲۶۲«با شگفتیِ تمام متوجه شدم»:**

Darwin (۱۸۴۵), ۳۹۴-۵

**p. ۲۶۳«لاک‌پشت‌هایِ زمینیِ جزایرِ مختلف با هم تفاوت داشتند»:**

Darwin (۱۸۴۵), ۳۹۴

**p. ۲۶۷«تقریباً هر صخرهٔ برآمده از آب و هر جزیره زیاگانِ مِبونایِ مختصِ به خود را دارد»:**

Owen et al. (۱۹۸۹)

**p. ۲۷۱ نظر به غیبتِ کلِ راستهٔ ... در جزایرِ اقیانوسی:**

Darwin (۱۸۵۹), ۳۹۳

**p. ۲۷۲«اگر طبیعت‌شناسی، مثلاً از شمال به جنوب، سفر کند»:**

Darwin (۱۸۵۹), ۳۴۹

**pp. ۲۸۲** چگونه آن را توجیه می‌کنند؟ **طوری که آدم شاخ در می‌آورد:** دستِ کم، بعضی از آن‌ها گیج شده‌اند. دستهٔ دیگر هم احتمالاً دروغ‌گو هستند.

The young Earth account at http://www.answersingenesis.org/articles/am/v۲/n۲/a-catastrophic-breakup is refuted in detail by an old Earth creationist at http://www.answersincreation.org/rebuttal/aig/Answers/۲۰۰۷/answers_v۲_n۲_tectonics.htm

**p. ۲۸۳معتبرترین کتابِ اخیر در زمینهٔ گونه‌زایی:**

Coyne and Orr (۲۰۰۴)

## فصلِ ۱۰: شجره‌نامهٔ خانوادگی

**p. ۳۱۷ با استفاده از این روش، یعنی استفاده از خرگوش، بود:**

Sarich and Wilson (۱۹۶۷)

**p. ۳۲۲با استفاده از این روش، یعنی استفاده از خرگوش، بود:**

Penny et al. (۱۹۸۲)

**p. ۳۳۰واقعاً ارزشش را دارد که نمودارِ درختیِ هیلیس را از تارنمایش دانلود کنید:**

**www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html**

**p. ۳۳۵ من و یان وونگ، در «سخنِ نهایی در ماجرایِ کرمِ مخملی» مفصلاً در موردشان بحث کرده‌ایم:**

Dawkins (۲۰۰۴)

## فصلِ ۱۱: سرگذشتِ نقش‌بسته بر سراسرِ بدن‌مان

**p. ۳٤۰ آقایِ ساتِن، مراقبِ باهوشِ باغ‌هایِ جانورشناسی:**

Darwin (۱۸۷۲), ۹۵, ۹۶, ۹۷

**p. ۳٤۱در سالِ ۱۸٤۵، در یکی از نامه‌نگاری‌ها به انجمنِ سلطنتی:**

Sibson (۱۸۴۸)

**p. ۳٤٦جِی. دابلیو. اِس. پرینگِل: . . نقشی کلیدی در کشفِ نحوهٔ کارِ باله‌هایِ ترازگر داشت:**

Pringle (۱۹۴۸)

**p. ۳۵۳«اگر عینک‌سازی تلاش می‌کرد عینکی با این همه نقص را به من قالب کند»:**

Helmholtz (۱۸۸۱), ۱۹۴

**p. ۳۵۵چشم تمامِ عیب‌هایی را که یک ابزارِ نوری ممکن است داشته باشد دارد:**

Helmholtz (۱۸۸۱), ۲۰۱

**p. ۳۶۲ «زرافه، با وجودِ حنجرهٔ پیشرفته و طبیعتِ اجتماعی و گروه‌پسندی که دارد، تنها قادر است ناله و صدایِ نحیف و مقطّعِ بمی را ایجاد کند»:**

Harrison (۱۹۸۰)

**p. ۳۷۰ «به هیچ وجه در کَتَم نمی‌رود»:**

Darwin (۱۸۸۷b)

**fn p. ۳۷۰. با مایکل دِنتونِ استرالیایی دیگر ... اشتباه نشود:**

M. Denton, *Nature's Destiny* (New York: Free Press, ۲۰۰۲)

**p. ۳۷۱ «چاره‌جویی‌هایِ موقتیِ سرِ-هم-بندی‌شده»:**

*C.S.Pittendrigh, 'Adaptation, natural selection, and behavior', in A.Roe and G.G.Simpson, eds,* Behavior and Evolution (New Haven: Yale University Press, ۱۹۵۸).

## فصلِ ۱۲: نبردِ تسلیحاتی و «تئودیسهٔ فرگشتی»

**p. ۳۸۰ پنج دوندهٔ اول، در میانِ گونه‌هایِ پستان‌دار:**

List from http://www.petsdo.com/blog/top-twenty-۲۰-fastest-land-animals-including-humans.

**p. ۳۸۲ در سالِ ۱۹۷۹، من و همکارم جان کِربز مقاله‌ای را در این باره منتشر کردیم:**

Dawkins and Krebs (۱۹۷۹).

**p. ۳۸۲ «پیش از این که با قطعیت بگوییم که ظاهرِ فریبندهٔ ملخ و پروانه»:**

Cott (۱۹۴۰), ۱۵۸–۹

**pp. ۳۸۳–٤ ممکن است این نکته تعجب‌آور باشد، اما حتی میانِ نرها و ماده‌هایِ یک گونه و بینِ والدین و فرزندان نیز نبردی تسلیحاتی در جریان است:**

See Dawkins (۲۰۰۶), chs ۸ and ۹, 'Battle of the generations' and 'Battle of the sexes.

**p. ۳۹۰ «مبلغِ شیطان ... عجب کتابی می‌توانست بنویسد»:**

Darwin (۱۹۰۳).

**p. ۳۹۰طبیعت نه مهربان است و نه نامهربان:**

Dawkins (۱۹۹۵), ch. ۴, 'God's utility function'.

**p. ۳۹٤جالب است که افرادِ استثنائی وجود دارند که نمی‌توانند درد را احساس:** برایِ نمونه رجوع شود به:

http://news.bbc.co.uk/۲/hi/health/۴۱۹۵۴۳۷.stm, http://www.msnbc.msn.com/id/۶۳۷۹۷۹۵/.

**p. ۳۹۵استِفان جِی گولد، در مقاله‌ای زیبا در بابِ «طبیعتِ غیرِ اخلاقی»، به واکاویِ این گونه مسائل می‌پردازد:**

Reproduced in Gould (۱۹۸۳)

## فصلِ ۱۳: شکوه را، در این نگرش به حیات، می‌توان دید

**p. ۳۹۹«از این رو، از دلِ نبردِ طبیعت»:**

Darwin (۱۸۵۹), ۴۹۰

**p. ٤۰۰«شاید چیزی که می‌خواهم بگویم حاصلِ استدلالی منطقی نباشد»:**

Darwin (۱۸۵۹), ۲۴۳

**p. ٤۰۱«تنها کاری که می‌توانیم بکنیم»:**

Darwin (۱۸۵۹), ۷۸

**p. ٤۰٤«مدت‌هاست که، از این که زیرِ بارِ افکارِ عمومی رفته‌ام ... پشیمانم»:**

Darwin (۱۸۸۷c)

**p. ٤۱۰نظریاتی دربارهٔ نحوه‌هایِ – به نقلِ یکی از این نظریه‌پردازان – «آب شدنِ» این «پیشامدِ منجمدشده»:**

Söll and RajBhandary (۲۰۰۶)

**p. ٤۱۰و دکتر پُل دِیویس به این نکتهٔ منطقی اشاره کرده است:**

Davies and Lineweaver (۲۰۰۵)

**p. ٤١٢پرسشِ کنجکاوی‌برانگیز این است که اگر ماه در مدارِ زمین قرار نداشت، حیات چه تفاوت‌هایی می‌کرد:**

Comins (۱۹۹۳)

**p. ٤١٧«پدرم، در همین باره، در سالِ ۱۸۷۱، نوشته بود»:**

Darwin (۱۸۸۷c)

**p. ٤٢٣ در سالِ ۱۹۸۹، مقاله‌ای نوشتم با عنوانِ «فرگشتِ فرگشت‌پذیری»:**

Dawkins (۱۹۸۹)

**p. ٤٢٦ همان گونه که کیهان‌شناسان نیز اشاره کرده‌اند، این که در آسمان‌مان ستاره می‌بینیم اتفاقی نیست:** برایِ نمونه، رجوع شود به:

Smolin (۱۹۹۷)

## پیوست: انکارکنندگانِ تاریخ

**p. ٤٢٩**از سالِ ۱۹۸۲ تا کنون، شرکتِ گالوپ، مشهورترین سازمانِ نظرسنجیِ آمریکا، در فاصله‌هایِ زمانیِ نا-منظم اما متعدد:

Gallup poll numbers taken from 'Evolution, creationism, intelligent design', http://www.gallup.com/poll/۲۱۸۱۴/Evolution-Creationism-Intelligent-Design.aspx

**p. ٤٣٠ در سالِ ۲۰۰۸، مرکزِ تحقیقاتِ پیو، نظرسنجیِ مشابهی را از آمریکایی‌ها به عمل آورد:** ارقامِ نظرسنجیِ مرکزِ تحقیقاتِ پیو از این منبع گرفته شده‌اند: 'Public divided on origins of life', انجام-شده به تاریخِ ۱۷ جولایِ ۲۰۰۵

http://pewforum.org/surveys/origins\

**p. ٤٣١ این نتایج در بریتانیا به چه شکل است؟ چگونه می‌توانیم این دو کشور را مقایسه کنیم؟** نتایجِ نظرسنجیِ ایپسوس موری از این منبع گرفته شده‌اند:

BBC survey on the origins of life', conducted ۵–۱۰ Jan. ۲۰۰۶, http://www.ipsos-mori.com/content/bbc-survey-on-the-origins-of-life.ashx

**p. ٤٣٢ نظرسنجیِ سخت‌کوشانه‌تری را انجام داد:** ارقامِ مربوط به نظرسنجیِ یورو-بارومتر ۲۲۴، از این منبع گرفته شده‌اند:

Europeans, science and technology', conducted Jan.–Feb. ۲۰۰۵, http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_۲۲۴_report_en.pdf

**p. ٤٣٢ این حقیقتِ اسفناک که ایالاتِ متحده، در این امور، تنها اندکی از ترکیه جلوتر است اخیراً نظرِ عموم را به خود جلب کرده است:**

Miller et al. (۲۰۰۶)

**p. ٤٣٤ بعضی از داستان‌هایِ وحشتناکی که تعریف می‌کردند درخورِ توجهِ گسترده است:**

*Emory workshop teaches teachers how to teach evolution'*, Atlanta Journal-Constitution, ۲۴ Oct. ۲۰۰۸.

**p. ٤٣٦ «دانشجویانِ پزشکیِ مسلمان، در لندن، اعلامیه‌هایی را پخش کرده بودند که نظریاتِ داروین را غلط و مردود می‌شمرد»:**

Academics fight rise of creationism at universities', Guardian, ۲۱ Feb. ۲۰۰۶

**p. ٤٣٧ «این امر یک تحولِ اجتماعیِ واقعی است»:**

*Creationism debate moves to Britain'*, Independent, ۱۸ May ۲۰۰۶

## کتاب‌نامه و منابع برایِ مطالعهٔ بیشتر


Adams, D. and Carwardine, M. ۱۹۹۱. *Last Chance to See*. London: Pan.

Atkins, P. W. ۱۹۸۴. *The Second Law*. New York: Scientific American.

Atkins, P. W. ۱۹۹۵. *The Periodic Kingdom*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Atkins, P. W. ۲۰۰۱. *The Elements of Physical Chemistry: With Applications in Biology*. New York: W. H. Freeman.

Atkins, P. W. and Jones, L. ۱۹۹۷. *Chemistry: Molecules, Matter and Change*, ۳rd rev. edn. New York: W. H. Freeman.

Ayala, F. J. ۲۰۰۶. *Darwin and Intelligent Design*. Minneapolis: Fortress.

Barash, D. P. and Barash, N. R. ۲۰۰۵. *Madame Bovary's Ovaries: A Darwinian Look at Literature*. New York: Delacorte.

Barlow, G. W. ۲۰۰۲. *The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution*, ۱st pb edn. Cambridge, Mass.: Basic Books.

Berry, R. J. and Hallam, A. ۱۹۸۶. *The Collins Encyclopedia of Animal Evolution*. London: Collins.

Bodmer, W. and McKie, R. ۱۹۹۴. *The Book of Man: The Quest to Discover Our Genetic Heritage*. London: Little, Brown.

Brenner, S. ۲۰۰۳. 'Nature's gift to science', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The* Nobel Prizes ۲۰۰۲: *Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, ۲۷۴–۸۲. .Stockholm: The Nobel Foundation

Brooks, A. C. and Buss, I. O. ۱۹۶۲. *'Trend in tusk size of the .Uganda elephant',* Mammalia, ۲۶, ۱۰–۳۴

Browne, J. ۱۹۹۶. *Charles Darwin*, vol. ۱:*Voyaging* . London: .Pimlico

Browne, J. ۲۰۰۳. *Charles Darwin*, vol. ۲:*The Power of Place* . .London: Pimlico

Cain, A. J. ۱۹۵۴. *Animal Species and their Evolution*. London: .Hutchinson

Cairns-Smith, A. G. ۱۹۸۵. *Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story*. Cambridge: Cambridge .University Press

Carroll, S. B. ۲۰۰۶. *The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic Record of Evolution*. New York: W. .W. Norton

Censky, E. J., Hodge, K. and Dudley, J. ۱۹۹۸. *'Over-water dispersal of lizards due to hurricanes',* Nature, ۳۹۵, .۵۵۶

Charlesworth, B. and Charlesworth, D. ۲۰۰۳. *Evolution: A Very .Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press

Clack, J. A. ۲۰۰۲. *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods*. Bloomington: Indiana University Press.

Comins, N. F. ۱۹۹۳. *What If the Moon Didn't Exist? Voyages to Earths that Might Have Been*. New York: HarperCollins.

Conway Morris, S. ۲۰۰۳. *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.

Coppinger, R. and Coppinger, L. ۲۰۰۱. *Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behaviour and Evolution*. New York: Scribner.

Cott, H. B. ۱۹۴۰. *Adaptive Coloration in Animals*. London: Methuen.

Coyne, J. A. ۲۰۰۹. *Why Evolution is True*. Oxford: Oxford University Press.

Coyne, J. A. and Orr, H. A. ۲۰۰۴. *Speciation*. Sunderland, MA: Sinauer.

Crick, F. H. C. ۱۹۸۱. *Life Itself: Its Origin and Nature*. London: Macdonald.

Cronin, H. ۱۹۹۱. *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today*. Cambridge: Cambridge University Press.

Damon, P. E.; Donahue, D. J.; Gore, B. H.; Hatheway, A. L.; Jull, A. J. T.; Linick, T. W.; Sercel, P. J.; Toolin, L. J.; Bronk, R.; Hall, E. T.; Hedges, R. E. M.; Housley, R.; Law, I. A.; Perry, C.; Bonani, G.; Trumbore, S.; Woelfli, W.; Ambers, J. C.; Bowman, S. G. E.; Leese, M. N.; and Tite, M. S. ١٩٨٩. 'Radiocarbon dating of the Shroud of Turin', Nature, ٣٣٧, ٦١١–١٥.

Darwin, C. ١٨٤٥. *Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N.*, ٢nd edn. London: John Murray.

Darwin, C. ١٨٥٩. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, ١st edn. London: John Murray.

Darwin, C. ١٨٦٨. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, ٢ vols. London: John Murray.

Darwin, C. ١٨٧١. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, ٢ vols. London: John Murray.

Darwin, C. ١٨٧٢. The Expression of the Emotions in Man and Animals. London: John Murray.

Darwin, C. ١٨٨٢. *The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects*. London: John Murray.

Darwin, C. ۱۸۸۷a. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. ۱. .London: John Murray

Darwin, C. ۱۸۸۷b. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. ۲. .London: John Murray

Darwin, C. ۱۸۸۷c. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. ۳. .London: John Murray

Darwin, C. ۱۹۰۳. *More Letters of Charles Darwin: A Record of his Work in a Series of Hitherto Unpublished Letters*, ۲ .vols. London: John Murray

Darwin, C. and Wallace, A. R. ۱۸۵۹. 'On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection', *Journal of the Proceedings of the Linnaean Society .(Zoology)*, ۳, ۴۵–۶۲

Davies, N. B. ۲۰۰۰. *Cuckoos, Cowbirds and Other Cheats*. .London: T. & A. D. Poyser

Davies, P. C. W. ۱۹۹۸. *The Fifth Miracle: The Search for the Origin .of Life*. London: Allen Lane, The Penguin Press

Davies, P. C. W. and Lineweaver, C. H. ۲۰۰۵. *'Finding a second .sample of life on earth'*, Astrobiology, ۵, ۱۵۴–۶۳

.Dawkins, R. ۱۹۸۶. *The Blind Watchmaker*. London: Longman

Dawkins, R. ۱۹۸۹. 'The evolution of evolvability', in C. E. Langton, ed., *Artificial Life*, ۲۰۱–۲۰. Reading, Mass.: Addison-.Wesley

Dawkins, R. ۱۹۹۵. *River Out of Eden*. London: Weidenfeld & .Nicolson

.Dawkins, R. ۱۹۹۶. *Climbing Mount Improbable*. London: Viking

.Dawkins, R. ۱۹۹۸. *Unweaving the Rainbow*. London: Penguin

Dawkins, R. ۱۹۹۹. *The Extended Phenotype*, rev. edn. Oxford: .Oxford University Press

Dawkins, R. ۲۰۰۴. *The Ancestor's Tale:* A Pilgrimage to the Dawn .of Life. London: Weidenfeld & Nicolson

Dawkins, R. ۲۰۰۶. *The Selfish Gene*, ۳۰th anniversary edn. Oxford: Oxford University Press. (First publ. ۱۹۷۶.)

Dawkins, R. and Krebs, J. R. ۱۹۷۹. 'Arms races between and ,'within species

*Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, ۲۰۵, ۴۸۹– .۵۱۱

de Panafieu, J.–B. and Gries, P. ۲۰۰۷. *Evolution in Action: Natural History through Spectacular Skeletons*. London: .Thames & Hudson

Dennett, D. ۱۹۹۵. *Darwin's Dangerous Idea:* Evolution and the .Meanings of Life. London: Allen Lane

Desmond, A. and Moore, J. ۱۹۹۱. *Darwin: The Life of a .Tormented Evolutionist*. London: Michael Joseph

Diamond, J. ۱۹۹۱. *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee: .Evolution and Human Life*. London: Radius

Domning, D. P. ۲۰۰۱. *'The earliest known fully quadrupedal sirenian',* Nature, ۴۱۳, ۶۲۵–۷.

Dubois, E. ۱۹۳۵. *'On the gibbon-like appearance of* ,'Pithecanthropus erectus

*Proceedings of the Section of Sciences of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, ۳۸, ۵۷۸–۸۵.

Dudley, J. W. and Lambert, R. J. ۱۹۹۲. *'Ninety generations of selection for oil and protein in maize',* Maydica, ۳۷, ۷–۸۱.

Eltz, T.; Roubik, D. W.; and Lunau, K. ۲۰۰۵. 'Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees', *Behavioral Ecology and Sociobiology*, ۵۹, ۱۴۹–۵۶.

Endler, J. A. ۱۹۸۰. 'Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*', *Evolution*, ۳۴, ۷۶–۹۱.

Endler, J. A. ۱۹۸۳. 'Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes', *Environmental Biology of Fishes*, ۹, ۱۷۳–۹۰.

Endler, J. A. ۱۹۸۶. *Natural Selection in the Wild*. Princeton: Princeton University Press.

Fisher, R. A. ۱۹۹۹. *The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition*. Oxford: Oxford University Press.

Fortey, R. ۱۹۹۷. *Life: An Unauthorised Biography. A Natural History of the First Four Thousand Million Years of Life on Earth*. London: HarperCollins.

Fortey, R. ۲۰۰۰. *Trilobite: Eyewitness to Evolution*. London: HarperCollins. The Greatest Show on Earth ۴۵۰

Futuyma, D. J. ۱۹۹۸. *Evolutionary Biology*, ۳rd edn. Sunderland, Mass.: Sinauer.

Gillespie, N. C. ۱۹۷۹. *Charles Darwin and the Problem of Creation*. Chicago: University of Chicago Press.

Goldschmidt, T. ۱۹۹۶. *Darwin's Dreampond: Drama in Lake Victoria*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Gould, S. J. ۱۹۷۷. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Gould, S. J. ۱۹۷۸. *Ever since Darwin: Reflections in Natural History*. London: Burnett Books / Andre Deutsch.

Gould, S. J. ۱۹۸۳. *Hen's Teeth and Horse's Toes*. New York: W. W. Norton. Grafen, A. ۱۹۸۹. *Evolution and its Influence*. Oxford: Clarendon Press. Gribbin, J. and Cherfas, J. ۲۰۰۱. *The First Chimpanzee: In Search of Human Origins*. London: Penguin.

Haeckel, E. ۱۹۷۴. *Art Forms in Nature*. New York: Dover.

Haldane, J. B. S. ۱۹۸۵. *On Being the Right Size and Other Essays*. Oxford: Oxford University Press.

Hallam, A. and Wignall, P. B. ۱۹۹۷. *Mass Extinctions and their Aftermath*. Oxford: Oxford University Press.

Hamilton, W. D. ۱۹۹۶. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. ۱: *Evolution of Social Behaviour*. Oxford: W. H. Freeman / Spektrum.

Hamilton, W. D. ۲۰۰۱. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. ۲: Evolution of Sex. Oxford: Oxford University Press.

Harrison, D. F. N. ۱۹۸۰. 'Biomechanics of the giraffe larynx and trachea', *Acta Oto-Laryngology and Otology*, ۸۹, ۲۵۸–۶۴.

Harrison, D. F. N. ۱۹۸۱. 'Fibre size frequency in the recurrent laryngeal nerves of man and giraffe', *Acta Oto-Laryngology and Otology*, ۹۱, ۳۸۳–۹.

Helmholtz, H. von. ۱۸۸۱. *Popular Lectures on Scientific Subjects*, ۲nd edn, trans. E. Atkinson. London: Longmans.

Herrel, A.; Huyghe, K.; Vanhooydonck, B.; Backeljau, T.; Breugelmans, K.; Grbac, I.; Van Damme, R.; and Irschick, D. J. ۲۰۰۸. 'Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, ۱۰۵, ۴۷۹۲–۵.

Herrel, A.; Vanhooydonck, B.; and Van Damme, R. ۲۰۰۴. Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or '

constraint?' *Journal of Evolutionary Biology*, ۱۷, ۹۷۴–۸۴.

Horvitz, H. R. ۲۰۰۳. 'Worms, life and death', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel*, The Nobel Prizes ۲۰۰۲: *Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, ۳۲۰–۵۱. Stockholm: The Nobel Foundation.

Huxley, J. ۱۹۴۲. *Evolution: The Modern Synthesis*. London: Allen & Unwin.

Huxley, J. ۱۹۵۷. *New Bottles for New Wine: Essays*. London: Chatto & Windus.

Ji, Q.; Luo, Z.-X.; Yuan, C.-X.; Wible, J. R.; Zhang, J.-P.; and Georgi, J. A. ۲۰۰۲. *'The earliest known eutherian mammal'*, Nature, ۴۱۶, ۸۱۶–۲۲

Johanson, D. and Edgar, B. ۱۹۹۶. *From Lucy to Language*. New York: Simon & Schuster.

Johanson, D. C. and Edey, M. A. ۱۹۸۱. *Lucy: The Beginnings of Humankind*. London: Granada.

Jones, S. ۱۹۹۳. *The Language of the Genes: Biology, History and the Evolutionary Future*. London: HarperCollins.

Jones, S. ۱۹۹۹. *Almost Like a Whale: The Origin of Species Updated*. London: Doubleday.

Joyce, W. G. and Gauthier, J. A. ۲۰۰۴. 'Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins',

*Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, ۲۷۱, ۱–۵.

Keynes, R. ۲۰۰۱. *Annie's Box:* Charles Darwin, his Daughter and Human Evolution. London: Fourth Estate.

Kimura, M. ۱۹۸۳. *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kingdon, J. ۱۹۹۰. *Island Africa*. London: Collins.

Kingdon, J. ۱۹۹۳. *Self–Made Man and his Undoing*. London: Simon & Schuster.

Kingdon, J. ۲۰۰۳. *Lowly Origin: Where, When, and Why our Ancestors First Stood* Up. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

Kitcher, P. ۱۹۸۳. *Abusing Science: The Case Against Creationism*. Milton Keynes: Open University Press.

Leakey, R. ۱۹۹۴. *The Origin of Humankind*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Leakey, R. and Lewin, R. ۱۹۹۲. *Origins Reconsidered: In Search of What Makes Us Human*. London: Little, Brown.

Leakey, R. and Lewin, R. ۱۹۹۶. *The Sixth Extinction: Biodiversity and its Survival*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Lenski, R. E. and Travisano, M. ۱۹۹۴. 'Dynamics of adaptation and diversification: a ۱۰,۰۰۰–generation experiment

with bacterial populations', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, ۹۱, ۶۸۰۸–۱۴.

Li, C.; Wu, X.–C.; Rieppel, O.; Wang, L.–T.; and Zhao, L.–J. ۲۰۰۸. *An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China'*, Nature, ۴۵۶, ۴۹۷–۵۰۱.

Lorenz, K. ۲۰۰۲. *Man Meets Dog*, ۲nd edn. London: Routledge.

Malthus, T. R. ۲۰۰۷. *An Essay on the Principle of Population*. New York: Dover. (First publ. ۱۷۹۸.)

Marchant, J. ۱۹۱۶. *Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences*, vol. ۱. London: Cassell.

Martin, J. W. ۱۹۹۳. 'The samurai crab', *Terra*, ۳۱, ۳۰–۴.

Maynard Smith, J. ۲۰۰۸. *The Theory of Evolution*, ۳rd edn. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayr, E. ۱۹۶۳. *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Mayr, E. ۱۹۸۲. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Medawar, P. B. ۱۹۸۲. *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.

Meyer, R. L. ۱۹۹۸. *'Roger Sperry and his chemoaffinity hypothesis'*, Neuropsychologia, ۳۶, ۹۵۷–۸۰.

Miller, J. D.; Scott, E. C.; and Okamoto, S. ۲۰۰۶. 'Public acceptance of evolution', *Science*, ۳۱۳, ۷۶۵–۶.

Miller, K. R. ۱۹۹۹. *Finding Darwin's God:* A Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution. New York: Cliff Street Books.

Miller, K. R. ۲۰۰۸. *Only a Theory:* Evolution and the Battle for America's Soul. New York: Viking.

Monod, J. ۱۹۷۲. *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*. London: Collins.

Morris, D. ۲۰۰۸. *Dogs:* The Ultimate Dictionary of Over ۱,۰۰۰ Dog Breeds. London: Trafalgar Square.

Morton, O. ۲۰۰۷. *Eating the Sun: How Plants Power the Planet*. London: Fourth Estate.

Nesse, R. M. and Williams, G. C. ۱۹۹۴. *The Science of Darwinian Medicine*. London: Orion.

Odell, G. M.; Oster, G.; Burnside, B.; and Alberch, P. ۱۹۸۰. 'A mechanical model for epithelial morphogenesis', *Journal of Mathematical Biology*, ۹, ۲۹۱–۵.

Owen, D. F. ۱۹۸۰. *Camouflage and Mimicry*. Oxford: Oxford University Press. Owen, R. ۱۸۴۱. 'Notes on the anatomy of the Nubian giraffe (Camelopardalis)', *Transactions of the Zoological Society of London*, ۲, ۲۱۷–۴۸.

Owen, R. ۱۸۴۹. 'Notes on the birth of the giraffe at the Zoological Society's gardens, and description of the foetal membranes and some of the natural and morbid appearances observed in the dissection of the young animal', *Transactions of the Zoological Society of London*, ۳, ۲۱–۸.

Owen, R. B.; Crossley, R.; Johnson, T. C.; Tweddle, D.; Kornfield, I.; Davison, S.; Eccles, D. H.; and Engstrom, D. E. ۱۹۸۹. Major low levels of Lake Malawi and their ' implications for speciation rates in cichlid fishes', *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, ۲۴۰, ۵۱۹–۵۳.

*Oxford English Dictionary*, ۲nd edn, ۱۹۸۹. Oxford: Oxford University Press.

Pagel, M. ۲۰۰۲. *Encyclopedia of Evolution*, ۲ vols. Oxford: Oxford University Press.

Penny, D.; Foulds, L. R.; and Hendy, M. D. ۱۹۸۲. *'Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences'*, Nature, ۲۹۷, ۱۹۷–۲۰۰.

Pringle, J. W. S. ۱۹۴۸. 'The gyroscopic mechanism of the halteres of Diptera', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series B, Biological Sciences , ۲۲۳, ۳۴۷–۸۴.

Prothero, D. R. ۲۰۰۷. *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters*. New York: Columbia University Press.

Quammen, D. ۱۹۹۶. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. London: Hutchinson.

Reisz, R. R. and Head, J. J. ۲۰۰۸. *'Palaeontology: turtle origins out to sea'*, Nature, ۴۵۶, ۴۵۰–۱.

Reznick, D. N.; Shaw, F. H.; Rodd, H.; and Shaw, R. G. ۱۹۹۷. 'Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (*Poecilia reticulata*)', *Science*, ۲۷۵, ۱۹۳۴–۷.

Ridley, Mark ۱۹۹۴. *A Darwin Selection*, ۲nd rev. edn. London: Fontana. Ridley, Mark ۲۰۰۰. *Mendel's Demon: Gene Justice and the Complexity of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Ridley, Mark ۲۰۰۴. *Evolution*, ۳rd edn. Oxford: Blackwell.

Ridley, Matt ۱۹۹۳. *The Red Queen:* Sex and the Evolution of Human Nature. London: Viking.

Ridley, Matt ۱۹۹۹. *Genome:* The Autobiography of a Species in ۲۳ Chapters. London: Fourth Estate.

Ruse, M. ۱۹۸۲. *Darwinism Defended:* A Guide to the Evolution Controversies. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Sagan, C. ۱۹۸۱. *Cosmos*. London: Macdonald.

Sagan, C. ۱۹۹۶. *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. London: Headline.

Sarich, V. M. and Wilson, A. C. ۱۹۶۷. *'Immunological time scale for hominid evolution',* Science, ۱۵۸, ۱۲۰۰–۳.

Schopf, J. W. ۱۹۹۹. *Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils*. Princeton: Princeton University Press.

Schuenke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; and Rude, J. ۲۰۰۶. *Atlas of Anatomy*. Stuttgart: Thieme.

Sclater, A. ۲۰۰۳. 'The extent of Charles Darwin's knowledge of Mendel', *Georgia Journal of Science*, ۶۱, ۱۳۴–۷.

Scott, E. C. ۲۰۰۴. *Evolution vs. Creationism: An Introduction*. Westport, Conn.: Greenwood.

Shermer, M. ۲۰۰۲. *In Darwin's Shadow: The Life and Science of Alfred Russel Wallace*. Oxford: Oxford University Press.

Shubin, N. ۲۰۰۸. *Your Inner Fish: A Journey into the ۳.۵ Billion-Year History of the Human Body*. London: Allen Lane.

Sibson, F. ۱۸۴۸. 'On the blow-hole of the porpoise', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, ۱۳۸, ۱۱۷–۲۳.

Simons, D. J. and Chabris, C. F. ۱۹۹۹. *'Gorillas in our midst: sustained inattentional blindness for dynamic events',* Perception, ۲۸, ۱۰۵۹–۷۴. Simpson, G. G. ۱۹۵۳.

*The Major Features of Evolution*. New York: Columbia .University Press

Simpson, G. G. ۱۹۸۰. *Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals*. New Haven: Yale .University Press

Skelton, P. ۱۹۹۳. *Evolution: A Biological and Palaeontological .Approach*. Wokingham: Addison–Wesley

Smith, J. L. B. ۱۹۵۶. *Old Fourlegs: The Story of the Coelacanth*. .London: Longmans

Smolin, L. ۱۹۹۷. *The Life of the Cosmos*. London: Weidenfeld & .Nicolson

Söll, D. and RajBhandary, U. L. ۲۰۰۶. *"The genetic code –thawing the "frozen accident"*, Journal of Biosciences, ۳۱, ۴۵۹– .۶۳

Southwood, R. ۲۰۰۳. *The Story of Life*. Oxford: Oxford University .Press

Stringer, C. and McKie, R. ۱۹۹۶. *African Exodus: The Origins of .Modern Humanity*. London: Jonathan Cape

Sulston, J. E. ۲۰۰۳. '*C. elegans*: the cell lineage and beyond', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes ۲۰۰۲: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and .Lectures*, ۳۶۳–۸۱. Stockholm: The Nobel Foundation

Sykes, B. ۲۰۰۱. *The Seven Daughters of Eve: The Science that Reveals our Genetic Ancestry*. London: Bantam.

Thompson, D. A. W. ۱۹۴۲. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press.

Thompson, S. P. and Gardner, M. ۱۹۹۸. *Calculus Made Easy: Being a Very-Simplest Introduction to Those Beautiful Methods of Reckoning Which Are Generally Called by the Terrifying Names of the Differential Calculus and the Integral Calculus*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Thomson, K. S. ۱۹۹۱. *Living Fossil: The Story of the Coelacanth*. London: Hutchinson Radius.

Trivers, R. ۲۰۰۲. *Natural Selection and Social Theory*. Oxford: Oxford University Press.

Trut, L. N. ۱۹۹۹. 'Early canid domestication: the farm-fox experiment', *American Scientist*, ۸۷, ۱۶۰–۹.

Tudge, C. ۲۰۰۰. *The Variety of Life: A Survey and a Celebration of All the Creatures that Have Ever Lived*. Oxford: Oxford University Press.

Wallace, A. R. ۱۸۷۱. *Contributions to the Theory of Natural Selection: A Series of Essays*. London: Macmillan.

Weiner, J. ۱۹۹۴. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in our Time*. London: Jonathan Cape.

Wickler, W. ۱۹۶۸. *Mimicry in Plants and Animals*. London: .Weidenfeld & Nicolson

Williams, G. C. ۱۹۶۶. *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought*. .Princeton: Princeton University Press

Williams, G. C. ۱۹۹۲. *Natural Selection: Domains, Levels, and .Challenges*. Oxford: Oxford University Press

Williams, G. C. ۱۹۹۶. *Plan and Purpose in Nature*. London: .Weidenfeld & Nicolson

Williams, R. ۲۰۰۶. *Unintelligent Design: Why God Isn't as Smart .as She Thinks She Is*. Sydney: Allen & Unwin

Wilson, E. O. ۱۹۸۴. *Biophilia*. Cambridge, Mass.: Harvard .University Press

Wilson, E. O. ۱۹۹۲. *The Diversity of Life*. Cambridge, Mass.: .Harvard University Press

Wolpert, L. ۱۹۹۱. *The Triumph of the Embryo*. Oxford: Oxford University Press. Wolpert, L.; Beddington, R.; Brockes, J.; Jessell, T.; Lawrence, P.; and Meyerowitz, E. ۱۹۹۸. *Principles of Development*. London and Oxford: .Current Biology / Oxford University Press

Young, M. and Edis, T. ۲۰۰۴. *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism*. New .Brunswick, NJ: Rutgers University Press

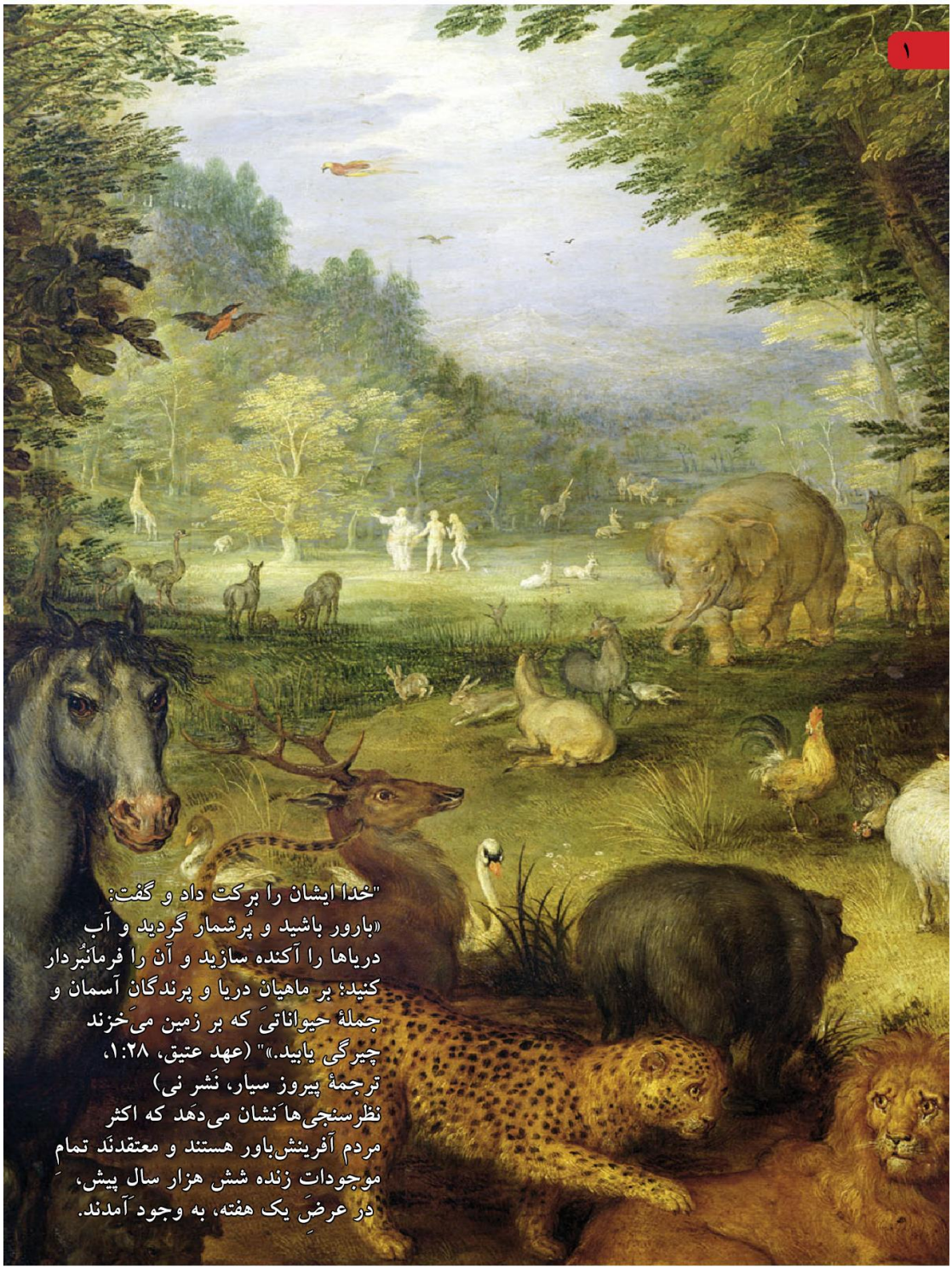
Zimmer, C. ۱۹۹۸. *At the Water's Edge: Macroevolution and the Transformation of Life*. New York: Free Press.

Zimmer, C. ۲۰۰۲. *Evolution: The Triumph of an Idea*. London: Heinemann.

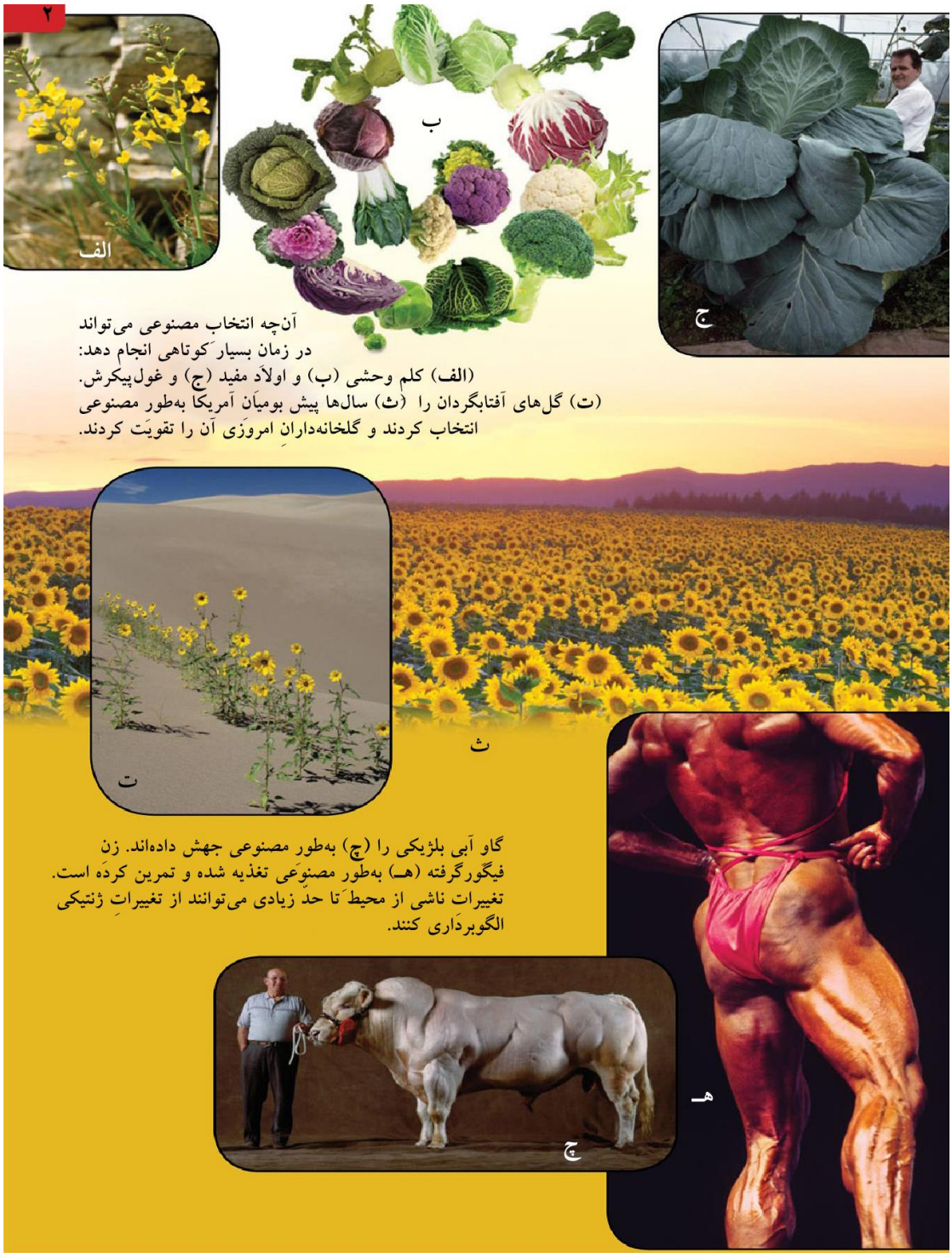
## قدردانی بابتِ تصاویر

از این افراد، که در موردِ درستی و تناسبِ تصاویرِ درونِ متن و تصاویرِ رنگی، به من مشورت داده‌اند، تشکر می‌کنم: لَری بنجامین، کاترین بوسیورت، فیلیپا بروئِر، رالف بریتس، ساندرا چاپمن، جنیفر کِلَک، مارگارت کِلِگ، داریل پی. دومنینگ، آنتونی هِرِل، زِرینا جوآنسون، بَری جونیپر، پال کِنریک، ژِ-ژی لو، کالین مک‌کارتی، دیوید مارتیل، پی. زی. مایرز، کالین پالمر، روبرتو پورتِلا-میگِز، مای کارامان، لورنا استیل، کریس استرینگر، جان سالستِن، و پیتر وِلنهوفر.

## تصاویرِ رنگی


۱
"خدا ایشان را برکت داد و گفت:
«بارور باشید و پُرشمار گردید و آب
دریاها را آکنده سازید و آن را فرمانبُردار
کنید؛ بر ماهیانِ دریا و پرندگانِ آسمان و
جملهٔ حیواناتیَ که بر زمین میَخزند
چیرگی یابید.»" (عهد عتیق، ۱:۲۸،
ترجمهٔ پیروز سیار، نَشر نی)
نظرسنجیها نشان میدهد که اکثر
مردم آفرینشباور هستند و معتقدند تمام
موجودات زنده شش هزار سال پیش،
در عرضِ یک هفته، به وجود آمدند.

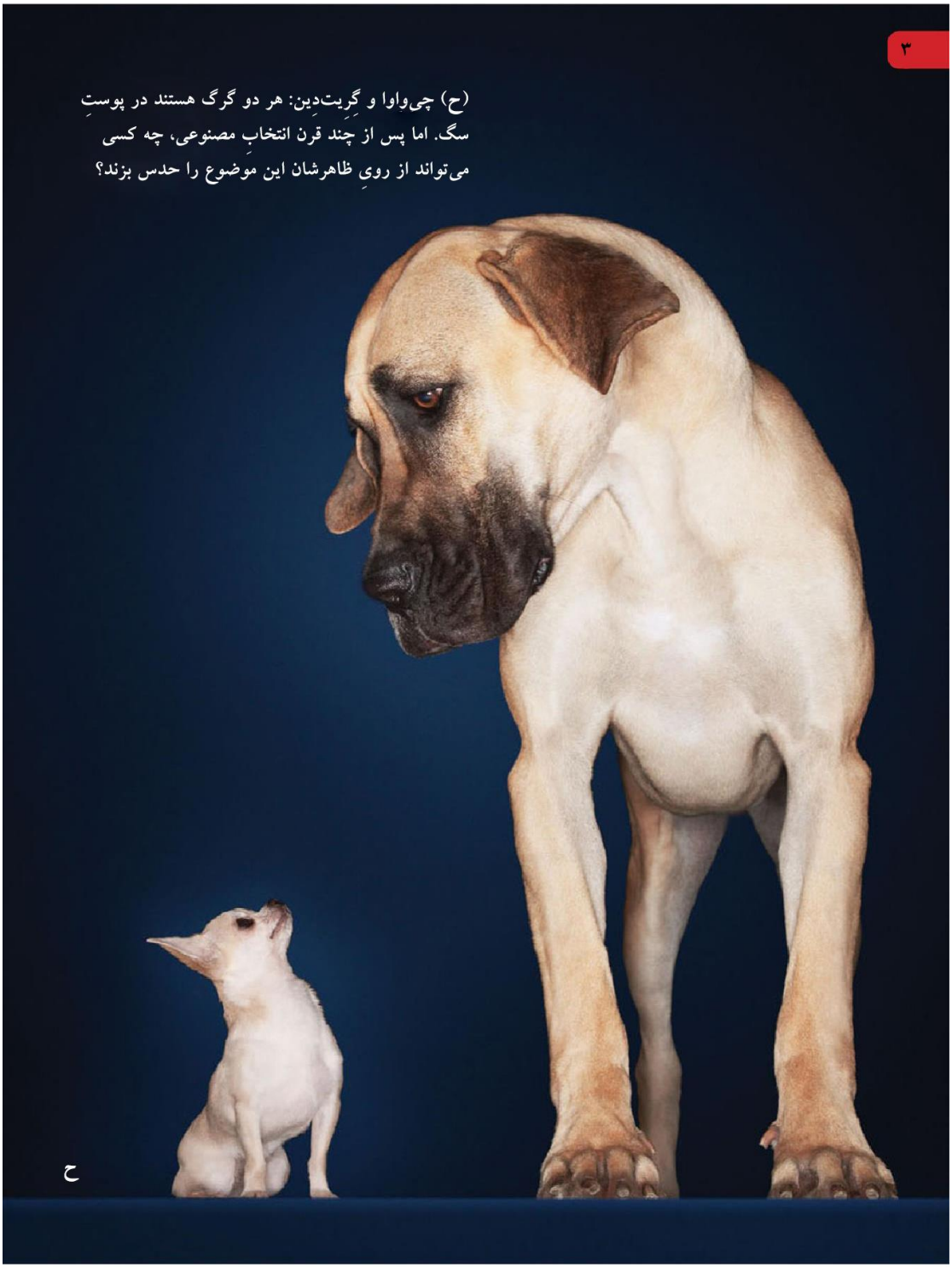
**تصویرِ رنگی ۱**




آن‌چه انتخاب مصنوعی می‌تواند در زمان بسیار کوتاهی انجام دهد: (الف) کلم وحشی (ب) و اولاد مفید (ج) و غول‌پیکرش. (ت) گل‌های آفتابگردان را (ث) سال‌ها پیش بومیان آمریکا به‌طور مصنوعی انتخاب کردند و گلخانه‌دارانِ امروزی آن را تقویت کردند.

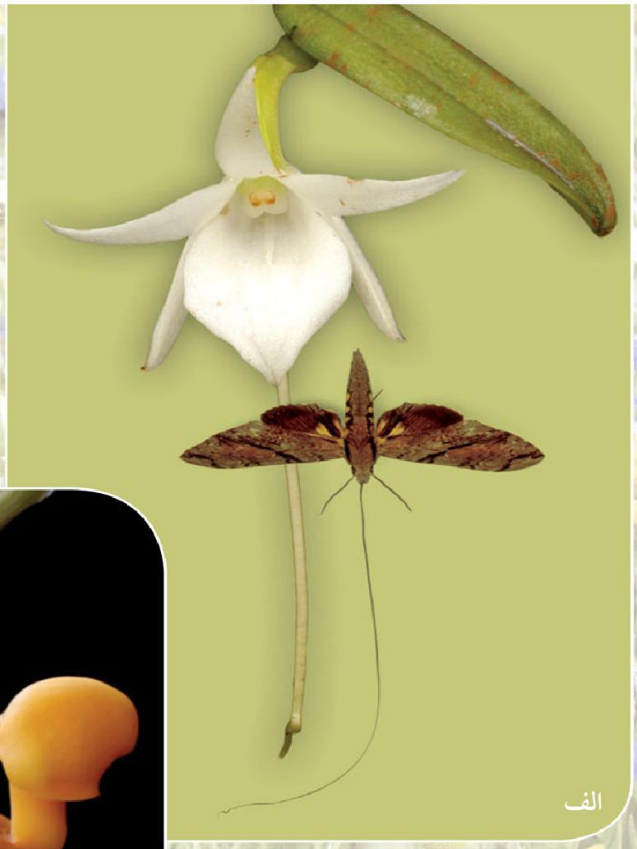
گاو آبی بلژیکی را (چ) به‌طور مصنوعی جهش داده‌اند. زن فیگورگرفته (هـ) به‌طور مصنوعی تغذیه شده و تمرین کرده است. تغییرات ناشی از محیط تا حد زیادی می‌توانند از تغییراتِ ژنتیکی الگوبرداری کنند.

**تصویرِ رنگی ۲**


۳
(ح) چی‌واوا و گِریت‌دِین: هر دو گرگ هستند در پوستِ سگ. اما پس از چند قرن انتخابِ مصنوعی، چه کسی می‌تواند از رویِ ظاهرشان این موضوع را حدس بزند؟
ح

**تصویرِ رنگی ۳**

٤

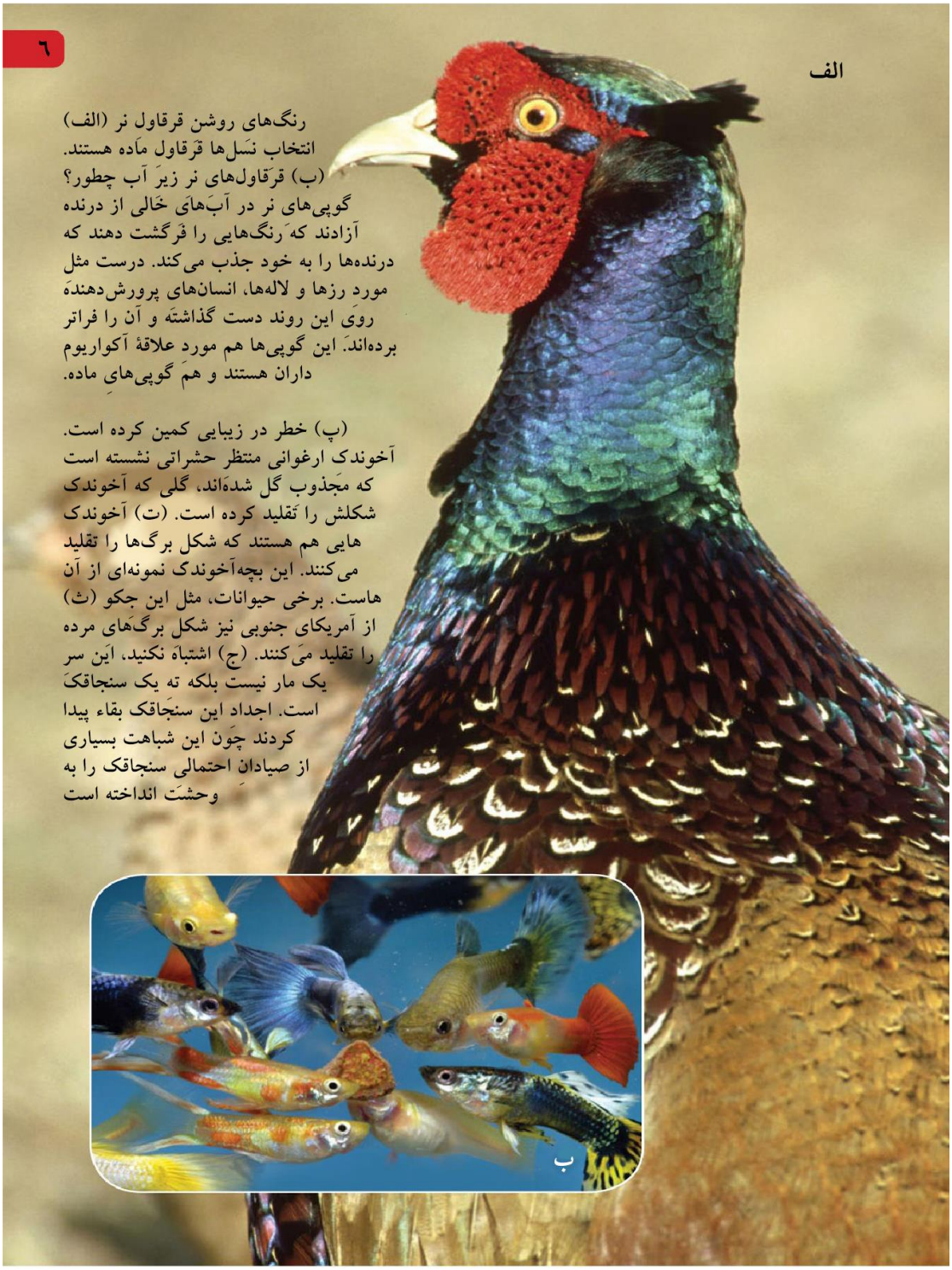



(الف) نکتاریز بلند ارکید ماداگاسکار باعث شد که هم داروین و هم والاس پیش‌بینی کنند که می‌بایست زبانی بلند برای انطباق با آن وجود داشته باشد. سال‌ها بعد، این زبان پیدا شد: زانتوپان مورگانی پرائدیکتا. (ب) ارکید سطلی: یکی از پیچیده‌ترین نمونه‌های گرده‌افشانی با الگوی «گلولهٔ نقره‌ای». (پ) زنبور عسل یوگلوسین در تلاش است که از ارکید سطلی خود را بیرون بکشد و با این کار گرده‌های ارکید را با خود بیرون می‌آورد.

(ت) شاپرک (بید) خود را مرغ مگس پنداشته؟ بازبید مگس‌مرغی نمونه‌ای است خارق‌العاده از فرگشت هم‌گرا. (ث) در اینجا مرغ مگس را در حال کار باشکوهش می‌بینیم. گل‌هایی که رنگ سرخ تند دارند معمولاً به دست پرندگان گرده‌افشانی می‌شوند چون پرندگان، برخلاف حشرات، رنگ‌های طیف سرخ را به‌خوبی می بینند. (ج) شهدخوار در حال مکیدن گلی سرخ‌رنگ در آفریقا. (چ) اسب‌سواری گرفتن زنبور وحشی تینید از ارکید چکشی. (ح) تلهٔ عسلی؟ این ارکیدْ فریب‌کار است و از شباهتش به زنبور ماده استفاده می‌کند تا زنبور نر را به قصد جفتگیری به سوی خود بکشد. آیا این نمونه‌ای است از عیش-و-عشرت صبحگاهان از چشم حشره؟ نه کاملا، اما رنگ‌هایی کاذب در کار است که الگویی را می‌سازند. الگویی که حشره، با قدرتش در دیدن رنگ‌های ماوراء بنفش، قادر به دیدنش است. (خ) ارکید عنکبوتی. آیا این شباهت به عنکبوت ساختهٔ دست انتخاب طبیعی است؟

## تصویرِ رنگی ٤

**تصویرِ رنگی ۵**


٦
الف
رنگ‌های روشن قرقاول نر (الف) انتخاب نَسل‌ها قَرقاول مادَه هستند. (ب) قرقاول‌های نر زیرَ آب چطور؟ گوپی‌های نر در آبَ‌هایَ خالی از درنده آزادند کهَ رنگ‌هایی را فَرگشت دهند که درنده‌ها را به خود جذب می‌کند. درست مثل مورد رزها و لاله‌ها، انسان‌های پرورش‌دهندهَ رویَ این روند دست گذاشتهَ و آن را فراتر برده‌اندَ. این گوپی‌ها هم مورد علاقهٔ آکواریوم داران هستند و همَ گوپی‌هایِ ماده.
(پ) خطر در زیبایی کمین کرده است. آخوندک ارغوانی منتظر حشراتی نشسته است که مَجذوبِ گل شدهَاند، گلی که آخوندک شکلش را تَقلید کرده است. (ت) آخوندک هایی هم هستند که شکل برگ‌ها را تقلید می‌کنند. این بچه‌آخوندک نمونه‌ای از آن هاست. برخی حیوانات، مثل این جکو (ث) از آمریکای جنوبی نیز شکل برگ‌هایَ مرده را تقلید میَ‌کنند. (ج) اشتباهَ نکنید، اَین سر یک مار نیست بلکه ته یک سنجاقکَ است. اجداد این سنجَاقک بقاء پیدا کردند چَون این شباهت بسیاری از صیادانِ احتمالی سنجاقک را به وحشَت انداخته است
ب

**تصویرِ رنگی ٦**

**تصویرِ رنگی ۷**

۸

(الف) گوریل در میان ما. شاهدی بهت‌آور از قابلِ اتکاء نبودنِ شاهدَانِ عینی (نک. ص ۱٤).

عکس را دیوید سایمونز تهیه کرده است. فیلمی که در این تصویر به نمایش در آمده قسمتی از دی‌وی دی تهیه‌شده توسطِ ویسکاگ پرودکشنز است و در آدرسِ http://www.viscog.com قابل دسترس است.

(ب) اگر فرگشت راست است پس چرا دنیا پر از کروکوردک، قورمون، سگ‌اسب‌آبی یا کانگروگوش نیست؟ (نک. ص ۱۵۳-۱۵۲). جاش تیمونِز لطف کرد و برایم کراواتِ کروکوردکی درست کرد تا همه جا به افتخارِ آفرینش‌باوران به گردن بزنم.

(پ) طعمه‌ای وسوسه‌برانگیز برای به قلاب انداختنِ یک آفرینش‌باورِ از-همه-جا-بی‌خبر (نک. ص ۱۵٤)

## تصویرِ رنگی ۸

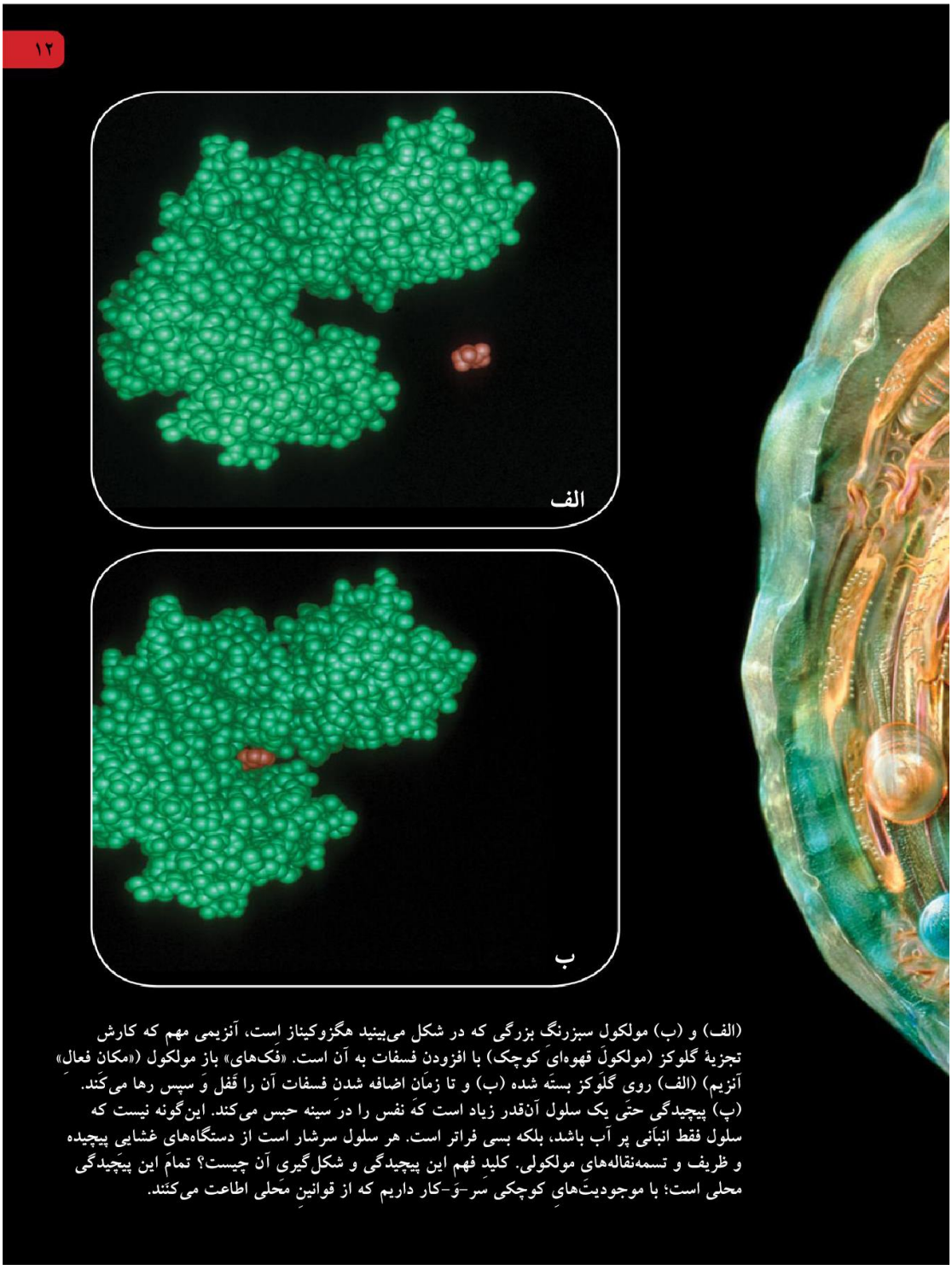
۹
آیا میمون است؟ لمور است؟ یک سوپرحلقه است! داروینیوس ماسیلی در ردهٔ آداپیسیان نخستی‌سان قرار داده شده است. بی‌تردید در جایی نزدیک به نیاکان میمونان قرار دارد، اما اینکه بگوییم «این گونهٔ دوران گذار بالاخره نظریهٔ [فرگشت] چارلز داروین را تأیید می کند» چرند است. نظریهٔ داروین مدت‌ها پیش تأیید شده است و در هر حال به تمام موجودات زنده قابل تعمیم است نه فقط به خویشاوندان نزدیک ما. این فسیل را «هشتمین عجایب دنیا» نام گذاشته‌اند، اما آنچه واقعاً عجیب است جوِ به‌شدت هماهنگ و به طور عجیب و غریبی اغراق شده پیرامون این اکتشاف است: «مهم‌ترین اکتشاف در عرض ۴۷ میلیون سال»؛ «رویدادی جهانی که همه چیز را تغییر خواهد داد»؛ «نخستین حلقهٔ بشر [و سایر موجودات]»؛ وقتی آثار این اکتشاف منتشر شود «مثل این می‌ماند که شهاب‌سنگی به زمین برخورد کرده باشد». یک مشت لاطائلات! اما از این که بگذریم، با فسیل زیبایی طرف هستیم که مسئلهٔ نیاکان ما را تا حدی روشن خواهد کرد و همین دلیل خوبی است که تصویرش را در اینجا بیاوریم.

**تصویرِ رنگی ۹**

عصر دوونین زمانی بود که زمین، سرشار از نوید، منتظر خروج بزرگ ماهیان از آب به خشکی بود. این گذار عظیم در کشف خیره کنندهٔ کانادایی‌ها، تیکتالیک، (ب) و (پ) تجسم پیدا کرده است — و درست مثل تمام «حلقه‌های گم‌شده» منتظر بود که پیدا شود. اما همهٔ حیواناتی که خشکی را کشف کردند آنجا نماندند: گاو دریایی (ت، همراه بچه‌هایش) و فیل دریایی (ث) — که همراه هم گاو دریایی‌سانان (sirenians) خوانده می‌شوند، به دلیل، آنطور که می‌گویند، شباهت شان به پری‌های دریایی از دید ملوانان خسته و کف‌کرده — به آب برگشتند. حتی ممکن است که برخی از گروه‌ها پس از برگشت به آب دوباره به خشکی بازگشته باشند — به نظر می‌رسد که اودوتکلیس سمیستاسیای جذاب، شبه‌لاک‌پشت بدون لاک زبرین (ج) از این جمله باشد.

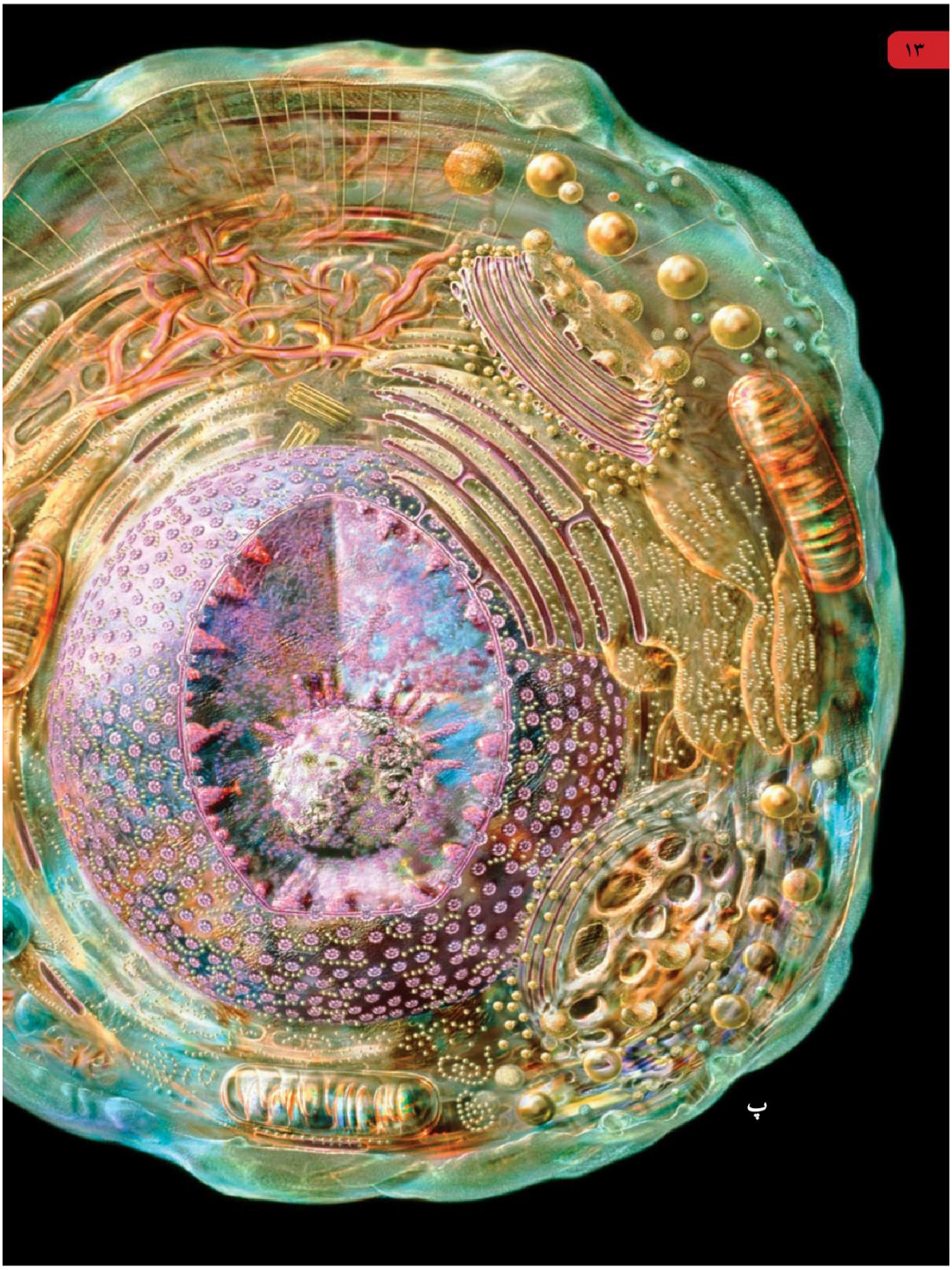
**تصویرِ رنگی ۱۰**

**تصویرِ رنگی ۱۱**

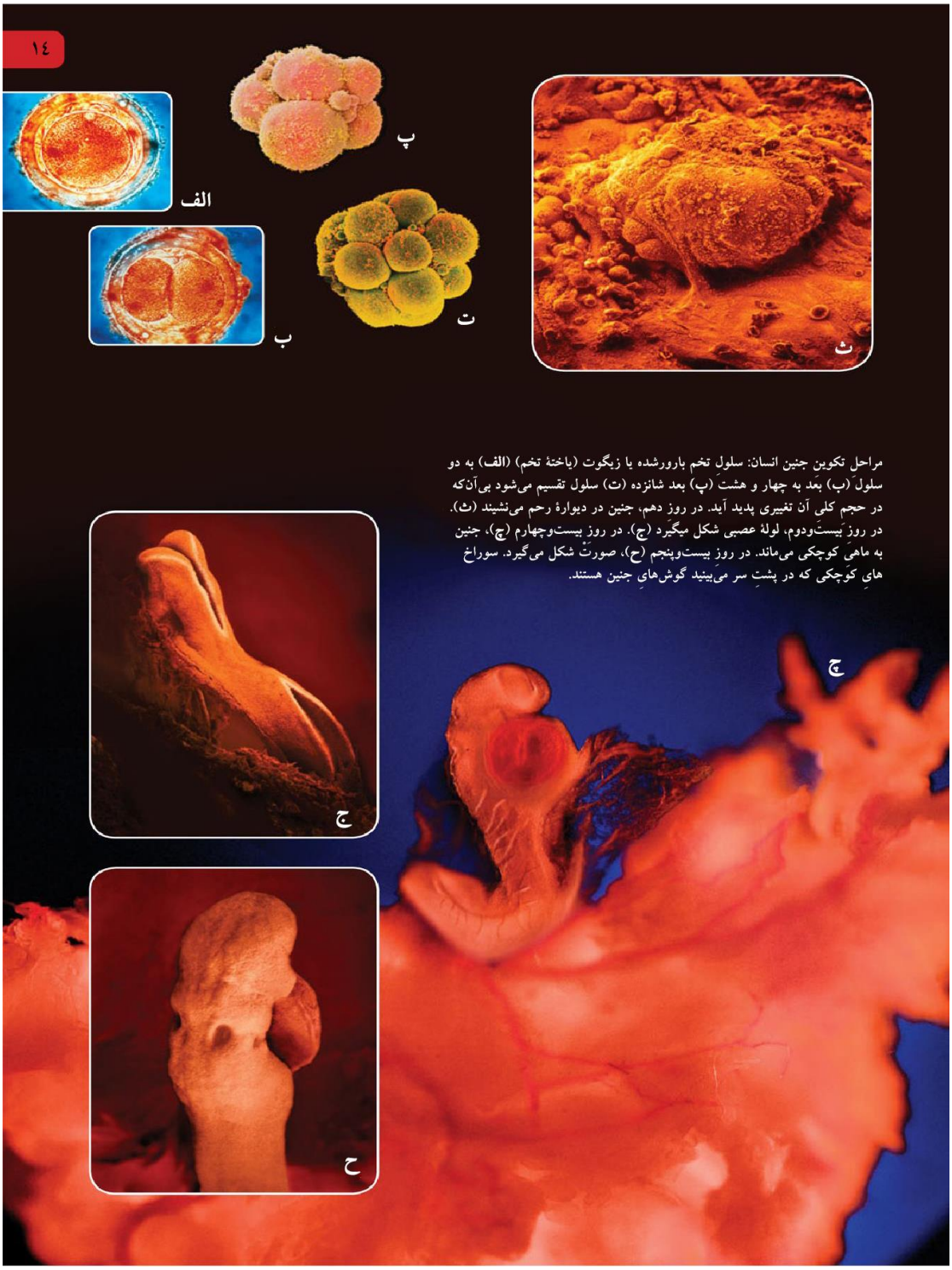



(الف) و (ب) مولکول سبزرنگ بزرگی که در شکل می‌بینید هگزوکیناز است، آنزیمی مهم که کارش تجزیهٔ گلوکز (مولکولِ قهوه‌ایِ کوچک) با افزودنِ فسفات به آن است. «فک‌های» باز مولکول («مکانِ فعالِ» آنزیم) (الف) رویِ گلوکز بستَه شده (ب) و تا زمانِ اضافه شدنِ فسفات آن را قفل وَ سپس رها می‌کَند. (پ) پیچیدگی حتّی یک سلول آن‌قدر زیاد است کهَ نفس را درَ سینه حبس می‌کند. این‌گونه نیست که سلول فقط انبانی پر آب باشد، بلکه بسی فراتر است. هر سلول سرشار است از دستگاه‌های غشایی پیچیده و ظریف و تسمه‌نقاله‌های مولکولی. کلیدِ فهم این پیچیدگی و شکل‌گیری آن چیست؟ تمامَ این پیچیدگی محلی است؛ با موجودیت‌هایِ کوچکی سَر-وَ-کار داریم که از قوانینِ مَحلی اطاعت می‌کنَند.

## تصویرِ رنگی ۱۲




**تصویرِ رنگی ۱۳**

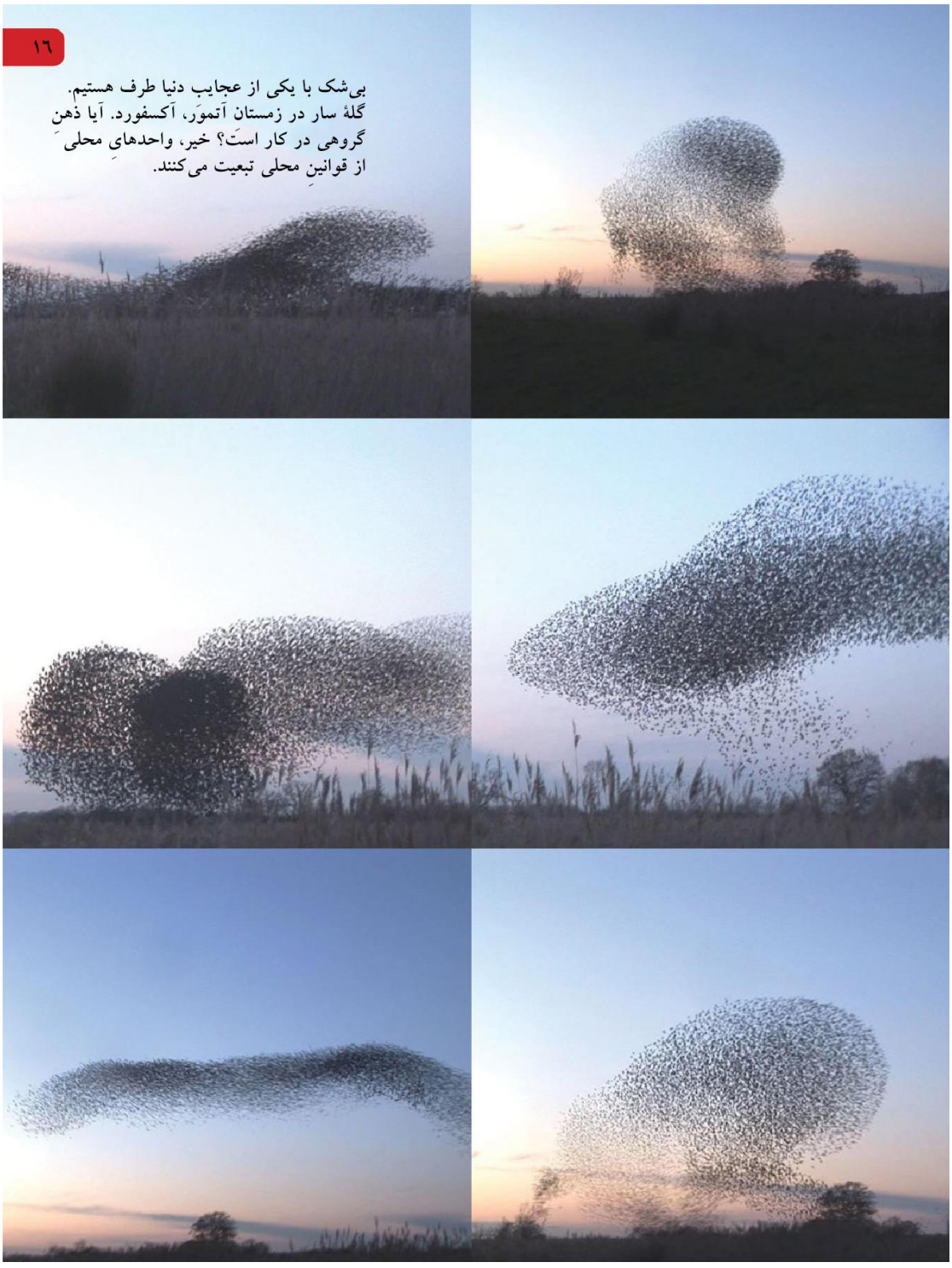



مراحلِ تکوینِ جنینِ انسان: سلولِ تخمِ بارورشده یا زیگوت (یاختهٔ تخم) (**الف**) به دو سلولِ (ب) بعد به چهار و هشتِ (پ) بعد شانزده (ت) سلول تقسیم می‌شود بی‌آن‌که در حجم کلی آن تغییری پدید آید. در روز دهم، جنین در دیوارهٔ رحم می‌نشیند (ث). در روزِ بیست‌ودوم، لولهٔ عصبی شکل میگیرد (ج). در روزِ بیست‌وچهارم (چ)، جنین به ماهی کوچکی می‌ماند. در روزِ بیست‌وپنجم (ح)، صورتْ شکل می‌گیرد. سوراخ هایِ کوچکی که در پشتِ سر می‌بینید گوش‌هایِ جنین هستند.

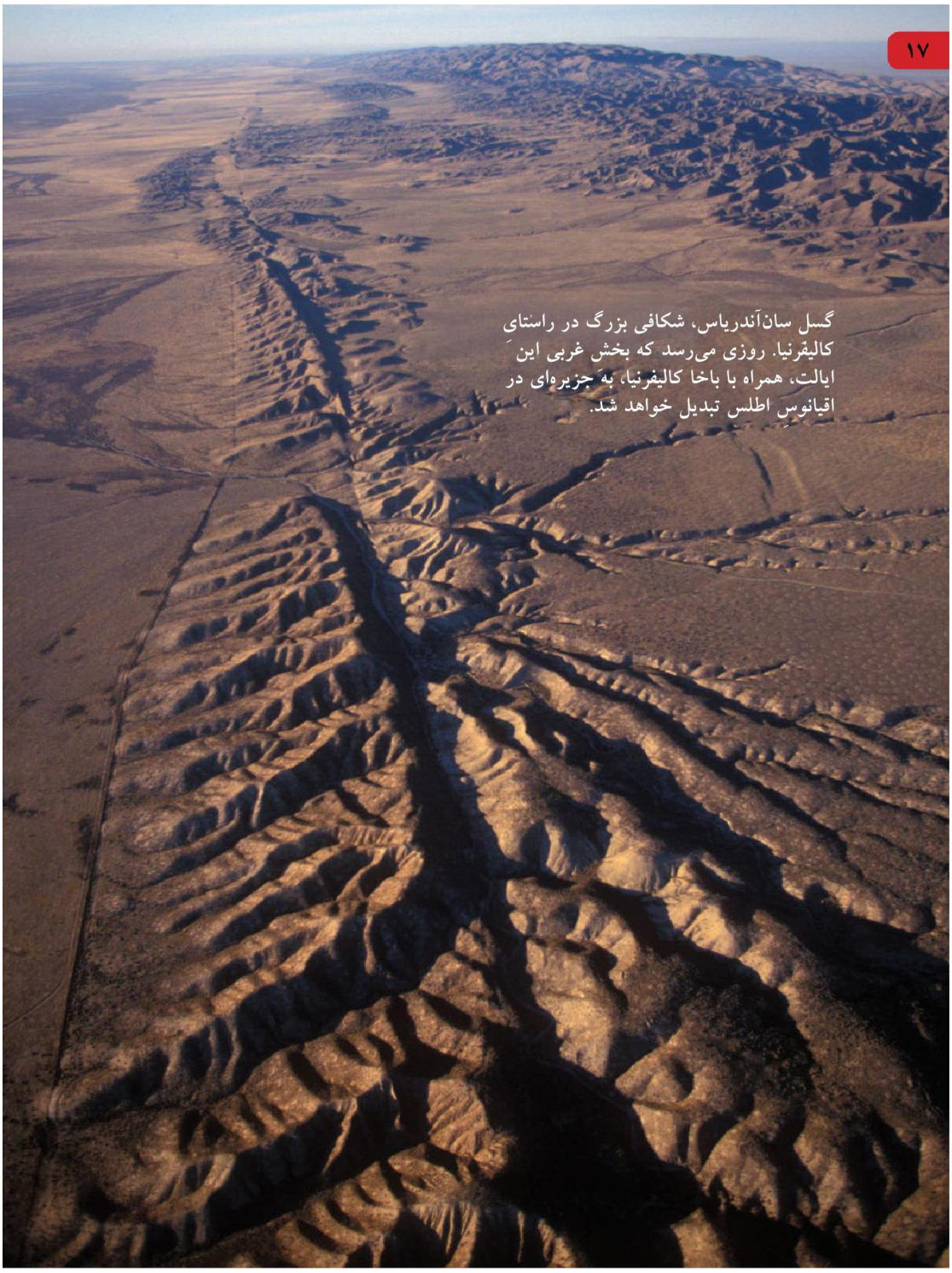
**تصویرِ رنگی ١٤**

در هفته‌های پنجم و ششم (خ)، جنین رفته-رفته شکل نوزاد به خود می‌گیرد و رشدش را با نسبت‌هایی متغیر شروع می‌کند تا زمانِ تولد (د) و پس از آن.

**تصویرِ رنگی ۱۵**



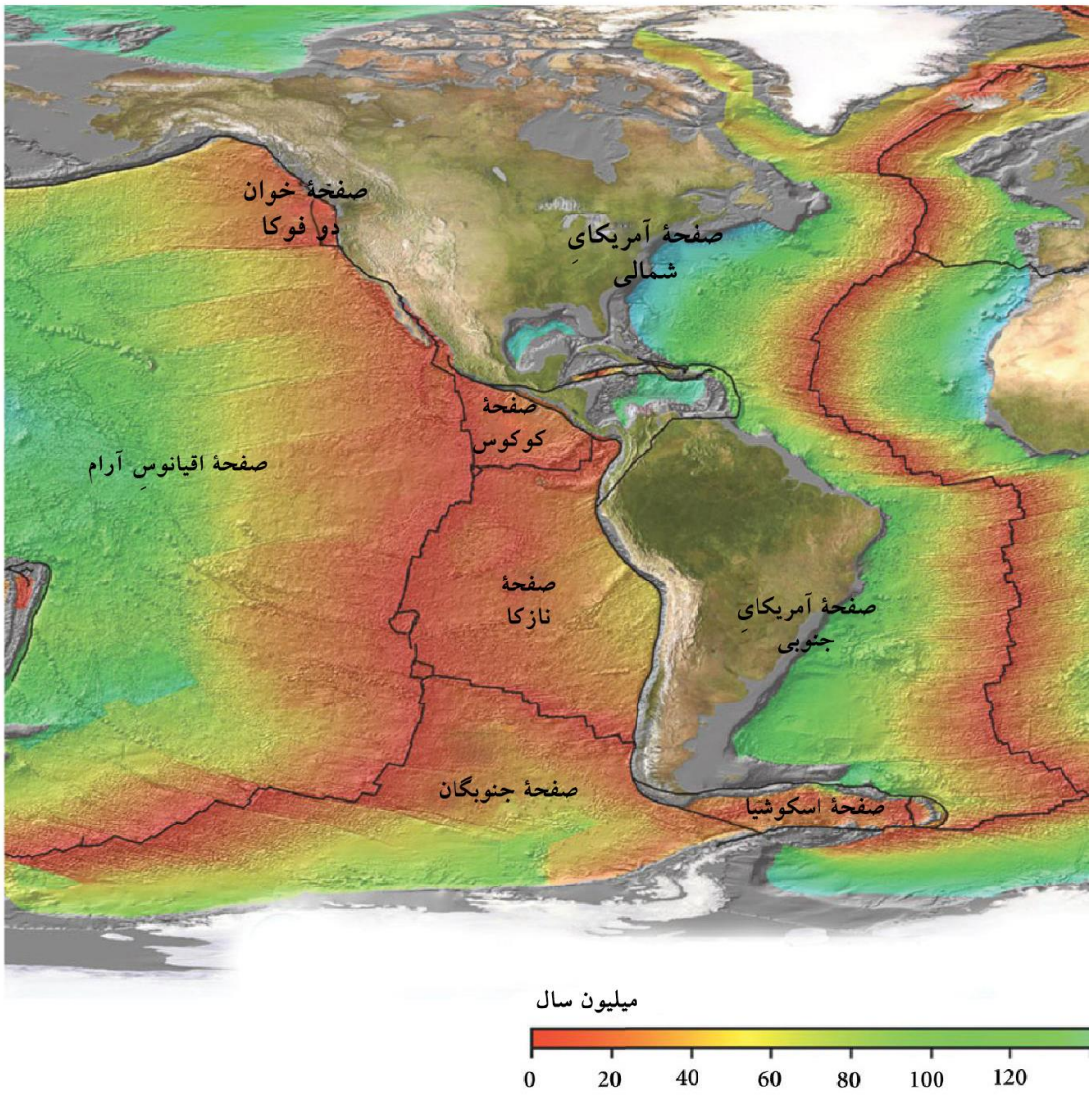

**تصویرِ رنگی ۱۶**



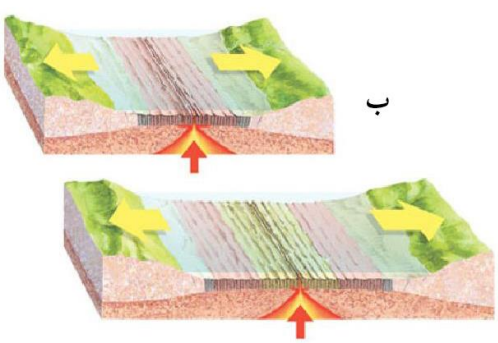

**تصویرِ رنگی ۱۷**

**(الف)** سن سنگ‌های کف اقیانوس بر اساس رنگ. زیردریاییَ کذایی فصَل نهَم سفر خود را به سَمت شرق از برَآمدگیَ برزیلَ آغاز میَ‌کند و در میانهٔ سَفر به سنگ‌های جوانَ در وسط اقیانوس اطلس می‌رسد. **(ب)** سفرَهٔ کف دریا و (پ) جریَان‌های آرام و عمیقِ هم‌رفتی که محَرکِ حرکاتِ صفحات هَستند.

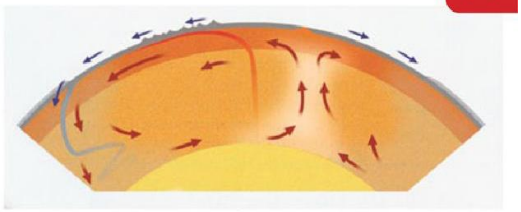
**الف**



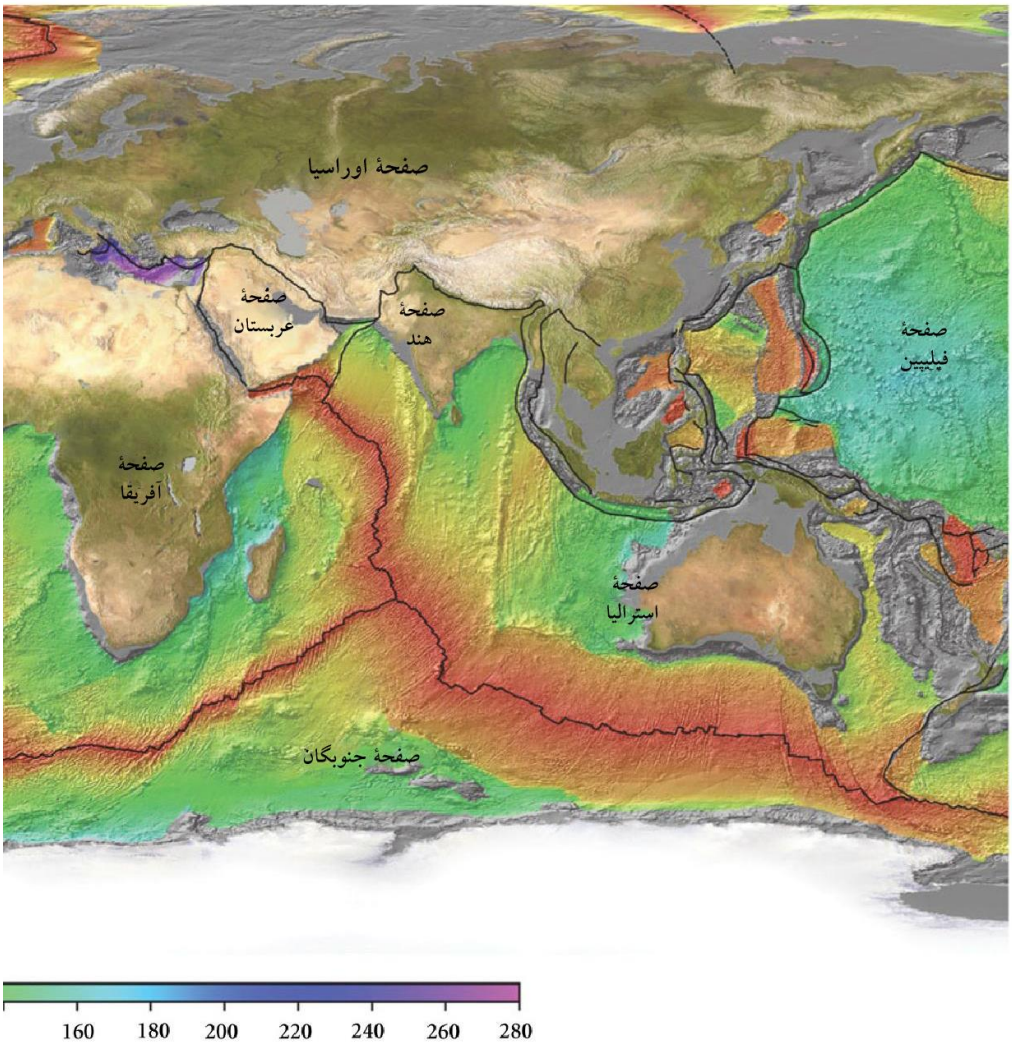

**تصویرِ رنگی ۱۸**



ب



پ




**تصویرِ رنگی ۱۹**

**تصویرِ رنگی ۲۰**

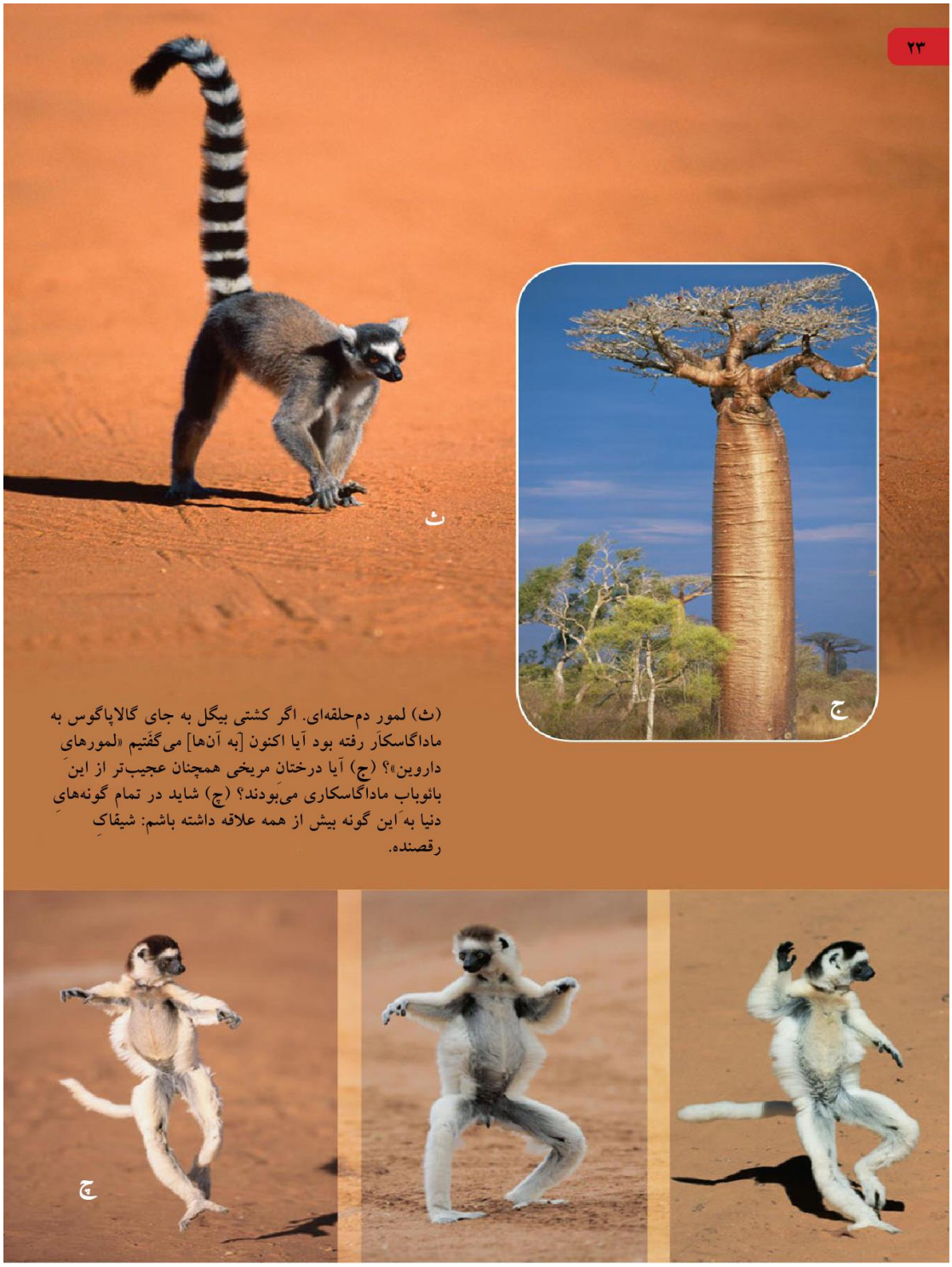
**گالاپاگوس: ویترینِ کم-سن-و-سالِ فرگشت؟**

(**الف**) کالدرا در فرناندینا، جوان‌ترین و فعال‌ترین جزیرهٔ آتش‌فشانی گالاپاگوس. (ب) عکس هوایی از گالاپاگوس. پوشش سبزِ ارتفاعات (آتش‌فشان‌ها) و رنگ تیرهٔ صفحات گدازه‌ای. (پ) پلیکان گالاپاگوس و شیرجه رفتن در آبَ برای صید ماهی. این زیرگونهٔ گالاپاگوسی پلیکان‌های قهوه ای، به دلیلی، به اورینَاتور مشهور شده است.

(ت) ایگوآنای دریایی گالاپاگوس در حال شنا، عادتی منحصرَ-به-فردَ در سوسماران. لاک‌پشت های غول‌پیکر گالاپاگوس جزیره به جزیره با هم فرق می‌کنند. شکل پشت زینی (ث)، برخلاف شکل گنبدی لاک‌پشت‌های علف‌خوار (ج)، خاصِ جزایری است که لاک‌پشت‌هاشان کاکتوس‌خوار هستند و در نتیجه مجبورند گردن‌شان را بالا بکشند. (چ) صحنه‌ای آشنا در گالاپاگوس: پلیکان قهوه‌ای گالاپاگوس، پنگوئن گالاپاگوسی (یگانه پنگوئنی که پایش — صرفاً تا مرز — نیمکرهٔ شمالی باز شده است) و خرچنگی معروف به «سالی رقاص» بر روی صخره‌های سیاه‌رنگِ گدازه‌ای.

**تصویرِ رنگی ۲۱**

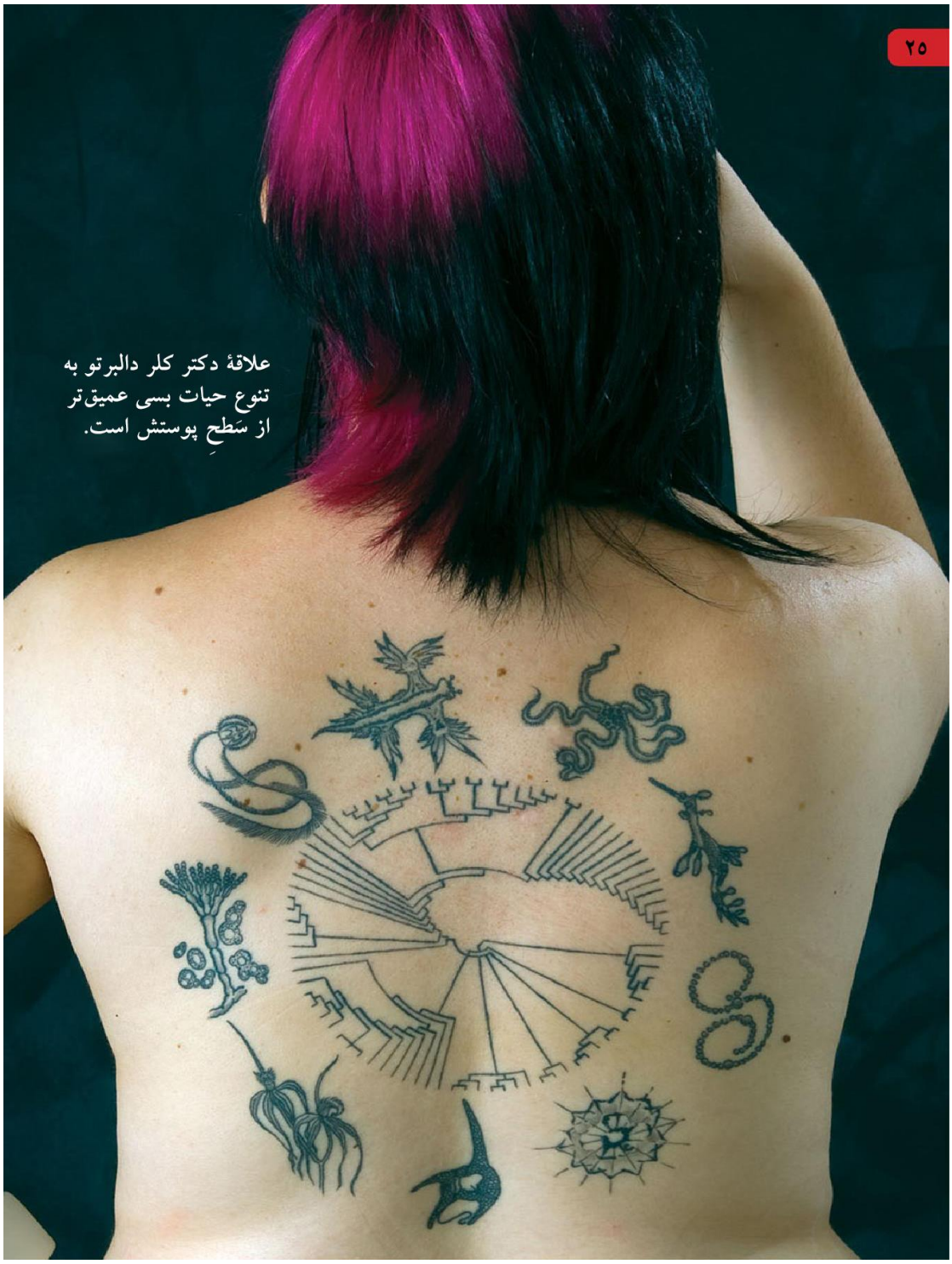
**تصویرِ رنگی ۲۲**



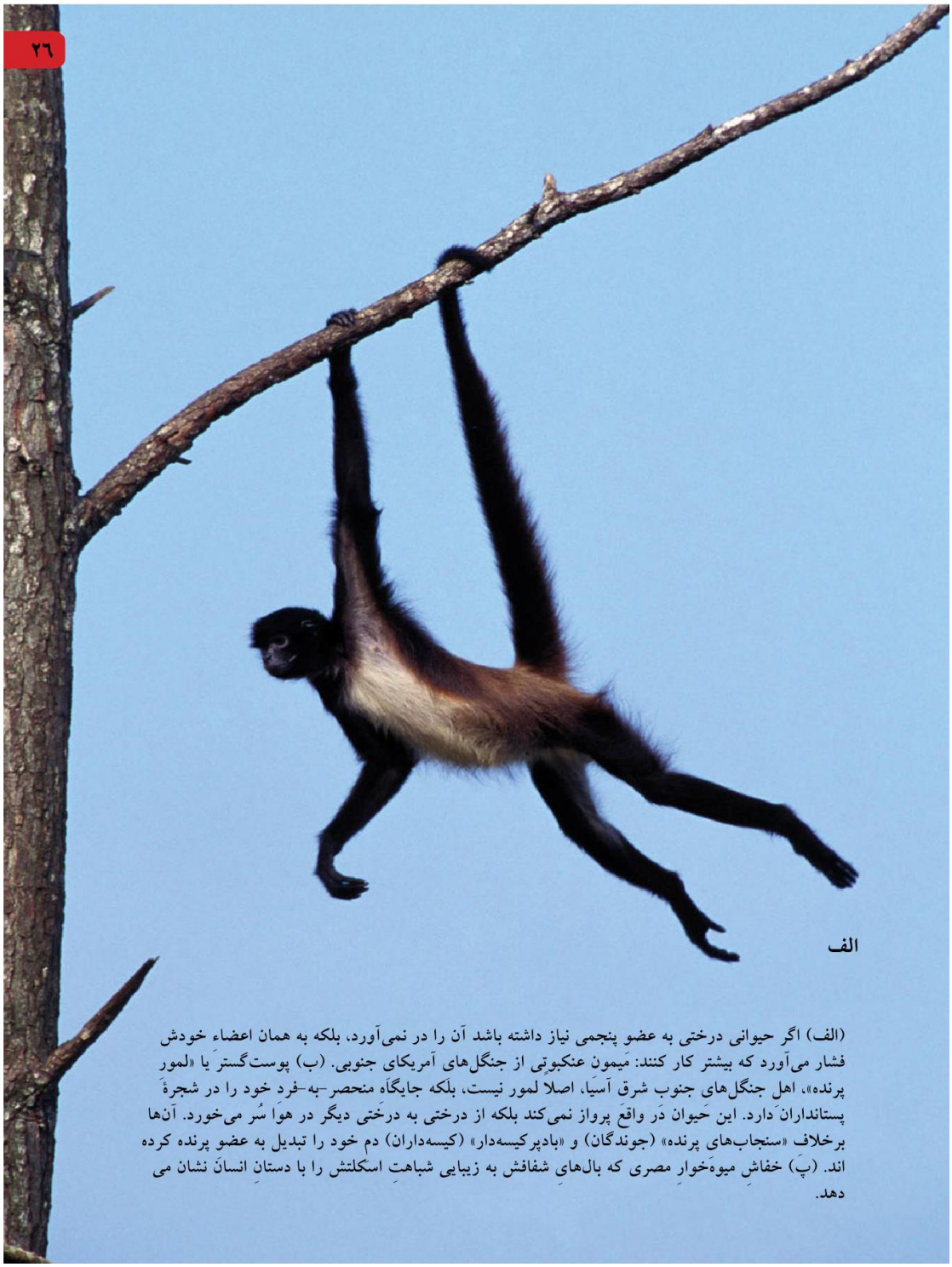

(ث) لمور دم‌حلقه‌ای. اگر کشتی بیگل به جای گالاپاگوس به ماداگاسکار رفته بود آیا اکنون [به آن‌ها] می‌گفتیم «لمورهای داروین»؟ (ج) آیا درختان مریخی همچنان عجیب‌تر از این بائوباب ماداگاسکاری می‌بودند؟ (چ) شاید در تمام گونه‌های دنیا به این گونه بیش از همه علاقه داشته باشم: شیفاک رقصنده.

**تصویرِ رنگی ۲۳**

**تصویرِ رنگی ۲٤**




**تصویرِ رنگی ۲۵**




(الف) اگر حیوانی درختی به عضو پنجمی نیاز داشته باشد آن را در نمی‌آورد، بلکه به همان اعضاء خودش فشار می‌آورد که بیشتر کار کنند: مَیمونِ عنکبوتی از جنگل‌های آمریکای جنوبی. (ب) پوست‌گسترَ یا «لمور پرنده»، اهلِ جنگل‌های جنوب شرقِ آسیَا، اصلاً لمور نیست، بلکه جایگاه منحصر-به-فردِ خود را در شجرهٔ پستانداران دارد. این حَیوان دَر واقعَ پرواز نمی‌کند بلکه از درختی به درختی دیگر در هوَا سُر می‌خورد. آن‌ها برخلاف «سنجاب‌های پرنده» (جوندگان) و «بادپرکیسه‌دار» (کیسه‌داران) دم خود را تبدیل به عضو پرنده کرده اند. (پَ) خفاشِ میوه‌خوارِ مصری که بال‌هایِ شفافش به زیبایی شباهتِ اسکلتش را با دستانِ انسانَ نشان می دهد.

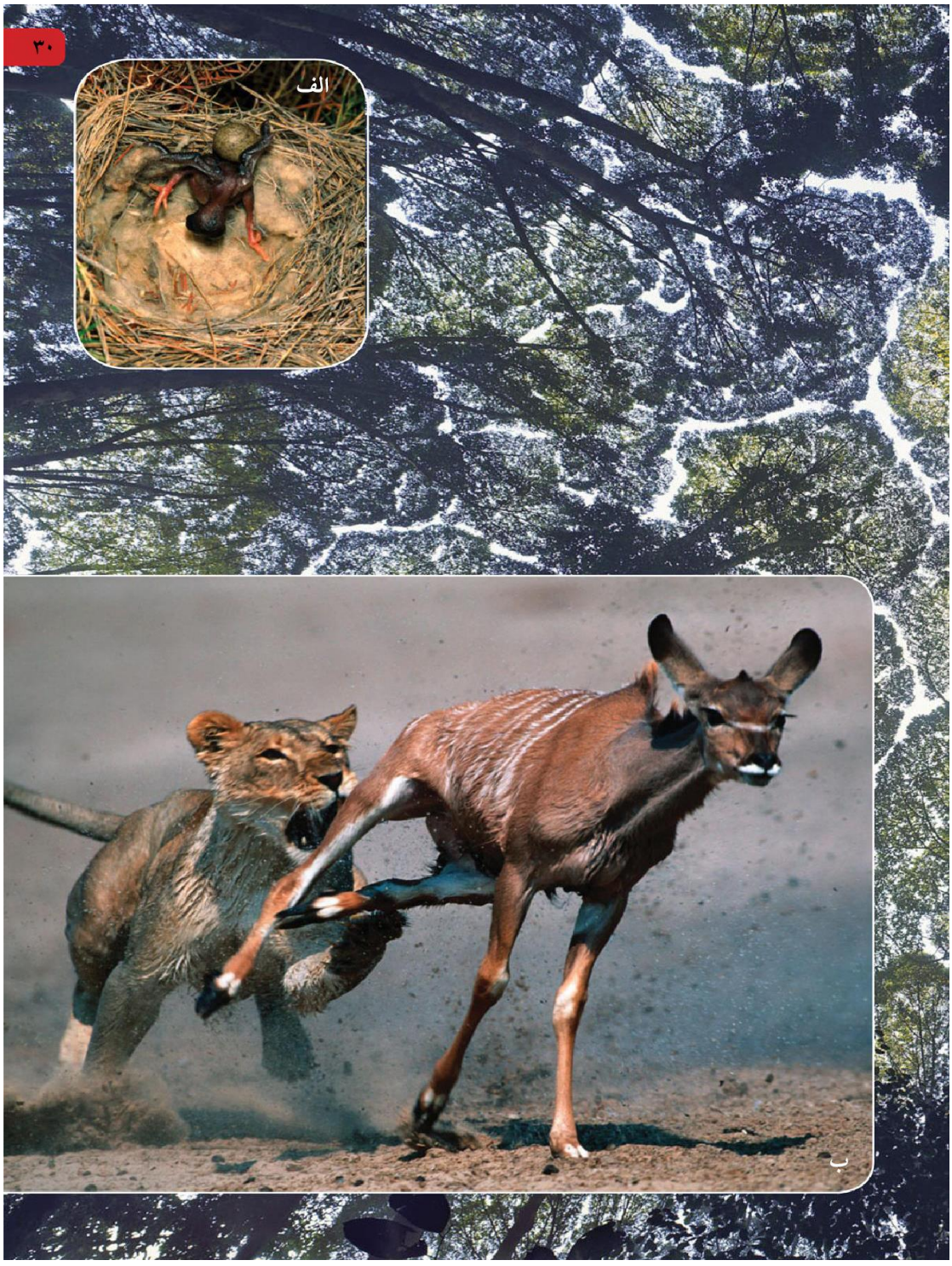
## تصویرِ رنگی ۲۶

**تصویرِ رنگی ۲۷**

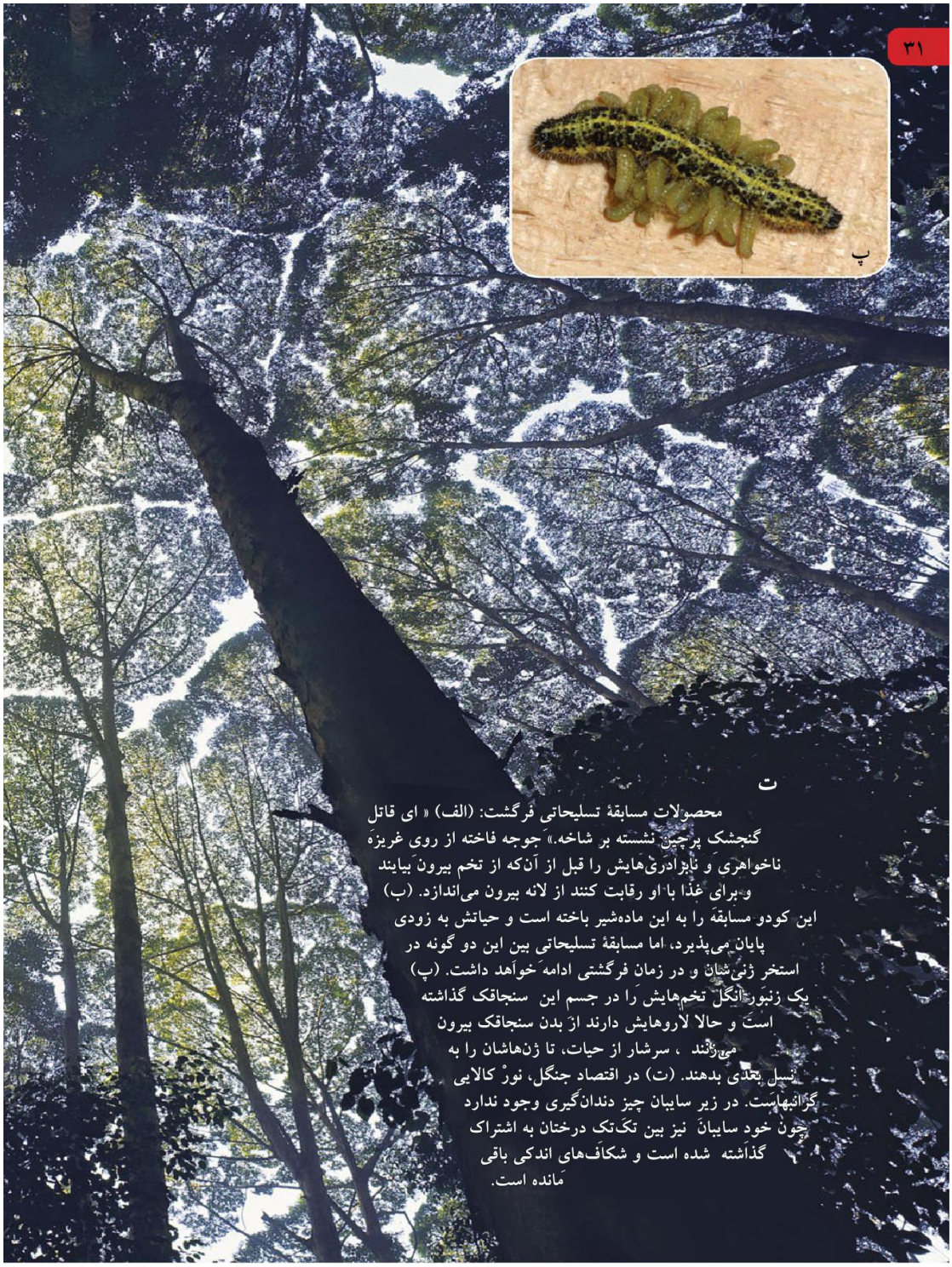
بال‌های کوتولهٔ این پرندگان بی‌پرواز هبوط این پرندگان از جایگاهَ اجدادشان را فریاد مَی‌زند. شترمرغَ آفریقایی (الف) همچنانَ از بال‌هایش استفاده می‌کند اما فقَط برای تعادل و ارتباط با همنوعان. باکلان بی‌پرواز گالاپاگوس (ب) همچنان مثل پسرخالهٔ پرنده‌اش، بال‌های بی‌مَصرفش را آویزان می‌گیرد تا خَشک شوند. باکلان در زیرَ آب به ماهی‌گیری چیره‌دست تبدیل می‌شود (پ) اما برخلافَ پنگوئن‌ها، برای شنا از بال هایش استفاده نمی‌کند بلکه به کمک حرکاتِ قدَرتمند پاهای پرده‌دارش در آب رو به جلو می‌رود. (ت) بَه قول داگَلاس آدامز، «بدبختانه، کاکاپو نه تنها پرواز را بالکل از یَاد برده، بلکه یادش رفته که پرواز را از یاد برده است. یک کاکاپوی به ظاهر هراسان گاه از روی درخت بالا می‌رود و از آن می‌پرَد اما مثلِ آجر از آن بالا تالاپی می‌افتد زمین.»

**تصویرِ رنگی ۲۸**

**تصویرِ رنگی ۲۹**




**تصویرِ رنگی ۳۰**




**تصویرِ رنگی ۳۱**

**32 تصویرِ رنگی**

**page ١**: *The Earthly Paradise* by Jan Brueghel the Elder, ١٦٠٧–٨, Louvre, .Paris: Lauros/Giraudon/The Bridgeman Art Library

**pages ٢–٣**: *(a) Wild cabbage* (Brassica oleracea), sea cliffs, Dorset: © Martin Fowler/Alamy; (b) vegetable spiral: Tom Poland; (c) Bernard Lavery, holder of ١٤ world records, with one of his giant cabbages in Spalding, Lincs., ١٩٩٣: Chris Steele-Perkins/Magnum Photos; (d) sunflowers, Great Sand Dunes National Monument, Colorado: © Chris Howes/Wild Places Photography/Alamy; (e) sunflower field, Hokkaido: Mitsushi Okada/Getty Images; (f) Astucieux du Moulin de Rance, a British Belgian Blue bull, presented by B. E. Newton: Yann Arthus-Bertrand/CORBIS; (g) Kathy Knott, the winner in a posing routine at the British Bodybuilding Championships: © Barry Lewis/Corbis; (h) ١٩٩٦ .Chihuahua and Great Dane: © moodboard/alamy

**pages ٤–٥**: (background) summer meadow, Norfolk: *© G&M Garden Images/Alamy; (a) comet orchid* (Angraecum sesquipedale), Perinet National Park, Madagascar: *Pete Oxford/Nature Picture Library and* Xanthopan morgani praedicta: *© the Natural History Museum/Alamy; (b) bucket orchid* (Coryanthes speciosa): *© Custom Life Science Images/Alamy; (c) bee emerging from a bucket orchid: photolibrary/ Oxford Scientific Films; (d) Andean Emerald hummingbird* (Amazillia franciae), Mindo, Ecuador: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (e) South African sunbird, Cape Town, South Africa: *© Nic Bothma/epa/Corbis; (f) Hummingbird Hawk-moth* (Macroglossum

stellatarum), Switzerland: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (g) hammer orchid and wasp, Western Australia: Babs and Bert Wells/Oxford Scientific Films/photolibrary; (h) *Ophrys holosericea* orchid attracting male buff-tailed bumble bee: blickwinkel/Alamy; (i, j) evening primrose (*Oenothera biennis*) in normal and ultraviolet light: both Bjorn Rorslett/Science Photo Library; (k) spider orchid (*Brassia rex*), Papua New Guinea: © Doug Steeley /Alamy

**pages ٦–٧**: (a) Pair of pheasants (*Phasianus colchius*): Richard Packwood/Oxford Scientific Films/ photolibrary; (b) guppies: *Maximillian Winzieri/Alamy; (c) Malaysian orchid mantis* (Hymenopus coronatus), Malaysia: Thomas Minden/Minden Pictures/National Geographic Stock; (d) leaf mantis nymph, Amazon rainforest, Ecuador: © Michael & Patricia Fogen/Corbis; (e) satanic leaf-tailed gecko: © Jim Zuckerman/Corbis; (f) caterpillar mimicking snake, rainforest, Costa .Rica

**page ٨**: Gorilla experiment: Simons, D. J., & Chabris, C. F. (١٩٩٩). Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. *Perception*, ٢٨, ١٠٥٩–١٠٧٤. Crocoduck tie: courtesy of Josh Timonen. .Caddis fly: photo courtesy of Graham Owen

**page ٩**: *Darwinius masillae*: © Atlantic Productions Ltd/photo Sam .Peach

**pages ١٠–١١**: (a) Devonian scene by Karen Carr: © Field Museum; (b) *Tiktaalik* fossil: *© Ted Daeschler/Academy of Natural Sciences/VIREO;* (c) Tiktaalik model and photo: copyright Tyler Keillor; (d) manatee and calves, ZooParc, Saint-Aignan, ٢٠٠٣: AFP/ Getty Images; (e) dugong at Sydney Aquarium, ٢٠٠٨: AFP/Getty Images; (f) *Odontochelys* : Marlene .Donnelly/courtesy of The Field Museum

**pages ١٢–١٣**: (a, b) the enzyme hexokinase closes round a glucose molecule: courtesy Thomas A. Steitz. (c) Cutaway artwork of an animal .cell: Russell Knightley/Science Photo Library

**pages ١٤–١٥**: (a) Fertilized human egg cell and (b) two-cell human embryo at ٣٠ hours: both Edelmann/Science Photo Library; (c) eight-cell human embryo at ٣ days and (d) sixteen-cell human embryo at ٤ days: both Dr Yorgos Nikas/Science Photo Library; (e) embryo at ١٠ days inside the womb, just implanted in the uterine lining; (f) at ٢٢ days, the embryo has a curved backbone and the neural tube is open at both ends; (g) at ٢٤ days, the embryo is firmly implanted in the uterine wall, the heart extends almost up to the head and the placenta links it to the uterus, and (h) at ٢٥ days: all photo Lennart Nilsson © Lennart Nilsson; embryo (i) at ٥–٦ weeks; (j) at ٧ weeks: both Edelmann/Science Photo Library; (k) foetus at ١٧ weeks, (l) at ٢٢ weeks: both Oxford Scientific Films/ .photolibrary; (m) newborn baby: Getty Images/Steve Satushek

**page ١٦**: Starling sequence: dylan.winter@virgin.net.

**page ۱۷**: San Andreas Fault in the Carrizzo Plain, Central California: © .Kevin Schafer/Alamy

**pages ۱۸–۱۹**: (a) Diagram showing the age of the oceanic lithosphere, data source: R. D. Muller, M. Sdrolias, C. Gaina and W. R. Roest, 'Age spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust', Geochem. Geophys. Geosyst. ۹.Q۰۴۰۰۶. doi:۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۷/GC۰۰۱۷۴۳. Image created by Elliot Lim, CIRES & NOAA/NGDC, Marine Geology and Geophysics Division. Data & images available from http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/; (b) artwork showing the process of sea floor spreading: Gary Hincks/Science Photo Library; (c) artwork .convection currents: © Tom Coulson/Dorling Kindersley

**pages ۲۰–۱**: (a) Caldera of a volcano, Fernandina Island, Galapagos: Patrick Morris/Nature Picture Library; (b) Galapagos Islands from space: *Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response Team, NASA/GSFC; (c), (d), (f), (g) Diving pelican, Seymour Island; swimming marine iguana Fernandina Island; Galapagos tortoise, Santa Cruz; and pelican, penguin and Sally Lightfoot crabs, Santiago Island: all © Josie Cameron Ashcroft; (e) Espanola saddleback tortoise* (Geochelone elephantopus hoodensis), .Santa Cruz Island, Galapagos: Mark Jones/Oxford Scientific/photolibrary

**pages ۲۲–۳**: *(a) Eastern Grey kangaroo* (Macropus giganteus), Murramarang National Park, New South Wales: Jean Paul Ferrero/Ardea; (b) open eucalyptus woodland, near Norseman, Western Australia: *Brian Rogers/Natural Visions; (c) koala and joey: photo*

*courtesy Wendy Blanshard/Lone Pine Koala Sanctuary; (d) duck-billed platypus* (Ornithorhynchus anatinus)*, swimming underwater; (e) ring-tailed lemur* (Lemur catta), Berenty Reserve, Southern Madagascar: *Hermann Brehm/Nature Picture Library; (f) baobab tree*, (Adansonia grandidieri), Western Madagascar: *Nick Garbutt/Nature Picture Library; (g) Verreaux's sifaka lemur* (Propithecus verreauxi), Berenty Reserve, Southern Madagascar: (*left*) Kevin Schafer/Alamy; (*middle*) © Kevin .Schafer/Corbis; (*right*) Heather Angel/Natural Visions

**page ٢٤:** Blue-footed booby (*Sula nebouxii*): (*main picture*) © Michael ;DeFreitas South America/ Alamy; (*top to bottom*) © Westend ٦١/Alamy Fred Lord/Alamy; F١Online/photolibrary; (*bottom two*) Nick © .Garbutt/Photoshot

.**page ٢٥**: Clare D'Alberto: © David Paul / dpimages ٢٠٠٩

**pages ٢٦–٧**: (a) spider monkey, Belize, Central America: Cubolimages srl/Alamy; (b) male flying lemur, Borneo: Tim Laman/National .Geographic Stock; (c) Egyptian fruit bat: © Tim Flach

**pages ٢٨–٩**: (a) Ostrich (*Struthhio camelus*), running: *© Juniors Bildarchiv/Alamy; (b) flightless cormorant* (Nannopterum harrisi), Punta Espinosa, Fernandina, Galapagos: *© Peter Nicholson/Alamy; (c) flightless cormorant* (Nannopterum harrisi), diving, Fernandina, Galapagos: *Pete Oxford/Nature Picture Library; (d) kakapo* (Strigops harboptilus), New Zealand; (e) harvester ant removes her wings before

giving birth, artwork by John Dawson: *National Geographic/Getty Images; (f) cave salamander* (Proteus anguinus): *Francesco Tomasinelli/ Natural Visions; (g) short-beaked common dolphin* (Delphinus delphis), Gulf of California, Mexico

**pages ۳۰–۱**: *(a) European cuckoo ejecting host shrike* (Lanius senator) egg from nest, Spain: *© Nature Picture Library/Alamy; (b) lioness* (Panthera leo), hunting young kudu, Etosha National Park, Namibia: © Martin Harvey/Alamy: (c) Large White (*Pieris brassicae*) caterpillar with larvae of parasitoid wasp (*Cotesia glomerata*) leaving to pupate: © :WILDLIFE GmbH/Alamy; (d) canopy of Kapur trees, Selangor, Malaysia Hans Strand ©

**page ۳۲**: (a) Amazon estuary, aerial view: *© Stock Connection Distribution/Alamy; (b) wild garlic* (Allium ursinum), Cornwall: © Tom Joslyn/Alamy; (c) hills and pastureland, Morgan Territory, California: *© Brad Perks Lightscapes/Alamy; (d) moss* (Hookeria luscens), leaf cells, a polarised light micrograph, showing two whole cells containing .chloroplasts: Dr Keith Wheeler/Science Photo Library

## تصاویرِ درونِ متن

تصاویرِ درون-متنیِ این صفحات، توسطِ HL Studios، باز-رسم شده‌اند: ۹۰, ۱۴۹ (هر دو), ۱۵۳, ۱۶۶, ۱۶۷, ۱۶۸ (هر دو), ۱۷۳ (هر دو), ۱۷۶, ۱۷۷, ۱۸۶, ۱۸۷, ۱۸۹, ۱۹۱, ۱۹۲ (هر دو), ۱۹۳, ۱۹۶, ۲۲۲, ۲۲۵, ۲۲۷, ۲۲۸, ۲۳۰, ۲۳۱, ۲۳۲, ۲۸۷, ۲۸۹, ۲۹۰, ۲۹۴ (هر دو), ۲۹۵ ,۳۰۰ (both), (همهٔ تصاویر), ۳۰۲, ۳۰۴, ۳۰۷, ۳۴۳, ۳۴۶, ۳۴۷ (هر دو), ۳۵۰ (هر دو), ۳۵۴, ۳۵۷ و ۳۶۵.

**قدردانی از افراد:**

**page ۷**: *'I still say it's only a theory', cartoon by David Sipress from the* New Yorker, ۲۳ May ۲۰۰۵: © The New Yorker Collection ۲۰۰۵ David .Sipress from cartoonbank.com. All Rights Reserved

.**pages ٤٠ and ٤٢**: Computer-generated images courtesy the author

**page ٥٥**: Hamburgh fowl, Spanish fowl and Polish fowl, from Charles .Darwin, *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, ۱۸۶۸

**page ٥٧**: Kabuki mask of a samurai warrior, detail of a ۱۹th-century woodblock by Utagawa Toyokuni III, photo courtesy Los Angeles Natural History Museum. *Heikea japonica*, a male collected in Ariake Bay, off Kyushyu, Japan, ۱۹۶۸, width ۲۰.۴mm, photo Dick Meier, courtesy Los .Angeles Natural History Museum

**page ٦٧**: *Two lines of maize selected for high and low oil content, from J. W. Dudley and R. G. Lambert, 'Ninety generations of selection for oil and .protein in maize',* Maydica ۳۷ (۱۹۹۲) ۸۱–۷

**page ٦٨**: Two lines of rats, from H. R. Hunt, C. A. Hoppert and S. Rosen, Genetic factors in experimental rat caries', in R. F. Sognnaes, ed., ' *Advances in Experimental Caries Research* (Washington DC: American .Association for the Advancement of Science, ۱۹۵۵), ۶۶–۸۱

**page ٧٥**: *Dmitry Belyaev with laboratory foxes, Novosibirsk, Russia, March ۱۹۸۴, photo RIA Novosti; inset photo from D. K. Belayev, 'Destabilizing selection as a factor in domestication',* Journal of Heredity ' .۸–۳۰۱ ,(۱۹۷۹) ۷۰

**page ١١٢**: *Graph from A. C. Brooks and I. O. Buss, 'Trend in tusk size of the Uganda elephant',* Mammalia ٢٦: ١ (١٩٦٢), ١٠–٣٤.

**page ١١٥**: Diagram from A. Herrel, B. Vanhooydonck and R. van Damme, 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint', Journal of Evolutionary Biology ١٧ (٢٠٠٤), ٩٧٤–٨٤.

**page ١١٦**: Photograph of caecal valve, from A. Herrel, B. Vanhooydonck and R. van Damme, 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint', *Journal of Evolutionary Biology* ١٧ (٢٠٠٤), ٩٧٤–٨٤; photo courtesy Anthony Herrel.

**pages ١٢٣** (both), **١٢٥** and **١٢٧**: 'Dynamics of adaptation and diversification: a ١٠,٠٠٠-generation experiment with bacterial populations', *Proceedings of the National Academy of Sciences* ٩١ (٩١), ٦٨٠٨–١٤.

**page ١٤٠**: *Lingula*: 'Recent specimen of the brachiopod Lingula with long pedicle emerging from the ٥ cm long valves of the phosphatic shell', © Natural History Museum, London. *Lingulella*, engraving © Natural History Museum, University of Oslo.

**page ١٥٣**: *Eomaia scansoria, Chinese Academy of Geological Sciences (CAGS), redrawn from Qiang Ji, Zhe-Xi Luo, Chong-Xi Yuan, John R. Wible, Jian-Ping Zhang and Justin A. Georgi, 'The earliest known eutherian mammal',* Nature ٤١٦ (٢٥ April ٢٠٠٢), ٨١٦–٢٢.

**page ١٦٦**: *Eusthenopteron*, after S.M. Andrews and T.S. *Westoll, 'The postcranial skeleton of* Eusthenopteron foordi Whiteaves', *Transactions .of the Royal Society of Edinburgh* ٦٨ (١٩٧٠), ٢٠٧–٣٢٩

**page ١٦٧**: *Ichthyostega, after Per Erik Ahlberg, Jennifer Clack and Henning Blom, 'The axial skeleton of the Devonian tetrapod* Ichthyostega', Nature ٤٣٧ (١ Sept. ٢٠٠٥), ١٣٧–٤٠, fig. ١. *Acanthostega*, after J. A. Clack, 'The emergence of early tetrapods', *Palaeogeography, .Palaeoclimatoogy, Palaeoecology* ٢٣٢ (٢٠٠٦), ١٦٧–٨٩

.**page ١٦٨**: *Panderichthys*, reconstruction after Jennifer A. Clack

**page ١٧١**: *Diagram from D. R. Prothero,* Evolution: *What the Fossils Say and Why it Matters*, copyright © ٢٠٠٧ Columbia University Press. .Reprinted with permission from the publisher

**page ١٧٣** (below): Reconstructed composite skeleton of *Pezosiren portelli*. Lateral view, length roughly ٢.١ m. Shaded elements are represented by fossils; unshaded elements . . . are not. The length of the tail, and the form and posture of the feet are partly conjectural. *After D. P. Domning, 'The earliest known fully quadrupedal sirenian',* Nature ٤١٣ .Oct. ٢٠٠١), ٦٢٦–٧, fig. ١ (١١

**page ١٧٧**: Diagram modified from W. G. Joyce and J. A. Gauthier, Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins',' .*Proceedings of the Royal Society of London* ٢٧١ (٢٠٠٤), ١–٥

.**page ٢٠٤**: *Sahelanthropus tchadensis,* reconstruction by © Bone Clones

**page ٢٠٥**: Skull of a foetal chimpanzee, reconstruction by © Bone Clones.

**page ٢٠٦**: *Baby and adult chimpanzee, photos courtesy Stephen Carr, from Adolf Naef, 'Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels',* Die Naturwissenschaften ١٤: ٢١ (١٩٢٦), ٧–٤٧٢. Original photos by Herbert Lang taken during the American Natural History Museum Congo Expedition, ١٩٠٩–١٥.

**page ٢٢٢**: Three kinds of virus, after Neil. A. Campbell, Jane B. Reece and Lawrence G. Mitchell, *Biology*, ٥th edn, fig. ١٨.٢, p. ٣٢١. Copyright © ١٩٩٩ by Benjamin/Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc. Reprinted by permission of Pearson Education, Inc.

**page ٢٢٧**: Neurulation diagram, courtesy PZ Myers.

**pages ٢٤٢–٣**: Cellular family tree of *Caenorhabditis elegans*, http://www.wormatlas.org.

**page ٢٥٩**: *Map of the Galapagos archipelago, from Charles Darwin,* Journal of Researches, ١st illus. edn, ١٨٩٠, © The Natural History Museum, London.

**page ٢٦٦**: Forest trees on St Helena, by courtesy of Jonathan Kingdon.

**page ٢٧٥**: *'South America Secedes', cartoon by John Holden from Robert S. Diets, 'More about continental drift',* Sea Frontiers, magazine of the International Oceanographic Foundation, March– April ١٩٦٧.

**page ٢٨٩**: Pterodactyl skeleton, after P. Wellnhofer, *Pterosaurs* (London: Salamander Books, ١٩٩١).

**page ۲۹۲**: Polydactylic horse, from O. C. Marsh, 'Recent polydactyle horses', *American Journal of Science*, April ۱۸۹۲.

**page ۲۹۵**: Okapi skeleton, after a drawing by Jonathan Kingdon.

**page ۳۰۱**: Thylacine skull, S. R. Sleightholme and N. P. Ayliffe, International Thylacine Specimen Database, Zoological Society of London (۲۰۰۵).

**page ۳۰٤**: Bdelloid rotifer, after Marcus Hartog, 'Rotifera, gastrotricha, and kinorhyncha', *The Cambridge Natural History*, vol. II (۱۸۹۶)

**page ۳۰۹**: 'Various species of crabs and crayfishes', from Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur* (۱۸۹۹– ۱۹۰۴)

**pages ۳۱۱–۱۲**: diagrams from D'Arcy Wentworth Thompson, *On Growth and Form* (۱۹۱۷)

**page ۳۲۷**: 'Hodgkin's Law', courtesy Jonathan Hodgkin

**page ۳۲۹**: Phylogenetic tree, from David Hillis, Derrick Zwickl and Robin Gutell, University of Texas at Austin, http://www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html.

**page ۳٤۷**: *Anhanguera*: after John Sibbick.

**page ۳٤۹**: Female *Thaumatoxena andreinii silvestri*, from R. H. L. Disney and D. H. Kistner, 'Revision of the termitophilous Thaumatoxeninae (Diptera: Phoridae)', *Journal of Natural History* (۱۹۹۲) ۲۶: ۹۵۳–۹۱.

**page ۳٦۱**: Diagram from R. J. Berry and A. Hallam, *The Collins Encyclopedia of Animal Evolution* (۱۹۸۶)

page ۳٦۳: Giraffe dissection, photo Joy S. Reidenberg PhD.

page ۳٦٤: Diagram after George C. Williams.

برایِ یافتنِ دارندگانِ حقِ نشر، از هیچ کوششی فروگذار نشده است. اگر موردی از قلم افتاده است، لطفاً آن را به ناشر گزارش دهید تا، در ویراست‌هایِ بعدی، قدردانیِ شایسته به عمل آید.