

فرگشت

آنچه هر کس نیاز دارد بداند

نویسنده

رابین دانبار

انتشارات دانشگاه آکسفورد

چاپ ۲۰۲۰

برگردان و حاشیه نویسی

حسین جرجانی

2026 (January)

تاریخچه بازبینی

2024 – 04 – 23

2024 – 05 – 05

2026 – 01 - 02

این کتاب، شرحی انتقادی و ویراستاری شده علمی بر کتاب زیر است:

Dunbar, R. (2020) Evolution – What everyone needs to know. Oxford University Press.

برای ارجاع دادن به این کتاب عنوان زیر را به کار ببرید:

Jorjani, H. (2026) A commentary on Dunbar's (2020) Evolution - What everyone needs to know. In Farsi (Persian).

آخرین ویرایش این کتاب را، همواره در نشانی زیر پیدا می کنید:

[/https://hosseinjorjani.com/fargasht_anche_har_kas_niaz_darad_bedand](https://hosseinjorjani.com/fargasht_anche_har_kas_niaz_darad_bedand)

پخش آن چیزی که در این کتاب دست آورد کار من است، به هر صورتی، آزاد است.

عکس روی جلد

جام مارلیک: درخت زندگی

Detail of a rhyton from Marlik, Iran, 1000 BC

By Behrouz.rayini - Own work, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=71051396>

فهرست کتاب

فهرست کتاب.....	۱
پیش‌گفتار مترجم.....	۴
انتخاب و برگردانی کتاب.....	ب
یادداشت‌های ویراستاری.....	د
تقدیم‌نامه.....	ز
پیش‌گفتار.....	۱
فصل ۱: فرگشت و گزینش زیستاری.....	۹
پرسش ۱ - چرا به نگره فرگشت نیاز داریم؟.....	۹
پرسش ۲ - پس چه کسی فرگشت را کشف کرد؟.....	۱۱
پرسش ۳ - نگره داروین چگونه درک ما از فرگشت را تغییر داد؟.....	۱۵
پرسش ۴ - نگره فرگشت با گزینش زیستاری داروین چه بود؟.....	۲۰
پرسش ۵ - داروین چه نشانه‌هایی برای پشتیبانی از نگره خود داشت؟.....	۲۵
پرسش ۶ - در این صورت، چرا داروین نگره دوم، نگره گزینش جنسی، را مطرح کرد؟.....	۲۷
پرسش ۷ - در حال حاضر چه نشانه‌هایی برای پشتیبانی از نگره داروین داریم؟.....	۳۱
پرسش ۸ - اما آیا نگره فرگشت فقط یک نگره نیست؟.....	۳۵
پرسش ۹ - پس چرا بسیاری از مردم داروین را باور نمی‌کردند؟.....	۳۸
پرسش ۱۰ - چرا پرسیدن دلیل مهم است؟.....	۴۰
فصل ۲: فرگشت و سازگاری.....	۴۵
پرسش ۱۱ - گونه‌ها چگونه با محیط خود سازگار می‌شوند؟.....	۴۵
پرسش ۱۲ - چگونه سازگاری‌ها را تشخیص دهیم؟.....	۴۷
پرسش ۱۳ - چگونه صفات‌های جدید پدید می‌آیند؟.....	۵۳
پرسش ۱۴ - آیا همگونی یک سازگاری است؟.....	۵۶
پرسش ۱۵ - اندام‌های بازمانده‌ای [۱] در مورد فرگشت به ما چه می‌گویند؟.....	۵۹
پرسش ۱۶ - فرگشت با چه سرعتی رخ می‌دهد؟.....	۶۲
پرسش ۱۷ - تغییر اقلیمی چگونه بر تغییر فرگشتی تأثیر می‌گذارد؟.....	۶۴
پرسش ۱۸ - آیا کمال نتیجه اجتناب ناپذیر فرگشت است؟.....	۶۸
پرسش ۱۹ - چرا به نظر می‌رسد برخی از ویژگی‌های زیستی ضعیف طراحی شده‌اند؟.....	۶۹
پرسش ۲۰ - چرا گاهی وقت‌ها طعمه اعتیادهای واقعاً مخرب می‌شویم؟.....	۷۱
فصل ۳: فرگشت و ژنتیک.....	۷۵
پرسش ۲۱ - چرا کشف ژنتیک برای درک ما از فرگشت بسیار مهم بود؟.....	۷۵
پرسش ۲۲ - قوانین مندلی وراثت چیست؟.....	۷۸
پرسش ۲۳ - "سنتز نوین" چیست؟.....	۸۴
پرسش ۲۴ - کشف دی‌ان‌ای (DNA) چگونه درک ما را از سازوکار ژنتیکی در فرگشت تغییر داد؟.....	۸۸
پرسش ۲۵ - برآزش ژنتیکی چیست؟.....	۹۱
پرسش ۲۶ - آیا ژن‌ها واقعاً خودخواه هستند؟.....	۹۴
پرسش ۲۷ - اما جانوران چگونه می‌دانند که خویشاوندان آن‌ها چه کسانی هستند؟.....	۹۶
پرسش ۲۸ - آیا غیر از دی‌ان‌ای، انواع دیگری از انتقال زیست‌شناسانه وجود دارد؟.....	۹۹

- پرسش ۲۹ - آیا فرگشت می‌تواند در غیاب گزینش رخ دهد؟ ۱۰۳
- پرسش ۳۰ - ساعت مولکولی چیست؟ ۱۰۶

فصل ۴: فرگشت زندگی ۱۰۹

- پرسش ۳۱ - آیا می‌توانیم بگوییم زندگی بر روی زمین چه‌گونه آغاز شده است؟ ۱۰۹
- پرسش ۳۲ - زندگی بر روی زمین که ما آن را می‌شناسیم چه‌گونه از این شرایط بسیار بدوی فرگشت یافت؟ ۱۱۲
- پرسش ۳۳ - چرا باکتری‌ها و ویروس‌ها به سرعت فرگشت می‌یابند؟ ۱۱۴
- پرسش ۳۴ - چرا جانداران چندپایخته‌ای فرگشت یافتند؟ ۱۱۷
- پرسش ۳۵ - همزیستی چیست؟ ۱۱۸
- پرسش ۳۶ - چه همزیست‌هایی برای ما مهم هستند؟ ۱۲۱
- پرسش ۳۷ - چه زمانی یک فرد، یک یاخته، یک فرد یا یک جرگه است؟ ۱۲۴
- پرسش ۳۸ - بنابراین آیا من یک فرد هستم یا یک جرگه؟ ۱۲۷
- پرسش ۳۹ - چرا ما برای همیشه زندگی نمی‌کنیم؟ ۱۲۹
- پرسش ۴۰ - حتی اگر فرگشت درست باشد، چرا یک نگره فرگشت باید امروز برای ما مناسب باشد؟ ۱۳۲

فصل ۵: فرگشت گونه‌ها ۱۳۵

- پرسش ۴۱ - گونه چیست؟ ۱۳۵
- پرسش ۴۲ - چرا تعریف گونه‌ها گاهی دشوار است؟ ۱۳۸
- پرسش ۴۳ - گونه‌های جدید چه‌گونه بوجود می‌آیند؟ ۱۴۳
- پرسش ۴۴ - چرا گاهی وقت‌ها ژنتیک و کالبدشناسی در مورد تاریخ فرگشتی اختلاف نظر دارند؟ ۱۴۸
- پرسش ۴۵ - چرا گونه‌ها، گونه‌مرگ می‌شوند؟ ۱۵۱
- پرسش ۴۶ - چند روی‌داد گونه‌مرگی جمعی رخ داده است؟ ۱۵۴
- پرسش ۴۷ - آیا واقعاً دایناسورها گونه‌مرگ شده‌اند؟ ۱۵۸
- پرسش ۴۸ - آیا انسان‌ها تا به حال مسئول گونه مرگی بوده‌اند؟ ۱۶۰
- پرسش ۴۹ - آیا گونه‌ها می‌توانند زنده شوند؟ ۱۶۳
- پرسش ۵۰ - آیا پراکندگی ژنتیکی گونه‌ها اهمیت دارد؟ ۱۶۵

فصل ۶: فرگشت پیچیدگی ۱۷۳

- پرسش ۵۱ - چرا برخی گونه‌ها، برخی دیگر را می‌خورند؟ ۱۷۳
- پرسش ۵۲ - گیاهان و جانوران چه گونه از یکدیگر سوءاستفاده می‌کنند؟ ۱۷۵
- پرسش ۵۳ - شبکه خوراکی چیست؟ ۱۷۷
- پرسش ۵۴ - آیا اکوسیستم‌ها فرگشت می‌یابند؟ ۱۸۰
- پرسش ۵۵ - آیا برهم زدن "هم‌ترازی زیستار" اهمیت دارد؟ ۱۸۲
- پرسش ۵۶ - چرا بازآوری جنسی فرگشت یافت؟ ۱۸۵
- پرسش ۵۷ - دو جنس چه‌گونه تعیین می‌شوند؟ ۱۸۸
- پرسش ۵۸ - آیا همه جانداران جنسیت خود را به یک شکل تعیین می‌کنند؟ ۱۹۲
- پرسش ۵۹ - چرا بین بازآوری و مراقبت والدانه تاخت زنی می‌شود؟ ۱۹۴
- پرسش ۶۰ - چرا جدال زیستار/پرورش به آلودمکردن مباحث ادامه می‌دهد؟ ۱۹۷

فصل ۷: فرگشت انسان‌ها ۲۰۳

- پرسش ۶۱ - اجداد نخستین ما چه کسانی بودند؟ ۲۰۳
- پرسش ۶۲ - نئاندرتال‌ها چه کسانی بودند؟ ۲۰۵
- پرسش ۶۳ - چرا نئاندرتال‌ها چشمان درشتی داشتند؟ ۲۰۷
- پرسش ۶۴ - چرا نئاندرتال‌ها گونه مرگ شدند؟ ۲۱۱
- پرسش ۶۵ - آیا این درست است که همه ما ژن‌های نئاندرتال داریم؟ ۲۱۵
- پرسش ۶۶ - چرا فقط یک گونه از کل دودمان ما زنده ماند؟ ۲۱۶
- پرسش ۶۷ - ژنتیک مولکولی چه چیزی توانسته است درباره تاریخ گذشته ما به ما بگوید؟ ۲۱۹
- پرسش ۶۸ - آیا ناهم‌گونی‌های نژادی سازگارانه است؟ ۲۲۲
- پرسش ۶۹ - چرا انسان‌ها تنها گونه‌ای است که زبان دارد؟ ۲۲۵
- پرسش ۷۰ - آیا انسان‌ها هنوز در حال فرگشت هستند؟ ۲۲۸

فصل ۸: فرگشت رفتار ۲۳۳

- پرسش ۷۱ - رفتار چه نقشی در فرگشت دارد؟ ۲۳۳
- پرسش ۷۲ - چگونه می‌توان فرگشت دگردوستی را توضیح داد؟ ۲۳۵
- پرسش ۷۳ - چرا همکاری فرگشت یافته است؟ ۲۳۸
- پرسش ۷۴ - آیا برای فرگشت اهمیت دارد که با چه کسی ازدواج می‌کنیم؟ ۲۴۱
- پرسش ۷۵ - آیا انسان‌ها واقعاً تکجفتی هستند؟ ۲۴۴
- پرسش ۷۶ - آیا تضاد منافع در فرگشت اجتناب ناپذیر است؟ ۲۴۷
- پرسش ۷۷ - آیا ناهم‌گونی‌های جنسی در رفتار وجود دارد؟ ۲۵۰
- پرسش ۷۸ - چرا سامان‌دهی آمیزشی در بین گونه‌ها ناهمگون است؟ ۲۵۲
- پرسش ۷۹ - آیا رفتار انسان همیشه سازگارانه است؟ ۲۵۴
- پرسش ۸۰ - آیا نگره فرگشت به این معنا نیست که چیزی به نام اختیار وجود ندارد؟ ۲۵۸

فصل ۹: فرگشت جامعه‌پذیری ۲۶۱

- پرسش ۸۱ - چرا برخی از جانوران به صورت گروهی زندگی می‌کنند؟ ۲۶۱
- پرسش ۸۲ - چرا گروه‌ها نمی‌توانند بی‌اندازه بزرگ شوند؟ ۲۶۴
- پرسش ۸۳ - چگونه گروه‌های بزرگ از تنگنای کالاهای عمومی اجتناب می‌کنند؟ ۲۶۷
- پرسش ۸۴ - چه چیزی در مورد زندگی اجتماعی پیچیده است؟ ۲۶۹
- پرسش ۸۵ - چرا برخی از جانوران مغز بسیار بزرگی دارند؟ ۲۷۱
- پرسش ۸۶ - جانوران چگونه به گروه‌های خود پیوند می‌خورند؟ ۲۷۵
- پرسش ۸۷ - پس انسان‌ها چگونه گروه‌های بزرگتر خود را پیوند می‌دهند؟ ۲۷۷
- پرسش ۸۸ - چگونه می‌توانیم فرگشت فریب را توضیح دهیم؟ ۲۷۹
- پرسش ۸۹ - جوامع نخستی‌سانان چگونه فرگشت یافته‌اند؟ ۲۸۱
- پرسش ۹۰ - آیا جوامع بشری فرگشت یافته‌اند؟ ۲۸۳

فصل ۱۰: فرگشت فرهنگ ۲۸۷

- پرسش ۹۱ - آیا فرهنگ فرگشت می‌یابد؟ ۲۸۷
- پرسش ۹۲ - چرا فرهنگ‌های انسان این‌قدر ناهمگون هستند؟ ۲۹۱
- پرسش ۹۳ - چرا این همه زبان گوناگون فرگشت یافته است؟ ۲۹۴
- پرسش ۹۴ - آیا گونه‌ای غیر از انسان دارای فرهنگ است؟ ۲۹۶
- پرسش ۹۵ - چرا فقط انسان‌ها دارای "فرهنگ والا" هستند؟ ۲۹۹
- پرسش ۹۶ - موسیقی در چه زمانی و چرا فرگشت یافته است؟ ۳۰۱
- پرسش ۹۷ - آیا دین فرگشت یافت؟ ۳۰۳
- پرسش ۹۸ - آیا اینترنت مسیر فرگشت انسان را تغییر می‌دهد؟ ۳۰۶
- پرسش ۹۹ - آیا نگره فرگشت پی‌آمدهایی برای رشته‌های خارج از زیست‌شناسی دارد؟ ۳۰۷
- پرسش ۱۰۰ - پس چرا مردم هنوز نگره فرگشت را اشتباه می‌فهمند؟ ۳۰۹

فهرست واژه‌ها ۳۱۵

پیش‌گفتار مترجم

پیش از گسترش شبکه‌های اجتماعی، از میزان کنجکاوی ایرانیان ساکن ایران نسبت به موضوع فرگشت (تکامل) زیست‌شناسانه اطلاعی نداشتم. در سال 2020 از طریق دوستی آگاه در این موضوع (ب س) متوجه شدم که آشکارا شمار ایرانیانی که به این موضوع دل‌بستگی دارند بسیار زیاد است و در فضای مجازی، هزاران هزار مطلب کوتاه در مورد فرگشت نوشته شده است. پس از دیدن شمار زیادی از چنین مطالبی به این نتیجه رسیدم که به‌رغم دل‌بستگی بسیار به موضوع فرگشت، میزان دانش در این باره در بین ایرانیان، هم بسیار پایین است و هم سویه‌دار ^{1} است.

در باره دانش کم، برداشت کلی من آن بود که در بین ایرانیان ارجاع هر موضوعی به فرگشت، از راه "گزینش زیستاری (انتخاب طبیعی)" ^{2}، بدون آن که نشانه‌های دانشیک برای آن وجود داشته باشد، بسیار زیاد است. این چنین نگاهی را در غرب "سازگاری‌نگری" ^{3} یا "برنامه‌سازگاری‌نگران" ^{4} می‌نامند، در این معنی که تصور می‌شود هر پدیده‌ایی را می‌توان به سازگاری ^{5} با عاملی بیرونی، از طریق گزینش زیستاری نسبت داد. نامی که من برای این چنین دیدگاهی به کار می‌برم "داستان‌سرایی‌های فرگشتی" ^{6} است! در بیش‌تر چنین مواردی، فرد "داستان‌سرا" استدلالی را که "می‌تواند درست باشد"، به اشتباه و بدون آن که بر پایه نشانه‌های دانشیک باشد، "درست می‌داند".

درباره سویه‌دار بودن، برداشت کلی من آن بود که بسیاری از ایرانیان بحث‌های فرگشتی را برای "اثبات" خدا ناباوری به کار می‌برند. روشن است که وقتی در ایران امکان مناسبی برای بحث‌های فلسفی پیرامون مفهوم "خدا" وجود نداشته باشد، کسانی ممکن است بخواهند از راه فرگشت به این موضوع بپردازند. دلیل این موضوع آن است که در نگاهی داروینی به زیستار ^{7}، توضیح پدیده‌های زیستی، بدون تکیه بر مفهوم "خدا" صورت گرفته است. به عبارت دیگر، در نگاهی داروینی، برای توضیح پدیده‌های زیستاری، به مفهوم "خدا" نیازی نیست! یکی از کسانی که در غرب نگره‌های ^{8} فرگشتی و بی‌نیازی به مفهوم "خدا" در فرگشت را به فراوانی به کار می‌برد، دانش‌مند برجسته انگلیسی، ریچارد داوکینز ^{9} است. نگره فرگشتی داوکینز (انگاره "ژن"

^{1} Biased.

^{2} Natural selection.

^{3} Adaptationism.

^{4} Adaptationist program.

^{5} Aadaptation.

^{6} Just-so story.

^{7} Nature.

^{8} Theory.

^{9} Richard Dawkins.

خودخواه)^(۱) که بر اهمیت "ژن" (به جای فرد یا گروه) تکیه می‌کند، یکی از جالب‌ترین نگره‌های فرگشتی ۵۰ سال گذشته است. ریچارد داوکینز، افزون بر این که یک دانش‌مند فرگشتی است، یک آتئیست افراطی هم هست. من تردیدی ندارم که ریچارد داوکینز (چه درباره فرگشت و چه درباره آتئیسم) در بیان و تبلیغ نظرات خودش، در حضور ذهن هنگام مناظره، در زیبایی کلام، و در تهییج احساسات، بسیار تواناست. من نظرات داوکینز در ارتباط با خداناباوری را ارزش‌مند می‌دانم، و حتی خواندن کتاب او با نام "پندار خدا"^(۲) را توصیه می‌کنم. اما با نگره ریچارد داوکینز در مورد اهمیت تام "ژن" در فرگشت هم‌رای نیستیم! من در مخالفت با نگره فرگشتی داوکینز، تنها نیستیم. بیش‌تر کسانی که با فرگشت کار می‌کنند، حتی ژنتیک‌دانان، با نگره فرگشتی داوکینز هم‌رای نیستند. متأسفانه ساده فهم بودن نگره او باعث شده تا عده زیادی از ناکارشناسان تصور کنند که نگره او در بین دانش‌مندان فرگشتی پذیرفته شده است. چنین نیست. اشتباه بسیاری از ایرانیان دل‌بسته به فرگشت در این است که چون از نظرات آتئیستی داوکینز خوششان می‌آید، تصور می‌کنند که نگره‌های فرگشتی او هم "درست" است. تقسیم کردن "ژن‌ها" به "ژن خوب" و "ژن بد" ریشه در همین بدفهمی داوکینزی دارد.

با توجه به دو موضوع دانش کم و سوگیری موضوعی، به توصیه و تشویق "ب س" بر آن شدم تا مطالبی را که هم کوتاه باشند، و هم با زبانی ناکارشناسی نوشته شده باشند، در اختیار خوانندگان ایرانی قرار دهم.

انتخاب و برگردانی کتاب

فرگشت موضوع بسیار گسترده‌ایی است که در زیست‌شناسی جای‌گاهی یگانه دارد. اما افزون بر زیست‌شناسی، بر فهم ما، از بسیاری از جنبه‌های زندگی انسان، تاثیر می‌گذارد. بحث فرگشت را در سطوح گوناگونی، از ساده تا کارشناسی، می‌توان مطرح کرد. بر این باورم که نمی‌توان کتابی را در این زمینه (یا هر زمینه دیگری) پیدا کرد که مناسب هر نوع خواننده‌ای باشد. بنابراین، برای من، هدف نه انتخاب یک کتاب، بلکه انتخاب چند کتاب برای برگرداندن بوده تا به همراه یک‌دیگر نیازهای گروه‌های گوناگون ایرانیان ناکارشناس (غیرمتخصص) را برآورده کنند. برگردانی که در پیش رو دارید، نخستین قدم من در این راه نبوده و آخرین هم نخواهد بود.

نویسنده کتابی که در پیش رو دارید (رابین دانبار)، در حد خودش، چه در پیش‌گفتار کتاب و چه در بخش نخست و بخش آخر کتاب، به تاثیر فرگشت بر رشته‌های گوناگون دانش‌های تجربی / انسانی / اجتماعی پرداخته است. نتیجه‌گیری او این است که بخش‌هایی از دانش فرگشت وجود دارد که هر کس به‌تر است از آن‌ها اطلاع داشته باشد. انتخاب نام کتاب (فرگشت: آنچه که هر

(1) The selfish gene hypothesis.

(2) The God Delusion.

کس نیاز دارد بداند هم از این روست. من در هم‌رایی با او، این کتاب را برای برگردانی انتخاب کردم.

یک جنبه بسیار مثبت این کتاب این است که موضوع فرگشت را به ۱۰۰ پرسش کوتاه تقسیم کرده است. هر کدام از این پرسش‌ها را می‌توان، کم و بیش، به صورت جداگانه خواند. البته بهتر است که کتاب را با نظم، از آغاز تا به آخر خواند. اما، هیچ اجباری در آن نیست (!) و خواننده می‌تواند کتاب را به هر ترتیبی که خواست بخواند. رابین دانبار در کتاب، تکرار مکررات کرده است و ممکن است به یک موضوعی در پرسش‌های گوناگون پرداخته باشد. من هم در پانوشته‌های خودم، مقداری از تکرار را "مرتکب" شده‌ام، زیرا بر این باور بودم که خوانندگان ممکن است کتاب را از اول به آخر نخوانند و یا کسانی انتخاب کنند که پرسش‌ها را جداگانه در شبکه‌های اجتماعی با دیگران به اشتراک بگذارند.

برداشت کلی من از کتاب این است که رابین دانبار نمی‌توانسته در مورد هر ۱۰۰ پرسش مطرح شده در کتاب، پژوهش‌های مستقلی داشته باشد، بلکه بسیاری از پرسش‌ها را بر مبنای مقالاتی^(۱) که دانش‌جویان دوره کارشناسی ارشد (و یا احیاناً کارشناسی) نوشته‌اند، تنظیم کرده است. هم‌آن‌طور که در بند آینده خواهم گفت، اشتباه‌های ژنتیکی کتاب به قدری زیاد و ژرف است که حدس من بر این است که تهیه‌کنندگان پرسش‌های ژنتیکی، حتی ممکن است دانش‌آموخته زیست‌شناسی نباشند.

هیچ رشته‌دانشیک، بر روی "فرگشت" امتیاز ویژه (حق انحصاری) ندارد (!) و از جنبه‌های گوناگون می‌توان به پدیده فرگشت نگاه کرد. اما بهتر است توجه شود که در بیان اصول، مثال‌ها و توضیحات، پا را از حد دانش خود فراتر نگذاشت. هم‌آن‌طوری که من، هم‌چون یک ژنتیک‌دان، از استدلال‌های بوم‌شناسانه یا روان‌شناسانه اطلاعات کمی دارم، یک روان‌شناس (مانند نویسنده این کتاب، رابین دانبار) هم اطلاعات کمی در مورد ژنتیک دارد. شوربختانه، شمار اشتباه‌ها و بدفهمی‌های ژنتیکی در این کتاب به قدری زیاد است که مرا به نوشتن شمار زیادی "پانوشته" کشانده است. در این کار سعی کرده‌ام که شمار پانوشته‌های خودم را در حد پائینی نگه دارم، و توضیحات خود را نیز با ساده‌ترین بیان ممکن ارائه دهم. اما، گمان نمی‌کنم که در ساده نویسی موفق شده باشم.

اشکال اصلی این کتاب، افزون بر اشتباه‌های ژنتیکی، آن است که رابین دانبار مدلی از ژنتیک را به کار می‌برد که "مدل تک جایگاهی" ("ژنی")^(۲) نام دارد. در این مدل، که بسیار جزم‌گرایانه است، هر پدیده زیست‌شناسانه‌ای به یک "ژن" تنها منتسب می‌شود، که همچون قادر متعال همه چیز را در اختیار خود دارد. این "مدل"، نخستین، ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین مدلی است که برای شروع "فهم" و "آموزش" اثرات ژنتیکی به کار می‌رود. اما این مدل ابتدایی، مثل هر مدل

^(۱) Essay.

^(۲) Single locus (gene) model.

ابتدایی دیگری، تنها یک "ساده سازی دور از واقعیت" از زیستار است. در واژگان (ترم، ترمینولوژی) فلسفی، این مدل، یک مدل بسیار کاهش‌گرایانه^{1} است، که باید از آن گذر کرد و به مدل‌های پیچیده‌تر رسید. شوربختانه، بیش‌ترین آدم‌ها، حتی آدم‌هایی مثل رابین دانبار و ریچارد داوکینز، و یا "انواعی" از پژوهش‌گران ژنتیک، در این مدل گیر می‌کنند و به اشتباه فکر می‌کنند که باید همه پدیده‌هایی را که به ژنتیک ربط دارند، با این مدل توضیح دهند. به نظر من شروع آموزش ژنتیک با این مدل، اثراتِ دراز مدتِ منفی دارد. ماندن در این مدل، از فهم واقعی پدیده‌های پیچیده ژنتیکی جلوگیری می‌کند. به هر رو، در برابر این مدل، مدل دیگری قرار دارد که با اسامی گوناگونی، مثلاً "مدل (اثر) بی‌اندازه کوچک"^{2}، شناخته می‌شود. نامی که من برای این مدل دارم، "مدل بسیار جای‌گاهی"^{3} است، زیرا در این مدل، فرض بر این است که شمار زیادی جای‌گاه ("ژن")، که هر کدام اثر کوچکی دارند^{4} تعیین‌کننده بخش ژنتیکی کنترل صفت‌ها هستند. افزون بر این، در این مدل، جای‌گاه‌ها ("ژن‌ها") چه با یک‌دیگر و چه با عامل‌های بیرونی/محیطی رابطه‌ایی متقابل (برهم‌کنشی)^{5} دارند. این مدل از سال 1918 وجود داشته است، اما چون فهم و کاربرد آن به میزان بالاتری از دانش ریاضی و آمار نیاز دارد، مورد بی‌مهری (!) قرار گرفته است.

یک اعتراف هم لازم است! در بسیاری از جاها نظر من با نظر رابین دانبار فرق داشته است و یا نظر او را با دید انتقادی (از دیدگاه فلسفه دانش) نگریسته‌ام. در چنین مواردی هم در پانوشته‌ها چیزهایی نوشته‌ام.

اگر شمار علاقه‌مندان به این برگردانی زیاد باشد، می‌توانم در آینده ویرایش جدیدی از کتاب را آماده کنم. برای این کار، به کار بردن نظرات خوانندگان مبنای کار خواهد بود. خوانندگان با اشاره به اشتباهات و کمبودهای این ویرایش می‌توانند به بهبود این برگردانی کمک کنند. در مورد نظرات و انتقادات خود در باره این برگردانی، می‌توانید از طریق آدرس (hosseinjorjani2@gmail.com) با من تماس بگیرید. آخرین ویرایش از این کتاب را هم‌واره می‌توان از آدرس زیر تهیه کرد:

https://hosseinjorjani.com/fargasht_anche_har_kas_niaz_darad_bedand/

یادداشت‌های ویراستاری

در نخستین گام از کار برگردانی، برای سرعت بخشیدن به کار، ابزار برگردانی گوگل^{6} را به کار بردم. در انتخاب واژه‌ها، دقت و سواس‌گونه‌ایی داشتم و برگردانی‌های گوگلی را عوض کردم. بنابراین اگر واژه‌ایی را نامناسب می‌بینید، پاسخ‌گویی آن با من است و نه با گوگل! اما به لحاظ

^{1} Reductionistic.

^{2} The infinitesimal model.

^{3} Many loci (genes) model.

^{4} Very many loci (genes), each with very small effect.

^{5} Interaction.

^{6} Google translate.

ساختار دستوری جمله‌ها، پس از چند بار مرور متن، هنوز اثرات برگردانی گوگلی را می‌توانم در جمله‌های زیادی ببینم. اما نمی‌خواهم بیش از این روی ویرایش متن اصلی وقت بگذارم. پانوشتهای خودم مهم‌تر بودند/هستند.

- تمام تاریخ‌ها را با عددهای لاتین نوشته‌ام تا از زمان‌پریشی فاصله بگیرم، و همچنین از نوشتن واژه "میلادی" پرهیز کنم.
- در برگردانی سعی کرده‌ام، تا جایی که امکان داشت، به متن اصلی وفادار بمانم.
- در تمام پانوشتهای کتاب، هر جا که واژه "نویسنده" را به کار بردم، هدف رابین دانبار^{1} است.
- واژه‌های کارشناسی (فنی) را در متن با استفاده از یک آکولاد^{ } آبی‌رنگ شماره‌دار، مانند {1}، {2}، ...، مشخص کرده، و خود واژه را در پائین هر صفحه قرار داده‌ام.
- در سراسر برگردانی کتاب، هر چه در متن به رنگ آبی و درون کروشه [] آمده است، نشان از مطلب کوتاهی است که من، برای ایجاد روشنی بیشتر، به متن افزودم. گاهی وقت‌ها ساختار جمله‌ایی را تغییر داده‌ام. این موارد را با افزودن یک شماره، مانند [1]، [2]، ...، در متن، و نوشتن یک پانوشته در پائین صفحه، مشخص کرده‌ام.
- همچنین از کروشه [] آبی رنگ، مانند [1]، [2]، ...، برای اشاره به پانوشتهای خودم بهره بردم.
- شکل بیان من در پانوشته‌ها نامعمول است. گاهی بیان من، رو به نویسنده کتاب دارد، و گاهی رو به خواننده دارد، گاه طنزآمیز است و گاه جدی.
- بسیاری از پانوشته‌ها، به راستی "غلط‌گیری" از نویسنده است. می‌توانستم به جای غلط‌گیری و پانویسی، متن را درست کنم و خواننده را به دردرس خواندن پانوشته‌ها نیاندازم. اما اگر این کار را می‌کردم "چیزی" گم می‌شد! چیزی که گم می‌شد آن است که "یک کتاب مطلق نیست" و می‌تواند اشتباه داشته باشد، و یک نویسنده، ولو این که یک نویسنده انگلیسی زبان باشد، و نامی "بیگانه" داشته باشد، می‌تواند اشتباه آشکاری کرده باشد، یا از سر کم‌سوادی یا بی‌سوادی، مفهوم‌ها را با هم آمیخته باشد. خواننده به‌تر است عادت کند تا هر چیزی را با دیدی انتقادی بخواند. نه رابین دانبار مصون از اشتباه است و نه حسین جرجانی.

^{1} Robin Dunbar.

- اطمینان دارم که اشتباه‌های املائی/انشایی و دانشیک زیادی در متن وجود دارد. اگر مایل بودید که این‌ها را به من گوش‌زد کنید، لطفاً با آدرس (hosseinjorjani2@gmail.com) با من تماس بگیرید.
- در پانوشت‌ها از تصویرهای موجود در ویکی‌پدیا (<https://www.wikipedia.org>) برای توضیح مطالب بهره بردم. با به کار بردن پیوند^(۱) هر تصویر، می‌توانید به دانسته‌های بیش‌تر دست یابید. اگر این برگردانی با پذیرش خوانندگان روبرو شود، در تجدید چاپ، توضیحات بیش‌تری خواهم نوشت و تصویرهای بیش‌تری را هم خواهم افزود.
- یکی از اهداف برگردانی این کتاب، کمک کردن به خواننده برای فراگیری زبان انگلیسی است. بنابراین، اصلِ واژه‌های کارشناسی، و گاهی هم واژه‌های دیگر، در پائین صفحه آورده‌ام.
- سعی کرده‌ام تا جایی که امکان داشت، از به کار بردن واژه‌های بیگانه که در فارسی به کار می‌روند (چه عربی و چه زبان‌های اروپایی)، خودداری کنم، و هم‌چنین از جمع شکسته عربی پرهیز کنم. اما در این کار پیروزی کامل نداشته‌ام. در نتیجه در بعضی جاها از واژه‌های بیگانه، و در بعضی جاها از واژه‌های "من درآوردی"، و در بعضی جاها جمع شکسته عربی به کار رفته است.
- کار برگردانی این کتاب با درنگ‌های درازی روبرو شد، به طوری که خود من بعضی برابرسازی‌ها را فراموش کردم، حتی گاهی فراموش کردم که در مورد مطلب خاصی پیش از این پانوشتی نوشته‌ام. بنابراین، بعضی واژه‌ها ممکن است به دو جور برگردان شده باشند و یا پانوشت را بیش از یک بار نوشته باشم.
- در نوشتن، سعی کرده‌ام از روش‌های جدید جدانویسی بهره ببرم، اما از ریخت‌های افراطی آن خودداری کرده‌ام. هر جا هم که امکان داشته، از نیم‌فاصله بهره برده‌ام. در ویرگول‌گذاری، مخصوصاً در بعضی بخش‌ها، بسیار "سخت‌مندانه" رفتار کرده‌ام. هدفم راحت کردن فهم جمله‌های پیچیده بوده است. امیدوارم این کار، به سخت‌خوانی نیانجامد.
- مهم‌ترین دلیل پانویسی نکردن در بخش‌هایی از کتاب، آن است که "مقدمات" بعضی بخش‌ها، تأثیری در "نتیجه‌گیری" از آن بخش‌ها ندارد! بنابراین، مته به خشخاش گذاشتن را لازم ندیدم.

^(۱) Link.

- برای پیدا کردن برابره‌های فارسی برای واژگان دانشیک و بیگانه از تارنماهای گوناگونی بهره بردم (به فهرست زیر نگاه کنید). هرگاه، برابر فارسی را نپسندیدم، خودم "مرتکب" برابرسازی شدم. فهرست مهم‌ترین برابره‌های فارسی در پایان کتاب آمده است:

<https://vajebyab.com/>

<http://barsadic.com/Default>

<https://abadis.ir/>

<https://translate.google.com/>

<https://www.wikipedia.org/>

<https://dictionary.obspm.fr/index.php>

تقدیم‌نامه

تصویری از جام مارلیک را که "درخت زندگی" روی آن نقش بسته است برای جلد کتاب انتخاب کردم. این برگردانی را به درخت زندگی خودم، پروانه شرفی، تقدیم می‌کنم.

پیش‌گفتار

چارلز داروین^[۱]، در بند پایانی کتاب خود "درباره پیدایش گونه‌ها"^[۲]، از زندگی روی زمین هم‌چون "مجموعه‌ای درهم پیچیده" یاد کرده است - مجموعه‌ای از گونه‌های گوناگون که زندگی آن‌ها به طور پیچیده، در هم آمیخته است، گاهی رقابت می‌کنند، گاهی وابسته هستند، و گاهی هم‌کاری می‌کنند. البته، در گذشته‌ایی نه چندان دور، زیستارِ درهم پیچیده گیاهان و جانوران، بسیار غنی‌تر بود. در حال حاضر، بیش‌تر به خاطر کارهایی که ما در مدت بسیار کوتاهی انجام داده‌ایم، از غنای آن کاسته شده است^[۳]. اما این داستان دیگری است. در حال حاضر، نکته مهم‌تر این است که سیاره ما هنوز به طرز شگفت‌انگیزی سرشار از اشکال [گوناگون] زندگی است که در روابط بسیار پیچیده با یکدیگر و با خودِ کره زمین قرار دارند. زمین ممکن است، یا حداقل ما بیش‌تر دوست داریم این طور فکر کنیم، که غنی‌ترین سیاره جهان باشد. اما حتی اگر سیاره‌های دیگری در سایر جاها وجود داشته باشند که به اندازه زمین از نظر زندگی، غنی یا حتی غنی‌تر باشند، این دانسته^[۳] که زمین به این اندازه غنی است، باید کنج‌کاوی ما را برانگیزد و توضیحی بخواهد. چه‌گونه کره زمین چنین شد؟

[۱] ساختار این دو جمله آخر را تغییر داده‌ام!

پس از دو قرن تلاش دانشیک فشرده، ما در حال حاضر به نگره‌ای^[۲] دست‌رسی داریم که توضیحی جامع، در بیش‌تر بخش‌ها با جزئیاتی کاملاً دقیق، برای غنای زندگی ارائه می‌دهد. این نگره، نگره داروینی فرگشت^[۳] با گزینش زیستاری، به دو دلیل مشهور است. دلیل نخست آن که نگره داروین از نظر توانایی در توضیح آن‌چه در جهان زیستی می‌بینیم، و در انگیزاندن اندیشه‌ها و پژوهش‌های جدید در جزئیات ناشناخته زیستار و روشن کردن آن‌ها، (پس از نگره کوانتومی در فیزیک) دومین نگره موفق، در تاریخ دانش است. دلیل دوم توانایی آن، هم‌چون یک نگره در ارائه یک چارچوب منسجم برای مجموعه‌ای ناهم‌گون از رشته‌هایی است که ظاهراً ربط آن‌ها به یکدیگر مشخص نبوده است. این مجموعه رشته‌ها، نه تنها شامل دانش‌های گوناگون زیستی (بوم‌شناسی

^[۱] Charles Darwin.

^[۲] On the Origin of Species.

^[۳] Fact.

{1}، ژنتیک {2}، کالبدشناسی {3}، فیزیولوژی {4}، زیست‌شیمی (بیوشیمی {5}) و رفتار جانوران {6} می‌شود، بلکه شامل دانش‌های "سخت" مانند شیمی {7}، و دانش‌های "نرم" تر مانند پزشکی {8}، جامعه‌شناسی {9}، انسان‌شناسی {10}، و اقتصاد {11}، و حتی دانش‌های انسانی {12} می‌شود. حتی تاریخ {13}، زبان‌شناسی {14} و ادبیات {15} همگی زیر حوزه نگره فرگشتی {16} قرار می‌گیرند.

[2] نویسنده در این کتاب برای فرگشت، واژه "نگره" را به ریخت مفرد به کار برده است. من اگر نویسنده این کتاب بودم در همه جا، به جای "نگره"، می‌نوشتm "نگره‌ها".

[3] "فرگشت" هم‌آن شاخه از دانش است که در گذشته به آن "تکامل" گفته می‌شد. از آن جایی‌که "تکامل" باعث ایجاد بدفهمی درباره این شاخه از دانش می‌شود، بهتر است واژه دیگری برای آن به کار برد. در حال حاضر، بهترین پیش‌نهاد به نظر می‌رسد "فرگشت" باشد.

در عین حال، نگره فرگشت شاید بدفهمیده‌شده‌ترین نگره در بین تمام دانش‌ها باشد - از قضا، گاهی وقت‌ها، دانش‌مندان سایر رشته‌ها نیز به اندازه مردم عادی درباره این نگره بدفهمی دارند. البته، نگره‌ای که اکنون در دست‌رس ما است، همان نگره نخستین داروین نیست. این نگره بسیار توسعه یافته و گسترش پیدا کرده است، تا جایی که اگر خود داروین امروز به نگره فرگشت نگاه کند، بخش‌های بزرگی از نگره نوین را، هم‌چون نگره خودش، نخواهد شناخت - هرچند که ممکن است کنج‌کاوی‌اش انگیزته شده و آن را ستایش‌پذیر بداند. با این وجود، همه چیز در نگره نوین فرگشت، از بینش‌های نخستین داروین شروع می‌شود.

دل‌بستگی من به فرگشت از یک آشنایی سطحی با فرگشت در سن بسیار پائین شروع شد. هنگامی که حدود یازده سال سن داشتم و در آفریقا زندگی می‌کردم، مادر بزرگم (که یک جراح بازنشسته با دل‌بستگی‌های ژرف به زیستار، و با دیدگاه‌های ژرف مذهبی بود) از کالیفرنیا کتاب‌های کودکان، از نوع "برچسبی"، چاپ انجمن اودوبان {17} را برای من می‌فرستاد. چشم‌های من بیش‌تر روی عکس‌های گیاهان صحرایی جنوب غربی آمریکا یا شگفتی‌های زیستی جهان می‌چرخید. اما یکی از این کتاب‌ها در باره فرگشت، مخصوصاً به این دلیل که به کل تاریخ سیاره ما، شامل

{1} Ecology.

{2} Genetics.

{3} Anatomy.

{4} Physiology.

{5} Biochemistry.

{6} Animal behavior.

{7} Chemistry.

{8} Medicine.

{9} Sociology.

{10} Anthropology.

{11} Economics.

{12} Humanities.

{13} History.

{14} Linguistics.

{15} Literature.

{16} Evolutionary theory.

{17} Audubon.

بخش‌هایی درباره دایناسورها^(۱) و هم‌چنین فرگشت انسان، می‌پرداخت، بسیار جالب بود. تردیدی ندارم که مادر بزرگم، با ایجاد این لحظه کوچک فرگشتی، احتمالاً بیش از هر چیز دیگری باعث شد که سال‌ها بعد مرا به دوست‌دار شدن به فرگشت انسان و زیست‌شناسی حیات و وحش ترغیب کند و در طول زمان، باعث شود که ساعت‌های زیادی را به تماشای جانوران و هم‌چنین انسان‌ها در زیستار (طبیعت) بگذرانم. لذت ناشی از تماشای گونه‌های دیگر در زندگی روزمره‌شان، در ترکیب با کنج‌کاوی برای پرسش علت و چه‌گونگی به وجود آمدن آن‌ها و انجام آن‌چه انجام می‌دهند، به خودی خود هم پاداش و هم محرک اصلی [هر] پژوهش کنج‌کاوانه است.

اگرچه نگره فرگشت به خودی خود سادگی [هم‌راه] با ظرافتی دارد - چیزی که همه نگره‌های دانشیک (علمی) آرزوی آن را دارند - کاربرد [فرگشت] در یک بستر چندبعدی مانند جهان زیستی، منجر به ایجاد پیچیدگی فوق‌العاده‌ای می‌شود، مانند موج‌های روی یک حوضچه که فراتر از نقطه فرود یک تکه سنگ، گسترش می‌یابند. این پیچیدگی نتیجه این دانسته است که روندهای فرگشتی در چهارچوب فیزیک و شیمی کره زمین و شیوه‌های برهم‌کنش آن‌ها با روندهای فیزیولوژیکی و یاخته‌ای، در جریان است. فهم این پیچیدگی با دست‌گاه شناختی^(۲) و رفتاری، که فرگشت مغز بزرگ [برای انسان]، امکان پذیر کرده است، صورت می‌گیرد. من دوست دارم فکر کنم که زیست‌شناسان فرگشتی در برابر یک کاشی‌کاری عظیم [همانند پازل] نشسته‌اند که در ابتدا، شمار زیادی از تکه‌های آن آشفته و کاملاً بی‌ارتباط با یکدیگر به نظر می‌رسند. اما، با در کنار هم گذاردن کاشی‌ها، به آهستگی تصویری ظاهر می‌شود که نحوه قرارگرفتن قطعه‌ها در جای خود، هم منسجم و هم جادویی است. به‌ترین دانش، همیشه در باره این است که [عبارت] "من هرگز فکر نمی‌کردم که ... " پاسخی به سردرگمی مه‌آلود ما باشد، که امور را روشن و آشکار می‌کند.

این کتاب به طور خاص به دنبال توجیه نگره فرگشت یا ثابت کردن^(۳) درستی آن نیست. من فرض را بر آن می‌گذارم که خوانندگان این کتاب، پیش از این درباره این موضوع در کتاب‌های دیگر به‌اندازه خوانده‌اند^(۴). در هر صورت، کتاب‌های زیادی وجود دارد که درستی فرگشت را نشان داده‌اند^(۴)، از جمله در کتاب جری کوین^(۴) به نام "چرا فرگشت درست است"^(۵) [۵]. در عوض، من می‌خواهم دید گسترده‌تری نسبت به اکثر کتاب‌های فرگشت داشته باشم. من می‌خواهم نشان دهم که اگر مدام بپرسیم "اما چرا این‌طور است؟"، معلوم می‌شود که عقاید داروین بر هر جنبه‌ای از زندگی روی زمین، از جمله هر جنبه‌ای از رفتار انسان، تأثیر می‌گذارد. برای انجام این کار، من از چندین دهه پژوهش در زمینه‌های بسیار گسترده‌ای از رشته‌های دانش‌گاهی بهره خواهم برد. من سعی خواهم کرد نشان دهم که چه‌گونه در کنار هم قرار گرفتن رشته‌های گوناگون دانشیک، بینش اصلی داروین را پشتیبانی و تقویت می‌کنند و احساس رضایت‌بخشی از کامل بودن [نگره‌ها] را ایجاد می‌کند.

(1) Dinosaur.

(2) Cognitive.

(3) Prove.

(4) Jerry Coyne.

(5) Why Evolution Is True.

[۴] من این جمله را تغییر داده‌ام! هم‌چنین امیدوارم خواننده ببیند که "به‌اندازه" و "به اندازه" یکی نیستند.

[۵] کتاب جری کوین با نام "چرا تکامل درست است"، با برگردانی دانیال جعفری، به فارسی درآمده است.

شاید بیش‌تر از هر چیز دیگر، نگرانی من درباره اهمیت پرسیدن سوال‌های درست باشد. بیش‌تر وقت‌ها، بدفهمی در مورد نگره فرگشت و پی‌آمدهای آن بر رفتار انسان، ناشی از عدم درک دقیق از پی‌آمدهای واقعی نگره فرگشت است. هیچ چیز نمی‌تواند این را به‌تر از جنگ‌های عجیب زیست‌شناسی اجتماعی^(۱) در دهه ۱۹۷۰ نشان دهد. هنگامی که نخستین تلاش‌های سست، برای به کارگیری نگره فرگشت، به شیوه‌ای جدی، در باره رفتار انسان به کار گرفته شد، واکنش دفاعی شدید خشمگینانه دانش‌مندان دانش‌های اجتماعی و دانش‌های انسانی را برانگیخت [۶]. بیش‌تر آن‌ها به ندرت برای فهم دقیق آن‌چه که پیش‌نهاد می‌شد تلاش کردند، چه برسد به خواندن کتابی در مورد فرگشت. ما از آن مرحله گذشته‌ایم، اما من هم‌چنان از تکرار اشتباه‌ها و بدفهمی‌های مشابه که در شکل‌های گوناگون ظاهر می‌شوند، و نشان از به کار نبردن نگره فرگشت دارند، شگفت زده می‌شوم.

[۶] بسیاری از فرگشت‌شناسان هم با شکل‌های ساده‌اندیشانه زیست‌شناسی اجتماعی که در میانه دهه ۱۹۷۰ عرضه شد، مخالف بودند. به نظر من، ریشه این ساده‌اندیشی‌ها، کاربرد بیش از حد از "مدل تک‌جایگاهی" ("ژنی") است، که در آن به اشتباه تصور می‌شود یک "ژن" تنها، مسئول یک پدیده پیچیده است.

بنابراین، این کتاب سعی می‌کند آن‌چه را که پی‌آمد نگره فرگشت است، دقیقاً بیان کند. بیش‌تر کتاب‌های مربوط به فرگشت، از جمله کتاب‌های چاپ انجمن ادوبون در دوران کودکی من، تنها به موضوع‌های متداول، مانند فرگشت گونه‌ها می‌پردازند، پرسش‌هایی که خود داروین با آن‌ها شروع کرده بود – مانند آن که چه‌گونه گونه‌های جدید به وجود می‌آیند و چرا برخی گونه‌مرگ [منقرض] می‌شوند؟ من می‌خواهم داروین را در بررسی‌هایی که پس از او، در مورد فرگشت رفتار، احساس‌ها (روانشناسی) و جامعه‌شناسی، که از بسیاری راستاها جالب‌تر هستند، دنبال کنم. همان‌طور که داروین تشخیص داد، نگره فرگشت او پی‌آمدهای گسترده‌ایی برای همه جنبه‌های زندگی و تقریباً تمام رشته‌های دیگر دانشگاهی دارد [۷]. این امر، ناگزیر ما را از آن‌چه جانوران هستند، به آن‌چه آن‌ها انجام می‌دهند، و در نهایت به خود وضعیت انسان، در همه جنبه‌های گوناگون و متنوع آن می‌برد.

[۷] نویسنده، در جای دیگری به گفته معروفی از دوبژنسکی (Dobzhansky) اشاره می‌کند، که شاید این جا هم می‌توانست آن را به کار ببرد. دوبژنسکی می‌گوید: "هیچ چیز در زیست‌شناسی جز در پرتو فرگشت معنی ندارد". تاکید من این است که کسی نمی‌تواند درباره "انسان" سخن بگوید، (از فلسفه و جامعه‌شناسی و تاریخ و اقتصاد و چیزهای دیگر انسان، حتی روان‌شناسی انسان بگوید)، ولی زیست‌شناسی انسان را نادیده بگیرد. به‌ترین راه برای در نظر گرفتن زیست‌شناسی انسان، در نظر گرفتن فرگشت انسان است.

آن‌چه نگره فرگشت به ما ارائه می‌دهد بزرگ‌ترین داستانی است که تا کنون بیان شده است: چه‌گونه ما و سایر جان‌دارانی که این سیاره را با آن‌ها شریک هستیم، به وجود آمدیم، چرا همه ما

^(۱) Sociobiology.

یک‌سان نیستیم و چه‌گونه و چرا همه ما به هم وابسته هستیم. یکی از پیام‌های مهمی که یک روی‌کرد فرگشتی به ما می‌دهد، و من واقعاً می‌خواهم بر آن تاکید کنم، این است که جهان زیستی، یک سیستم پیچیده و یک‌پارچه است، نه مجموعه‌ای از علت‌های نامربوط و آثار انفرادی آن‌ها. هر چیزی که یک جان‌دار برای انجام دادن یا تبدیل شدن، انتخاب^[۸] می‌کند پی‌آمدهی دارد که در سراسر زیست‌شناسی آن جان‌دار و حتی فراتر از آن در زیست‌شناسی سایر گونه‌ها طنین‌انداز می‌شود. هر چیزی که [هر یک از] ما، یا هر جانور یا گیاه دیگری، انتخاب می‌کنیم، پی‌آمدهی برای فرگشت سایر اعضای گونه ما و برای هر گونه دیگر و حتی هر اکوسیستمی دارد، و همان‌طور که کارشناسان محیط زیست هشدارانه به ما یادآوری کرده‌اند، اقدام‌های ما بر آن‌ها تأثیر می‌گذارد.

[۸] در این‌جا نویسنده واژه "choose" را به کار برده که من هم در برگردانی امانت‌داری کردم و آن را "انتخاب" نوشتم. گزینش واژه "انتخاب" در این بخش، قدری سهل‌انگارانه است! در واژه "انتخاب" نوعی بینش اراده‌گرایانه وجود دارد. مفهوم‌هایی مانند اراده‌گرایی یا غایت‌گرایی جایی در نگره‌های فرگشتی نوین ندارند. متأسفانه کاربرد چنین مفهوم‌هایی نوشتن را ساده می‌کند و نوشته را کوتاه. به همین دلیل کاربرد چنین مفهوم‌هایی در "ادبیات فرگشتی" رایج است. خوانندگان "ادبیات فرگشتی" بهتر است برابری درست چنین مفهوم‌هایی را در ذهن خود جا بیاندازند. اگر من نویسنده این متن بودم، به جای "انتخاب" می‌نوشتم "نشان می‌دهد" یا "بروز می‌دهد".

در برخی موارد، پی‌آمد فرگشت، می‌تواند محدودیت‌هایی^[۹] را ایجاد کند که چیرگی بر آن بسیار سخت یا پرهزینه است، و فرگشت در آن راستا ناممکن می‌شود. هم‌آن‌طور که نیک دیویس^[۲]، بوم‌شناس رفتاری اظهار داشته، پروانه‌ها هرگز نمی‌توانند مسلسل را فرگشت دهند، هر چند که [مسلسل] در نبردهای هوایی، برای فتح گستره‌های زیستی، سودمند باشد. پرواز و اندازه کوچک بدن، [فرگشت] هر چیزی همانند [مسلسل] را به راحتی ناممکن می‌سازد. اما حتی نوآوری‌های عملی، پی‌آمدهی خواهند داشت که جانور باید به آن‌ها توجه کند. رشد دادن مغز بزرگ‌تر^[۱۰]، به منظور ایجاد راه‌حل‌های هوش‌مندانه در کار ماندگاری^[۳] روزمره، به این معنی است که شما باید بیش‌تر خوراک بخورید، زیرا نگهداری مغز ۱۰ برابر بیش‌تر از نگهداری ماهیچه هزینه دارد. این به نوبه خود، شما را در برابر میزان بالاتری از خطر شکارشدن، قرار می‌دهد. یک راه حل سریع برای یک مشکل، به مشکل دیگری تبدیل می‌شود که باید حل شود. در تحلیل‌های فرگشتی، فراموش کردن این اصل می‌تواند [یک گونه] را به نابودی بکشاند.

[۹] واژه محدودیت (constraint)، که در این‌جا و چند فصل دیگر (۲، ۷، ۹) به کار رفته است، واژه مهمی در مطالعات فرگشتی است و معنای محدودیت ساختاری در ریخت و کارکرد (form and function) دارد. در ژنتیک کمی (quantitative genetics) محدودیت را برابر هم‌بستگی ژنتیکی (genetic correlation) منفی می‌دانند.

[۱۰] در مورد انسان گفته می‌شود که به لحاظ فرگشتی، بزرگ‌تر شدن مغز (و جمجمه) باعث بالا رفتن خطر مرگ نوزاد و مادر، هنگام زایمان (به علت تنگی کانال زایمان)، می‌شود. در نتیجه، این دو صفت باید در هم‌ترازی با یک‌دیگر تغییر کنند.

^[۱] Constraint.

^[۲] Nick Davies.

^[۳] Survival.

فرگشت هم‌چنین درباره سرسختی است: بسیاری از وقت‌ها شرایط پیش‌آمدی، مسیری را ایجاد می‌کنند که هرگز نمی‌توان پیش‌بینی کرد - و این یکی از قانون‌های پی‌آمدهای ناخواسته فرگشت است. یکی از نمونه‌های مربوط به ما، همان‌طور که پس از این خواهیم دید، اتخاذ راه رفتن دوپایی توسط اجداد نخستین ما انسان‌ها، حدود شش یا هفت میلیون سال پیش بود: این امر، فرگشت گفتار در شش میلیون سال دیرتر را شدنی کرد. نه نیاکان ما و نه فرگشت، این پی‌آمد را مد نظر نداشتند، اما این فرصتی بود که در زمانی مناسب به کار برده شد (هرچند، هم‌آن‌طور که خواهیم دید، در طول راه به شماری دیگر سازگاری سرسختانه و کاملاً نامرتب نیاز بود). اگر اجداد دور ما، به این راه رانده نمی‌شدند، بسیار بعید بود که زبان بشر (و همه آن‌چه به دنبال آن آمد) فرگشت می‌یافت. من نمی‌توانستم این کتاب را بنویسم و شما نمی‌توانستید آن را بخوانید.

در بیان داستان فرگشت، من کتاب را مانند یک مکالمه که اندک اندک به پیش می‌رود، تنظیم کرده‌ام. کلید این مکالمه، مانند همه دانش‌ها، این است که کودک‌وار پس از هر پاسخی بپرسم "اما چرا؟" ده فصل این کتاب، ده زمینه موضوعی اصلی را مشخص می‌کند که اندک اندک تمرکز را از فرگشت انتزاعی به فرگشت رفتار فرهنگی انسان می‌کشاند. من می‌خواهم نشان دهم چه‌گونه فقط با پرسیدن "چرا؟" ما ناچارانه به تمام گوشه و کناره‌های زندگی منتقل می‌شویم. من به ناچار در انتخاب موضوع تا حدودی گزینشی عمل کرده‌ام، اما هر کتابی در مورد فرگشت نیز چنین بوده است. گزینش‌های من عمدتاً به این دلیل است که بخش‌های کلیدی داستان به آهستگی، به سان توضیحی منسجم، در مورد بسیاری از آن‌چه که ما انسان‌ها انجام می‌دهیم و تجربه می‌کنیم (انسان‌ها هم‌چون گونه‌ای دیگر، که ما چه خوب و چه بد، چه بسا به آن دل‌بستگی ویژه‌ای داریم) تبدیل می‌شوند. با این حال، مهم‌تر از همه، می‌خواهم این حس را منتقل کنم که دانش، هر چند که گاهی وقت‌ها دشوار به نظر می‌آید، اما سرگرم‌کننده است، نه تنها به این دلیل که بیش‌تر می‌تواند ما را به گونه‌ای شگفت زده کند که باورهای عامیانه ما به ندرت می‌توانند این کار را بکنند. بلکه [باورهای عامیانه ما] به ندرت ما را به کنج‌کاوی در مورد جهان "خارج" راهنمایی می‌کنند. [فرگشت] داستانی است که هرگز از ایجاد شگفتی و کنج‌کاوی باز نمی‌ایستد، و به نظر می‌رسد که مانند همه داستان‌های خوب، هرگز در بازخوانی، کم‌رنگ نمی‌شود. در واقع، از راستاهای گوناگون، دانش، یکی از قله‌های داستان‌گویی انسان است و نگره فرگشت، یکی از به‌ترین نمونه‌های آن است.

فقط برای روشن شدن مطلب باید بگویم که بیش‌تر از جانورانی سخن می‌گویم که قصد دارند راهبردهای ^(۱) فرگشتی خاصی را دنبال کنند یا از ژن‌هایی که منافع شخصی خود را افزایش می‌دهند، سخن می‌گویم. این بدان معنا نیست که ژن‌ها یا جانوران (یا به راستی گاهی وقت‌ها انسان‌ها) از آن‌چه انجام می‌دهند آگاه هستند یا حتی قصد دارند به شیوه خاصی عمل کنند. این به سادگی، یک شیوه نگارش در زیست‌شناسی فرگشتی است، که از این واقعیت ناشی می‌شود که گزینش زیستاری طوری عمل می‌کند که گویی (در معنایی کنایه‌ای) جانوران گزینش شده‌اند تا به شیوه‌ای غایت‌گرایانه ^(۲) رفتار کنند. می‌توان همه چیز را [در متن کتاب] به شیوه‌ای دقیق‌تر

^(۱) Strategy.

^(۲) Teleological.

تغییر داد، اما ناگزیر، مطلب بسیار دراز و خواندن بسیار کسالت آور خواهد شد. در دانش، با پیچیده‌تر کردن بیش از حد لازم مطالب، چیزی به دست نمی‌آید، به ویژه به این دلیل که ذهن انسان طوری طراحی نشده است که بتواند پیچیدگی‌ها را اداره کند.

فصل ۱: فرگشت و گزینش زیستاری

پرسش ۱- چرا به نگره فرگشت نیاز داریم؟

ما در دنیایی با گوناگونی بسیار زیاد زندگی می‌کنیم. حدود ۵۵۰۰ گونه ^(۱) پستان‌دار و حدود ۱۰ هزار گونه پرنده وجود دارد. اما حتی این شمار، در برابر ۱۲ هزار گونه کرم گرد ^(۲)، که تقریباً نیمی از آن‌ها انگل هستند، ناچیز به نظر می‌رسد - آسکاریدها ^(۳)، کرم‌های قلاب‌دار ^(۴)، کرم‌های ته‌سجاقی ^(۵) و کرم‌های تازیانه ^(۶) که سلامت انسان را در سراسر جهان به خطر می‌اندازند، جزو کرم‌های گرد هستند. و شمار کرم‌های گرد، به نوبه خود، در برابر ۹۱ هزار گونه حشره‌ای که ما در حال حاضر آن‌ها را می‌شناسیم - و بگذریم از احتمالاً همین شمار گونه حشره که هنوز آن‌ها را شناسایی نکرده‌ایم - شمار اندکی به نظر می‌آید. و ما حتی ۲۵۰ هزار گونه سوسک ^(۷) را در نظر نگرفته‌ایم. همان طور که زیست‌شناس بزرگ فرگشتی انگلیسی، هلدین ^(۷)، اشاره کرده: اگر خدا وجود دارد، او باید بیش از حد به سوسک‌ها دل‌بسته (علاقه‌مند) باشد. افزون بر این، می‌توانید به این ارقام حدود ۲۵۰ هزار گونه گیاه را نیز بیافزائید. و ما هنوز به باکتری‌ها و ویروس‌ها نرسیده‌ایم ...

[۱] تعریف نویسنده از حشره و سوسک معلوم نیست، و این که شمار آن‌ها را چه‌گونه حساب کرده هم، روشن نیست. به هر رو، سوسک هم نوعی حشره است. اما، منظور از این بند آن است که بگویید، شمار گونه‌ها بسیار زیاد است. شمار گونه‌های جان‌داری که در حال حاضر روی زمین حضور دارند، بر اساس برآوردهای گوناگون، بین ۵ تا ۵۰ میلیون است. بنابراین قدری اشتباه در رده‌بندی (classification) یا در شمارش، تاثیری در نتیجه‌گیری ندارد.

بیشتر وقت‌ها، این همه تنوع فوق‌العاده را امری بدیهی می‌دانیم و در زندگی روزمره به ندرت به آن توجه می‌کنیم. به طور معمول، ما فقط به گونه‌هایی توجه می‌کنیم که باعث بیماری می‌شوند، باعث دردسر در باغچه ما هستند، یا در بشقاب خوراک ما دیده می‌شوند. شمار گونه‌هایی که در این دسته‌ها قرار می‌گیرند بسیار ناچیز و کم اهمیت است: بیش‌تر ما به طور معمول، حداکثر ۱۰۰ گونه از دام‌ها و گیاهان را می‌خوریم و برای بسیاری از ما، شمار **[گونه‌ها]** حتی از این هم کم‌تر است.

^(۱) Species.

^(۲) Roundworm.

^(۳) Ascarid.

^(۴) Hookworm.

^(۵) Pinworm.

^(۶) Whipworm.

^(۷) Haldane, J. B. S..

با توجه به این که ما این جهان را با گونه‌های زیادی شریک هستیم، باید با قدری تامل از خود بپرسیم که چه گونه آن‌ها - و ما - به وجود آمده‌ایم. کار آسانی است که دنیا را به شکل کنونی دید و تصور کرد که همیشه این‌طور بوده است. حتی ارسطو^(۱) فیلسوف و دانش‌مند بزرگ یونانی (384 تا 322 پیش از میلاد) - با وجود این که یک سر و گردن بالاتر از تمامی زیست‌شناسان پیش از داروین بود^(۲) - تصور می‌کرد که جهان همیشه آن گونه که او می‌دیده، بوده است.

[۲] این که ارسطو "یک سر و گردن بالاتر از تمامی زیست‌شناسان پیش از داروین" بوده باشد، اغراق و افراط است.

با وجود این، ما با یک تنگنا روبرو هستیم: چرا انواع گوناگون زندگی وجود دارد؟ چرا باید این همه گونه سوسک، این همه گونه پرنده، این همه گونه گیاه گوناگون وجود داشته باشد؟ آیا بر اساس منطق کشتی نوح، یک گونه سوسک بس نیست؟ این واقعیت که صدها هزار ریخت^(۳) گوناگون زندگی وجود دارد، سوال مهم دیگری را پیش می‌آورد: چرا برخی از این ریخت‌های زندگی برای ما مفید هستند (برای مثال، آن گونه‌هایی که آن‌ها را می‌خوریم یا آن‌هایی که با خوشحالی با آن‌ها زندگی می‌کنیم)، در حالی که دیگران (مانند بسیاری از گونه‌های شکارگر و انگلی) قطعاً برای سلامتی و حتی ماندگاری^(۴) ما مضر هستند؟ پاسخ همه این سوال‌ها در نگره داروین، فرگشت با گزینش زیستاری^(۵)، نهفته است.

[۳] در فارسی survival را معمولاً بقا می‌گویند. من بر آنم که ماندگاری بهتر است!

[۴] محمد حیدری ملایری، واژه "زاستار" را برای "طبیعت = nature" پیش‌نهاد کرده است. اما، گمانم بر آن است که برای او واژه "طبیعت = زاستار" در برگیرنده جهان غیرزیستی هم هست. بنابراین، بهتر دیدم که برای واژه "nature" و "natural"، هر جا که "زندگی" در آن جا دارد، واژه "زیست" و "زیستار" را به کار ببرم. در جاهای دیگر "nature" و "natural" را به "طبیعی"، "عادی"، "روشن" یا "بدیهی" برگرداندم!

تئودوسیوس دوبژنسکی^(۳)، زیست‌شناس بزرگ فرگشتی اوکراینی-آمریکایی (که خود مسیحی ارتدوکس معتقد بود) گفته معروفی دارد: "هیچ چیز در زیست‌شناسی، جز در پرتو فرگشت معنی ندارد". او می‌توانست بگوید "هیچ چیز در زندگی ...". زیرا نظر دوبژنسکی، آن طوری که امروز آن را می‌فهمیم، به همان اندازه در مورد دانش‌های انسانی - روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، اقتصاد، تاریخ، باستان‌شناسی و تقریباً هر رشته دیگری که دوست دارید نام ببرید - اعتبار دارد. همه چیز در جهان ما، درست مانند منظومه شمسی و خود جهان، فرگشت^(۵) یافته است. هیچ چیز، حتی جهان، از ابتدای زمان در وضعیت پایدار نمانده است. همه چیز دارای سابقه‌ای است که با پیشرفت زمان، زیر تأثیر تغییر قرار دارد. فرگشت، به این معناست.

[۵] در این بند، نویسنده معنای بسیار گسترده‌ای از واژه فرگشت، به معنی هر تغییری، ارائه می‌کند. البته در این مورد او تنها زیست و فیلسوف‌ها و دانش‌مندان دیگری هم هستند که همین نظر را دارند. توصیه من این است که از به کار بردن واژه فرگشت و هم‌چنین زیستاری در مواردی که به جان‌داران ربط ندارد، پرهیز شود. از نظر من

(1) Aristotle.

(2) Form.

(3) Theodosius Dobzhansky.

به‌تر آن است که نخست فرگشت زیست‌شناسانه را بفهمیم. سپس، می‌توانیم درباره گسترش آن به زمینه‌های دیگر بحث کنیم!

اما قبول وجود تغییر در جهان و در هستی یک سوال دیگر پیش می‌آورد: آیا تغییر به معنای پدیدار شدن طبیعی نوعی روند ^[۶] {۱} درونی است یا نتیجه نوعی نیروی بیرونی است؟ هیچ کس شک ندارد که فرگشت جهان از نوع نخست است. نگره‌های نخستین فرگشت زیست‌شناسانه، به فیلسوف-دانش‌مندان یونان باستان برمی‌گردد، که آن‌ها هم نوع نخست را فرض می‌کردند، اما داروین پافشاری داشت که تغییر، از نوع دوم [یعنی زیر تاثیر نیروهای بیرونی] است ^[۷]. سوالی که باید بررسییم این است: چه‌گونه شد که به دنیای زیستی و روانی که اکنون آن را تجربه می‌کنیم، رسیده‌ایم؟ و چه‌گونه این تغییر بر ما، هم‌چون یک گونه، و رفتار ما تأثیر می‌گذارد؟

[۶] لغت نامهٔ دهخدا برای واژه process واژه روال را پیش‌نهاد می‌کند و واژه روند را اشتباه می‌داند. در این صورت می‌توان گفت که من یک غلط مصطلح را که "روند" باشد، به کار می‌برم. از سوی دیگر، بعضی process را فرآیند برگردان می‌کنند. آن چه که من می‌فهمم آن است که یک process می‌تواند مصنوعی باشد، مثل "فرآیند" ساختن یک ماشین. در ضمن یک process می‌تواند طبیعی باشد، مثل روند تغییر یک گونه به گونهٔ دیگر.

[۷] به نظر من تفکیکی که نویسنده از نوع نخست (نیروی درونی) و نوع دوم (نیروی بیرونی) دارد، یک تفکیک آموزشی (pedagogical) است، نه یک تفکیک واقعی و روشن. این دو نوع تغییر، هم‌واره، با هم و با برهم‌کنش بر یک‌دیگر، در جریان هستند.

پرسش ۲- پس چه کسی فرگشت را کشف کرد؟

فیلسوف-دانش‌مندان بزرگ کلاسیکس ^[۱] و قرون وسطا، با دیدگاهی که نخستین بار ارسطو در حدود 350 سال پیش از میلاد مطرح کرد، هم‌رای بودند. ارسطو معتقد بود که ریخت‌های گوناگون زندگی از نظر مهارت‌ها و توانایی‌ها، ناهم‌گون هستند. با تکیه بر ارسطو، الهی‌دانان مسیحی اوایل قرون وسطا یک نگرهٔ ضمنی فرگشت را ارائه دادند که به نام زنجیرهٔ بزرگ هستی ^{۲} {۲} شناخته می‌شود. در بالای این زنجیره خدا بود، و فرشتگانش در پلهٔ بلافاصله پایین‌تر از او قرار داشتند، و سپس، در پلهٔ زیر آن، انسان‌ها - که همه قبول داشتند، پیش‌رفته‌ترین ریخت زندگی بر روی زمین هستند. و سپس پایین‌تر، پله پله، پستان‌داران گوناگون، پرندگان، خزندگان و ماهی‌ها تا حشره‌ها و دیگر جان‌داران، که کم توسعه‌یافته‌ترین ریخت‌های زندگی بودند، قرار می‌گرفتند ^[۳].

[۱] در اینجا "کلاسیکس"، برابر واژهٔ "classics"، در معنای دوران اوج فرهنگ و تمدن یونانی-رومی است. در فارسی این واژه را معمولاً "کلاسیک" می‌نویسند.

{1} Process.

{2} The Great Chain of Being.

[۲] تصویری از زنجیره بزرگ هستی را در زیر می‌بینید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1688250>

[۳] نویسنده در این بند، دوباره تعریف خودش از فرگشت را، که برابر هر نوع تغییری باشد، مطرح کرده است. به نظر من، نویسنده، تغییرهای اندیشه (idea) فرگشت را با خود فرگشت، اشتباه گرفته است. به هر رو، بسیار کم دیده‌ام که کارشناسان فرگشتی واژه "فرگشت" را برای نگره‌های قرن 18 و پیش از آن، به کار ببرند.

به راحتی می‌توان این را هم‌چون یک سلسله مراتب ایستا، که در زمان، ثابت مانده و محصول خلقت است، در نظر گرفت. اما، در طول قرن 17، مردم در مورد برخی از سنگ‌هایی که کشاورزان هنگام شخم زدن مزارع خود پیدا می‌کردند، تعجب می‌کردند. آن‌ها به روشنی، سنگ بودند، اما پیش‌رفت در دانش پزشکی، به ویژه کالبدشناسی، آشکار ساخت که این سنگ‌ها، به طور مشکوکی همانند استخوان هستند. در سال 1667، کشیش و دانش‌مند دانمارکی نیکلاس استنو^{۱} یا به دانمارکی نیلز استینسن^{۲}، استدلال کرد که آن‌ها باید استخوان جان‌دارانی باشند که از طریق جذب مواد معدنی، در حالی که در زمین بوده‌اند، به شکل سنگ درآمده‌اند [۴].

[۴] تصویری از مقایسه دندان یک کوسه تازه شکار شده، و دندان یک کوسه فسیل شده. سر این کوسه را در سال 1666 به نیلز استینسن فرستاده بودند.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40226324>

^{1} Nicolas Steno.

^{2} Nils Steensen.

این پیش‌نهادِ شگفت‌انگیز این احتمال را مطرح کرد که ممکن است گونه‌ها برای همیشه زندگی نکنند - برخی از گونه‌ها ممکن است گونه‌مرگ^[۵] شوند. این پیش‌نهاد، آغاز این اندیشه بود که ریخت‌های گوناگون زندگی ممکن است در طول زمان فرگشت یافته و تغییر کنند. تلاش برای توضیح چه‌گونگی این رخداد، به چالش تبدیل شد. بسیاری از جانورشناسان در سال‌های 1700 و اوایل سال‌های 1800 پیش‌نهادهایی در این زمینه ارائه کردند. موفق‌ترین این نگره‌ها، نگره‌ای بود که در سال 1809 توسط جانورشناس برجستهٔ فرانسوی، ژان باپتیست دو مونه، شوالیه لامارک^۱ یا آن‌طور که امروزه معمولاً شناخته می‌شود، لامارک، ارائه شد.

^۱شوالیه یک عنوان رده پایین نظامی فرانسوی است.

[۵] گونه‌مرگ را به جای منقرض به کار می‌برم.

لامارک تصور می‌کرد که گونه‌ها دائماً خلق مجدد می‌شوند - حتی در حال حاضر، همین لحظه، همین حالا [۶]. سپس هر یک از این گونه‌های جدید در امتداد یک مسیر مشخص، که زنجیره بزرگ هستی باشد، فرگشت می‌یابند. هر جان‌داری با یک شکل کوچک شروع می‌شود و به آهستگی راه خود را در زنجیره بزرگ هستی طی می‌کند تا این‌که در نهایت، احتمالاً همه به انسان ختم می‌شوند. (هرگز کاملاً مشخص نشد که آیا ما، هم‌چون یک گونه، روزی فرشته خواهیم شد، یا آیا این بدان معناست که گونه‌های جدید انسانی می‌توانند در زمان حضور ما فرگشت یابند). یکی از مهم‌ترین پی‌آمدهای این نگره آن بود که گونه‌هایی که حضور درازی در زیستار داشته‌اند، پیش‌رفته‌ترین جان‌داران هستند، زیرا آن‌ها فرصت بیش‌تری را برای حرکت خود در زنجیره بزرگ هستی داشته‌اند. این بدان معناست که انسان‌ها، که به روشنی پیچیده‌ترین^[۷] گونه هستند، باید قدیمی‌ترین جان‌داران باشند - که این برداشت، برخلاف آن چیزی است که در کتاب مقدس به روشنی بیان شده است که آدم و حوا، در واقع، پس از همهٔ جانوران دیگر خلق شده‌اند. اما این تناقضی است که ظاهراً همه انتخاب کردند آن را نادیده بگیرند^[۷].

[۶] جمله نخست این بند ناروشن است و احتمال بدفهمی آن بالا است. بهتر بود که به جای واژهٔ گونه، از واژهٔ دودمان یا ترکیب دودمان و گونه بهره می‌برد و مثلاً می‌گفت: "لامارک تصور می‌کرد که دودمان‌های گونه‌های گوناگون دائماً در حال خلق شدن هستند".

[۷] من نمی‌دانم منظور نویسنده از "پیچیده" چیست؟! بعضی از این واژگان (ترم "term")، به قدری تعریف‌های ناهم‌گون دارند، که بدون ذکر تعریفی که نویسنده در نظر دارد، منظور او مشخص نمی‌شود. همین جا بگویم که تعریف واژهٔ "ژن" در طول این صد و اندی سال که از ساخت آن می‌گذرد، به قدری تغییر کرده است که من ترجیح می‌دهم واژهٔ "ژن" را به کار نبرم، هر چند که گاهی مجبورم آن را به کار ببرم! در این جا هم واژه "پیچیده" معنای کش‌داری دارد!

[۸] در جای جای کتاب، این نویسنده با عقاید مسیحی (و گاهی هم با عقاید مذهبی دیگر) شوخی می‌کند. اطمینان ندارم که لحن ترجمه من بتواند به‌اندازه، لحن نویسنده را منتقل کند.

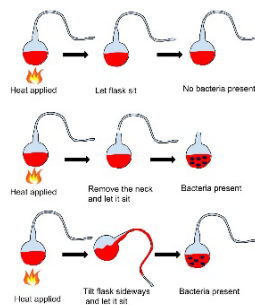
⁽¹⁾ Extinct.

⁽²⁾ Lamarck.

اگرچه این دیدگاه‌ها به اندازه جانورشناسی تجربی واقعی، مدیون فلسفه‌پردازی روی صندلی [۹] بودند، اما لامارکی‌ها به راستی نشانه‌های تجربی خوبی برای پشیبانی دیدگاه‌های خود داشتند. آزمایش مورد نظر به طرز فریبنده‌ای ساده بود. یک سطل آب تازه را بردارید و آب آن را زیر میکروسکوپ به دقت بررسی کنید، جز آب خالص چیزی نمی‌بینید. سطل آب را برای چند هفته در کناری بگذارید و پس از مدتی دوباره آب آن را بررسی کنید - و خواهید دید که آب سطل، سرشار از زندگی میکروسکوپی است. در [سطل] نشانه‌های شگفت‌انگیزی [خواهید دید] که نشان می‌دهد زندگی به طور مداوم - و خود به خود - در هر دقیقه از روز، از نو خلق می‌شود [۱۰].

[۹] می‌بینید که نویسنده با فلسفه هم شوخی می‌کند.

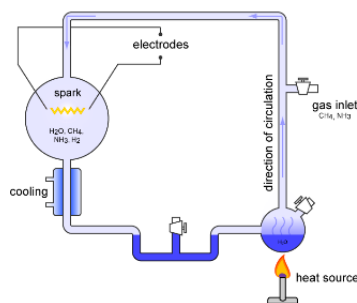
[۱۰] این پدیده که نام آن spontaneous generation است، در فارسی به خلق‌الساعه یا زایش خودجوش معروف است، و تولید هر گونه جان‌دار از مواد غیرزنده را در بر می‌گیرد. از قضای روزگار در سال ۱۸۵۹ و چند ماه پیش از چاپ کتاب معروف داروین، لوئی پاستور (Louis Pasteur) از یک آزمایش معروف، یک نتیجه درست و یک نتیجه نادرست گرفت. آزمایش او از این قرار بود. پاستور نشان داد که اگر آب‌گوشت (broth) را بجوشاند و دست‌رسی هوا به آب گوشت را محدود کند، باکتری‌ها، در کوتاه مدت نمی‌توانند آب‌گوشت را فاسد کنند. نتیجه‌گیری درست او آن بود که فساد مواد خوراکی محصول رشد باکتریایی است، و باکتری‌ها در اثر حرارت از بین می‌روند. افزون بر آن، دور نگه داشتن مواد خوراکی از جریان هوا، به سالم ماندن طولانی‌تر مواد خوراکی کمک می‌کند.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40506737>

نتیجه‌گیری غلط آن بود که پاستور ادعا کرد که زایش خودجوش نمی‌توانسته باعث شروع زندگی در زمین، در طی یک روند عادی باشد. بنابراین، با این نتیجه‌گیری غلط به صف مخالفان داروین و فرگشت پیوست. برای من، این آزمایش، درس‌های زیادی دارد. مهم‌ترین این درس‌ها آن است که هر آزمایشی اهداف، و مهم‌تر از آن حوزه (scope)، خود را دارد. تسری و تعمیم یافته‌های یک آزمایش، به حوزه‌هایی که آن آزمایش برای آن‌ها طراحی نشده، کار اشتباهی است. در چشم من، پاستور با این نتیجه‌گیری غلط، فهم پیدایش زندگی روی زمین را به تاخیر انداخت. برای این‌که معلوم شود که نتیجه‌گیری پاستور در مورد شروع زندگی در زمین غلط بوده، بشر باید ۹۳ سال صبر می‌کرد تا آزمایش میلر-یوری (Miller-Urey) نشان بدهد که شروع زندگی در زمین، و از مواد بی‌جان، در شرایط نخستین زمین (همانند گرمای ناشی از فوران آتشفشان‌ها، جرقه الکتریکی، و غیره) بسیار واقع‌گرایانه بوده است (بنگرید به تصویر زیر). بگذریم از این‌که چشمه‌های آب داغ در کف دریاها (مخصوصاً دریا‌های کم‌عمق) هم می‌تواند در آغاز زندگی نقش داشته باشند.

^(۱) Armchair philosophizing.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2173230>

آزمایش لامارکی‌ها یک آزمایش مبتکرانه بود. تنها نقص آن این بود که [در آن زمان] دانش بسنده در مورد میکروب‌ها و باکتری‌ها [وجود نداشت] و هنوز یک قرن وقت لازم بود تا [دانش ما در این زمینه] به اندازه رشد کند. زندگی "تازه ایجاد شده"، البته، از هوای پیرامون سرچشمه گرفته بود، که هم‌آن‌طور که اکنون می‌دانیم، هوای پیرامون سرشار از زندگی میکروسکوپی است که با باد به این سو و آن سو پخش می‌شود.

در همان زمان، در بریتانیا، شماری از زیستارشناسان ^(۱) آماتور نیز نگره‌های فرگشتی را تبلیغ می‌کردند ^[۱۱]. بعضی از این [زیستارشناسان] از این قرارند: ارسموس داروین ^(۲) (پدر بزرگ چارلز داروین)، ناشر ادینبورگی رابرت چمبرز ^(۳)، و کشاورز اسکاتلندی و بنیانگذار زمین‌شناسی جیمز هاتون ^(۴) که نگره‌ای را پیش‌نهاد کرد که به طور قابل توجهی به نگره فرگشت با گزینش زیستاری داروین همانندی داشت). داروین به احتمال زیاد هنگامی که دانشجوی پزشکی در ادینبورگ بود (و پیش از این‌که به توصیه و پافشاری پدرش، پزشکی را برای تحصیل در الاهیات ^[۱۲] در دانشگاه کمبریج رها کند) با چنین افکاری آشنا شده بود.

[۱۱] تکرار می‌کنم. معمولاً نگره‌های پیش داروینی را "نگره‌های پیش داروینی" (!) به معنی نافرگشتی می‌نامند. چرا؟ برای این‌که همه آن‌ها برای جان‌داران به یک ذات (essence) جهش‌ناپذیر (immutable) باور داشتند. در حالی که داروین چنین چیزی را قبول نداشت.

[۱۲] من پیش از این در جایی ندیده بودم که کسی ادعا کند که ترک تحصیل داروین از پزشکی و تصمیمش برای تحصیل در الاهیات به پافشاری پدرش بوده باشد. اما این موضوع مهمی نیست. به هر رو، داروین نه پزشک شد و نه کشیش!

پرسش ۳- نگره داروین چه‌گونه درک ما از فرگشت را تغییر داد؟

در سال ۱۸۳۱، به چارلز داروین بسیار جوان (که در آن زمان فقط ۲۲ ساله بود) فرصت داده شد تا کاپیتان جوان، رابرت فیتزروی ^(۵) را (که در آن زمان فقط ۲۶ ساله بود)، در یک سفر اکتشافی پنج ساله دور دنیا، همراهی کند ^[۱]. این سفر در کشتی پژوهشی نیروی دریایی سلطنتی بریتانیا

^(۱) Naturalist.

^(۲) Erasmus Darwin.

^(۳) Robert Chambers.

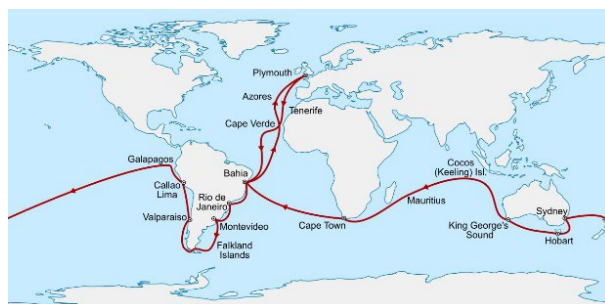
^(۴) James Hutton .

^(۵) Robert FitzRoy.

به نام بیگل^[۱]، برای بررسی سواحل آمریکای جنوبی و جزایر اقیانوس آرام تا استرالیا، صورت گرفت. هدف از این سفر دراز، بهبود کیفیت نقشه‌های خط‌های ساحلی نیروی دریایی سلطنتی بود. نقش داروین بسیار ساده بود: همراهی با فیتزروی در سفر، تا کاپیتان جوان از مصاحبت فردی روشن‌فکر در این سفر بسیار دراز برخوردار باشد^[۲]. اما، داروین که در آن زمان یک زمین‌شناس با تجربه بود^[۳]، به نام زمین‌شناس^[۴] گروه اکتشافی گمارده شد. در واقع، داروین در هر ایست کشتی وقت زیادی را صرف اسب سواری‌های طولانی در پیرامون محل ایست می‌کرد تا از کسالت زندگی در کشتی فرار کند. در طول این سفرها، او استخوان‌های فسیلی پستان‌دارانِ گول‌پیکر گونه‌مرگ شده در آمریکای جنوبی و هم‌چنین نمونه‌های بسیاری از گونه‌های زنده حشره‌ها، پرندگان و پستان‌داران را که با آن‌ها روبرو می‌شد، گردآوری می‌کرد.

FitzRoy^۱ سپس، در مأموریت دیگری از سوی نیروی دریایی سلطنتی بریتانیا، مسئول پیش بینی آب و هوا و تهیه نقشه مدرن آب و هوا شد.

[۱] مسیر حرکت کشتی بیگل را در تصویر زیر ببینید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3003026>

[۲] گویا رسم بر این بوده که در هر کشتی اکتشافی، یک زیستارشناس حضور داشته باشد. این جور مشاغل به جوانان خانواده‌های "مهم" داده می‌شد تا تجربه کسب کنند. در این سفر، قرار بر این بوده که پزشک جوانی، نقش زیستارشناس را داشته باشد. "خوش‌بختانه" آن پزشک، بیمار می‌شود. مسئولان هم خیلی با عجله به دنبال جانشینی برای او می‌گردند و داروین را به جای آن پزشک به کار می‌گماردند.[

[۳] داروین را در آن زمان نمی‌توان "... شناس" یا "با تجربه" دانست. ولی از آن جایی که در دانشگاه‌های گوناگون درس‌های گوناگونی خوانده بود، دانش قابل توجهی در زمینه‌های گوناگون داشت، ولی خبرگی ویژه‌ای نداشت! داوری مایر (Mayr) این است که داروین در آغاز سفر، دانشی در تراز یک دانشجوی دوره دکتری (PhD) داشته است. زمین‌شناسی دانستن او را هم باید ناشی از شرکت در یک درس دانشگاهی که چارلز لایل (Charles Lyell) درس می‌داد، بیانگریم. لایل کتابی در باره زمین‌شناسی در سه جلد دارد که در فاصله سال‌های ۱۸۳۰ تا ۱۸۳۳ چاپ شدند. با توجه به این‌که سفر داروین از ۱۸۳۱ تا ۱۸۳۶ طول کشیده، داروین جلد دوم و سوم کتاب لایل را در طول سفر خوانده است.

یک نکته جالبی این است که در "امپراتوری بریتانیای کبیر" خدمات‌های پستی بسیار خوب کار می‌کرده‌اند. برنامه سفر داروین کاملاً مشخص بوده و دیگران با آگاهی از این موضوع، بسته‌های پستی را به بندری می‌فرستادند که داروین قرار بوده به آن‌جا برود. یک جوک هم بگویم: هر کس کتاب‌های کونان دوئل (Arthur Conan Doyle) که

^[۱] HMS Beagle.

شخصیت اصلی آن‌ها شرلوک هولمز (Sherlock Holmes) بوده است را خوانده باشد، می‌داند که خدمت‌های پستی در "امپراتوری بریتانیای کبیر" بسیار خوب کار می‌کرده‌اند!

به هر رو، داروین در ابتدا، دانشجوی لایل بود، ولی اندک اندک با هم هم‌کار و دوست شدند. لایل، هر چند که هیچ‌گاه نگره‌های (theory) داروین را در تمامیت آن‌ها نپذیرفت، همواره مشوق داروین بود تا نگره‌هایش را منتشر کند. این پانویشت در مورد "زمین‌شناس" بودن یا نبودن داروین و رابطه‌اش با لایل را کش دادم برای این‌که بگویم داروین به شدت زیر تاثیر لایل بوده است. نکته مرکزی نگره‌های لایل این بوده که: همان روندهایی که در گذشته، زمین را شکل داده‌اند، اکنون هم در کارند. داروین هم این پیام را به جان و دل گرفت که "روندهای امروزی تغییر جان‌داران، همان‌هایی هستند که همواره در کار بوده‌اند".

[۴] عنوان رسمی داروین در کشتی "زیستارشناس" (طبیعی‌دان) بوده است.

همانندی‌ها و ناهم‌گونی‌های بین گونه‌هایی که او در مکان‌های گوناگون جمع‌آوری کرد باعث شد تا داروین ۲۵ سال پس از آن را صرف این کند که چه‌گونه برخی از این گونه‌ها، و به ویژه گونه‌های جزایر هم‌سایه، می‌توانند بسیار ناهم‌گون و در عین حال به روشنی با هم مرتبط باشند. سرانجام، در نوامبر ۱۸۵۹، او کتاب پیش‌گامانه خود، "درباره پیدایش گونه‌ها با کاربرد گزینش زیستاری"، را منتشر کرد که در آن به ارائه نگره [۵] جدید فرگشت پرداخت.

[۵] تکرار می‌کنم که بهتر است گفته شود "نگره‌ها".

نگره داروین در تضاد کامل با نگره زنجیره بزرگ هستی بود. او، برخلاف لامارکی‌ها، فرض را بر این نمی‌گذاشت که زندگی بطور مرتب در حال ایجاد شدن است، بلکه یک خاست‌گاه بسیار قدیمی واحدی را برای همه گونه‌های زنده و گونه‌مرگ شده پیش‌نهاد کرد، که همگی آن [گونه]‌ها از طریق تبار از نیاکان مشترک، با یک‌دیگر مرتبط بودند. [از نظر او] پیچیدگی و "پیش‌رفته" بودن [گونه‌ها]، [نشانه‌ایی از] جدید یا قدیمی بودن گونه‌ها نداشت. پیچیدگی فقط نشان از چالش‌های تاریخی داشت که یک گونه در محیط‌های گوناگون در تیررس آن‌ها قرار گرفته بود. مهم‌تر از همه، گونه‌ها، آن‌طور که نگره زنجیره بزرگ هستی فرض می‌کرد، مسیر فرگشتی یک‌سانی را دنبال نمی‌کردند. در عوض، هر کدام مسیر خود را در طول زمان دنبال می‌کردند که به زیست‌گاه‌هایی که در آن‌ها زندگی کرده بودند، فرصت‌های پیش آمده، و روی داده‌های پیش‌آمدی، مانند فوران آتش‌فشان‌ها و طوفان‌ها، بستگی داشت.

آن‌چه باعث پیروزی بیش‌تر نگره داروین شد، ارائه سازوکاری بود که بتواند فرگشت را به پیش ببرد. این سازوکار، مفهوم گزینش زیستاری و اندیشه سازگاری بود که به طور عادی به ایجاد و فرگشت گونه‌های جدید می‌انجامد. در واقع، نگره لامارک هم مفهوم خاص خود را برای سازگاری داشت، که اکنون به نام توارث سرشتار اکتسابی [۶] شناخته می‌شود، مثلاً این استدلال که ماهیچه‌های بزرگ بازوی‌های آهن‌گران که به طور مداوم نعل اسب را چکش می‌زدند، در زمان مناسب به فرزندان آن‌ها منتقل می‌شود. در چهارچوب نگره لامارک، چه‌گونگی این امر هیچ وقت کاملاً روشن نبود، اما به نوعی، صفت مزبور باید بخشی از ترکیب زیست‌شناسانه فرزندان می‌شد.

(1) Acquired characteristics.

داروین استدلال می‌کرد که پراکندگی در ظاهر گونه‌ها تنها به این دلیل است که افراد به طور عادی، از نظر میزان یا اندازه صفت خود، ناهم‌گون هستند و فقط آن صفت‌هایی که با شرایط محلی سازگارتر هستند با موفقیت بازآوری [۷] می‌شوند [۸]. در نتیجه، در طول نسل‌های پیاپی، یک گونه بیش‌تر همانند یک نیای خاص می‌شود، زیرا صفت‌های خاص آن نیای خاص با محیط محلی به‌تر سازگار است. می‌توانیم ناهم‌گونی‌های بین دو نگره را به این صورت خلاصه کنیم: لامارک تصور می‌کرد که کاربرد باعث ایجاد پراکندگی می‌شود، در حالی که داروین تصور می‌کرد که پراکندگی باعث کاربرد می‌شود.

[۶] توارث سرشت‌های (صفت‌های) اکتسابی از آن انگاره‌هایی است که بارها رد شده، اما هر از گاهی، در ریختی تازه، سر بر می‌آورد. اگر بدجنس بودم، می‌گفتم که این اندیشه را فقط آدم‌های تنبل دنبال می‌کنند! البته چون آدم مهربانی هستم، این حرف را نخواهم گفت.

[۷] برای واژه reproduce و ترکیب‌های آن، معمولاً واژه "تولید مثل" به کار می‌رود. من بر آنم که بازآوری به‌تر است.

[۸] در این جمله به بازآوری "صفت" اشاره شده است. شرح مفصل اعتراض من در جای دیگر و زیر عنوان "تراز گزینش = level of selection" خواهد آمد.

داروین در آن زمان تنها کسی نبود که در این زمینه فکر می‌کرد. از بسیاری راستاها، تاجر غلات اسکاتلندی پتریک متیوس^{۱} نگره مشابهی در مورد گزینش زیستاری ارائه داده بود، که از آن برای پرورش محصول‌های پربارتر سود می‌برد. در واقع، نگره‌های داروین بسیار زیر تأثیر موفقیت اصلاح‌گران^{۲} دام و گیاه در اواخر قرن هجدهم بود [۹]. از همه مهم‌تر، آلفرد راسل والاس^{۳}، زیستارشناس، هنگام جمع‌آوری جانوران و گیاهان در آمریکای جنوبی و شرق دور، کاملاً مستقل از داروین، به نگره‌ای مشابه دست یافته بود. معروف است که نامه والاس به داروین در سال ۱۸۵۷ [۱۰]، که شامل خلاصه‌ای از اندیشه‌های او در مورد گزینش زیستاری بود، داروین را مجبور به پخش نگره خود کرد [۱۱].

[۹] داروین آزمایش‌های زیادی با کبوتر و نوعی نخود انجام داده بود. فصل اول کتاب "در باره پیدایش گونه‌ها" هم، این طور استدلال می‌کند که فرگشت، بسیار همانند اصلاح دام و نبات است. امروزه روز، بسیار روشن است که، اصلاح دام و نبات، مساوی فرگشت با سرعت زیاد است. یا برعکس، فرگشت، مساوی اصلاح دام و نبات، با سرعت پایین است. بعضی برآوردها حکایت از این دارد که یک نسل از اصلاح دام همان قدر تغییرهای ژنتیکی در یک جمعیت دامی ایجاد می‌کند که در زیستار، بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ نسل به آن نیاز است.

[۱۰] سال ۱۸۵۷ که در کتاب آمده اشتباه است. تاریخ صحیح، ۱۸۵۸ است.

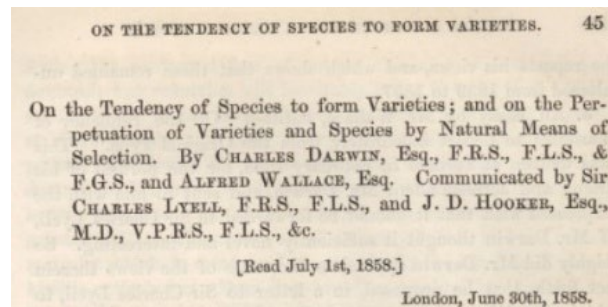
[۱۱] این ادعا هم درست است و هم درست نیست! داروین پیش از ۱۸۵۸، دو بار نسخه‌ای از کتاب خود را تهیه کرده بود، اما چون آن‌ها را ناپسند می‌دانست، آن‌ها را منتشر نکرد. دوستان و هم‌کاران داروین این دو نسخه را خوانده و نظرشان را به داروین عرضه کرده بودند. داروین هم درگیر "تیز کردن" استدلال‌های خود بود که نامه والاس از راه رسید. والاس به ضمیمه نامه خود، یک مقاله حاوی خلاصه‌ای از نگره‌های خود را برای داروین فرستاده بود، و از

{1} Patrick Matthews.

{2} Breeder.

{3} Alfred Russel Wallace.

داروین "تقاضا" کرده بود که اگر مقاله را ارزشمند می‌داند، آن را در انجمن لینه لندن (Linnean Society of London) بخواند. داروین نامه‌ی والاس را به دوستان خود، که در جریان نگره‌های خود او قرار داشتند، ارائه داد. با پافشاری دیگران قرار بر این شد که لایل (Lyell) و هوکر (Hooker) که از ۲۲ سال پیش (از ۱۸۳۶) در جریان تحول‌های فکری داروین بوده‌اند، مقاله‌ای از داروین و مقاله‌ی والاس را در انجمن لینه لندن بخوانند. ارائه شفاهی این دو مقاله در روز اول ژوئیه ۱۸۵۸ (۱۰ تیرماه ۱۲۳۷ خورشیدی) صورت گرفت. تصویری از صفحه‌ی اول این مقاله در زیر می‌آید.



اگرچه والاس به دلیل استنتاج مستقل نگره‌ی فرگشت سزاوار اعتبار فراوان است - و این کار را نه در راحتی یک خانه بیلاقی بزرگ در کنت^[۱]، بلکه در شرایط سخت اردوگاه‌های چادری در بورنیو^[۲] انجام داد، این داروین است، که به دلیل شرح جزئیات غنی از نشانه‌ها و درک پیچیده‌تری که از سازوکارهای توارث^[۱۲] ارائه کرده است، فرگشت را به نام خود ثبت کرد^[۱۳]. افزون بر این، والاس هرگز کاملاً حاضر نشد این اندیشه را که خدا در جایی دخیل است کنار بگذارد، و در واقع، پس از آن بیش‌تر زندگی خود را در انگلستان گذراند و سعی کرد نقش خدا را در فرگشت توجیه کند^[۱۴]. نگره‌ی داروین نیازی به خدا نداشت و بنابراین هم‌چون یک نگره دانشیک، ساده‌تر و زیباتر بود.

[۱۲] حدس من این است که نویسنده در این جا یک اشتباه کوچک کرده است. به جای "درک پیچیده‌تری که از سازوکارهای توارث"، باید می‌نوشت: "درک پیچیده‌تری که از سازوکارهای فرگشت".

[۱۳] به نظر من نویسنده در این بند یک بدجنسی می‌کند. بدجنسی در آن است که داروین هم، در سفرهای اکتشافی (همانند والاس) سختی کشیده است. داروین هم شاید در مناطق حاره‌ای (همانند والاس) به بیماری‌های ناشناخته مبتلا شده است. این‌که داروین در موقع سامان‌بندی نگره‌اش در چه خانه‌ای زندگی می‌کرده مهم نیست.

[۱۴] به نظر من نویسنده در این جا یک بدفهمی دارد. بدفهمی او در این است که داروین هیچ‌وقت در مورد نقش مفهوم "خدا" در فرگشت، بحثی را مطرح نکرد. داروین می‌دانست که یک برداشت منطقی از نگره او این است که "برای توضیح نظم زیستار [یا به راستی بی‌نظمی زیستار] نیازی به خدا نیست". اما خود او وارد این جور بحث‌ها نمی‌شد. مشکل والاس هم دفاع از خدا نبود. من هم تا بحال ندیده بودم کسی بر سر مسئله خدا از والاس ایراد بگیرد. (اصلاً بحث خدا یک بحث فلسفی است و جایی در بحث‌های دانشیک ندارد!) مشکل والاس این بود که، به‌رغم پیش‌نهاد نخست‌اش که نقش مهمی را برای گزینش زیستاری باور داشت، اندک به نقش کم‌تری برای گزینش زیستاری رسید. در نتیجه والاس، فرگشت را تبلیغ می‌کرد، ولی هیچ سازوکاری برای توضیح فرگشت نداشت.

^[1] Kent.

^[2] Borneo.

از دیدگاه‌های گوناگون، دستاورد داروین این بود که سوال بزرگی را مطرح کند، نشانه‌های فراوانی از پیوستار گسترده‌ایی از رشته‌های دانشیک مانند زمین‌شناسی، کالبدشناسی و بوم‌شناسی ارائه کند، این‌ها را با مشاهدات خود از سراسر جهان ترکیب کند و همه این قطعات کاشی‌کاری را [مانند یک پازل] برای دیگران کنار هم بگذارد تا بتوانند الگویی را تشخیص دهند، و با انجام همه این کارها، سرانجام توضیحی را که هیچ‌کس پیش از این به آن فکر نکرده بود، طوری که حتی یک شخص ناکارشناس نیز بتواند درک کند، عرضه کند [۱۵]. البته با این اوصاف، اگرچه ما می‌توانیم از نگره داروین، هم‌چون مجموعه‌ایی از اندیشه‌های خاصی که او در نیمه دوم قرن نوزدهم بیان کرد، سخن بگوییم، اما زیست‌شناسان به توسعه و گسترش نگره وی، در یک قرن و نیم پس از زمان مرگ وی، ادامه داده‌اند [۱۶]. نگره نوین، نشانه‌هایی از اندیشه‌های نخستین داروین را با خود دارد، اما بسیار پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر است - تا جایی که جنبه‌های زیادی از نگره نوین وجود دارد که احتمالاً داروین را شگفت زده و حیرت زده می‌کند. با این وجود، درک این نکته ضروری است که اگر زیست‌شناسان، نگره داروین را هم‌چون چارچوبی برای پرسیدن سوالات و آزمایش انگاره‌ها [۱۷] [۱۸]، در نظر نمی‌گرفتند، بیش‌تر این اندیشه‌ها، مفاهیم و حقایق جدید، هرگز کشف نمی‌شدند.

[۱۵] نویسنده این کتاب در به کار بردن جمله‌های بسیار دراز زیاده‌روی می‌کند. در بعضی جاها جمله‌های بسیار دراز را، به شرط حفظ نظر نویسنده، شکسته‌ام. در این مورد ترجیح دادم، این جمله چند خطی را نشکنم!

[۱۶] ای کاش پیروان دیگر "نگره‌های دانشیک" هم همان کاری را می‌کردند که زیست‌شناسان با "نگره‌های داروین" کردند.

[۱۷] در این جا نویسنده از واژه hypothesis استفاده کرده است و من هم آن را به "انگاره" برگرداندم. در سوی دیگر، هر جا نویسنده از واژه theory استفاده کرده، من آن را به "نگره" برگرداندم. من ناهم‌گونی [تفاوت] زیادی بین این دو واژگان نمی‌بینم. اما بعضی "انگاره" را برای مرحله پیش از گردآوری داده‌ها استفاده می‌کنند و "نگره" را برای پس از گردآوری داده‌ها. داروین، بر حسب تصادف، اول به گردآوری داده‌ها پرداخت. بنابراین باید برای کار او "نگره" را به کار برد. امروزه روز، چنین چیزی کم‌تر رخ می‌دهد!

[۱۸] برای واژه hypothesis دو واژه پیش‌نهادی دیگر وجود دارد: "نهشته" و "برانگاشت". هم‌چنین برای واژه theory "نگرش" هم پیش‌نهاد شده است. من هنوز نتوانسته‌ام درباره این برابره‌های فارسی تصمیم بگیرم.

پرسش ۴- نگره فرگشت با گزینش زیستاری داروین چه بود؟

نگره داروین را می‌توان در قالب سه گزاره ساده، یا اصل بدیهی (یا فرض) و یک نتیجه‌گیری منطقی که از آن‌ها حاصل می‌شود، خلاصه کرد:

- افراد از نظر صفت‌هایی که دارند، با هم ناهم‌گونی دارند (اصل پراکندگی ^(۱))؛
- بخشی از این پراکندگی به صورت ژنتیکی به ارث می‌رسد (اصل توارث ^(۲))؛

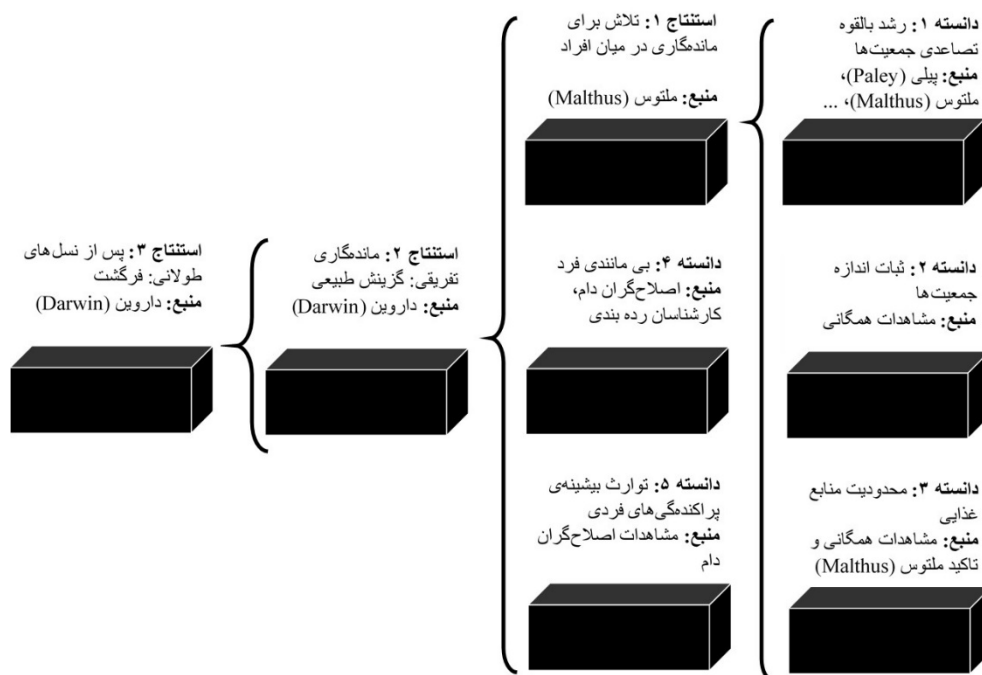
^(۱) The principle of variation.

^(۲) The principle of inheritance.

- برخی از پراکنده‌ها ^[۱] می‌توانند به موفقیت بیش‌تر در بازآوری دست یابند (زیرا به نوعی با محیط سازگار هستند) (اصل سازگاری ^[۲])؛ و بنابراین، هم‌چون یک پی‌آمد مستقیم:
- افراد در نسل‌های پی در پی، بیش‌تر به پراکنده‌های موفق همانند خواهند شد (اصل فرگشت ^[۳]) ^[۲].

[۱] واژه variant در فارسی به متغیر و سویه و چند واژه دیگر برگردان شده است. خواست من این است که واژه‌های هم‌ریشه را به واژه‌های همانند هم برگردانم. پیش از این از واژه پراکنده‌گی برای variation و از واژه پراکنش برای variance استفاده کرده بودم. این جا به‌تر می‌بینم که برای variant از پراکند، برای variable از پراکن و برای various از پراکنده استفاده کنم. می‌ماند واژه variability که ناچاراً از واژه ناساز بی‌اندام پراکنده‌گاری استفاده خواهم کرد.

[۲] استفاده از سه اصل پراکنده‌گی، توارث و گزینش زیستاری (و یا گاهی وقت‌ها، سازگاری) یکی از معمول‌ترین روش‌ها برای توضیح فرگشت داروینی است. اما به نظر من، یکی دیگر از روش‌های موجود، رابطه بین این اصول و پی‌آمدهای آن‌ها را به‌تر نشان می‌دهد.



تصویر بالا را مایر (Mayr)، در سال ۱۹۷۷، عرضه کرده است. پس از پیدا شدن دفترهای یادداشت‌های روزانه داروین در میانه دهه ۱۹۷۰، مایر اذعان دارد که تصویر بالا، از نظر زمانی، مطابق با روند کشف فرگشت توسط داروین (Darwin) نیست. ولی من این تصویر را آموزنده می‌دانم. این تصویر، هم‌چنین با ادعای داروین که کتاب "در باره پیدایش گونه‌ها" (On the origin of species) را یک "استدلال دراز" (One long argument) می‌خواند، هم‌آهنگی دارد. من تغییر کوچکی در تصویر مایر داده‌ام، به این ترتیب که به جای هر یک از "چهارخانه"‌های او که توضیحاتی در آن‌ها نوشته شده بود، از یک "جعبه سیاه" (Black Box) استفاده کردم. قصد من این بود که نشان دهم که سازوکاری که برای هر کدام از این بخش‌ها در زمان داروین تصور می‌شده، تغییری در نتیجه استنتاجات داروین نمی‌دهند. چرا؟ برای این‌که داروین با سازوکارها مانند "جعبه سیاه" رفتار کرده است. صرفاً از "جعبه‌های

^[۱] Variant.

^[۲] The principle of adaptation.

^[۳] The principle of evolution.

سیاه" و سازوکارهای مستتر در آنها، استدلال و استنتاج داروین معتبر بوده‌اند. برای مثال، سازوکار در نظر گرفته شده در مورد توارث توسط داروین اشتباه بوده (دانسته ۵)، ولی نتیجه‌گیری کلی، به قوت خود باقی است. شرح این استدلال دراز، از این قرار است.

دانسته اول:

زنجیرهٔ استدلال با این دانسته که بسیاری از دانش‌مندان، به خصوص ملتوس (Malthus)، به آن اشاره کرده‌اند شروع می‌شود که، صرفاًظر از میزان بازآوری، هر گونه‌ای توانایی رشد تصاعدي اندازهٔ جمعیت را دارد.

دانسته دوم:

به‌رغم رشد بالقوهٔ تصاعدي در اندازه جمعیت، مشاهده عمومی این است که جمعیت‌های زیستی، در چهارچوب مقدار مشخصی از نوسان، اندازهٔ ثابتی دارند.

دانسته سوم:

در عین حال، هم‌واره محدودیتی در منابع خوراکی وجود دارد. هر واحدی از زمین می‌تواند خوراک برای شمار محدودی جانور گیاه‌خوار فراهم کند، و شمار محدودی از جانوران گیاه‌خوار، می‌توانند خوراک برای شمار محدودی جانور گوشت‌خوار فراهم کنند.

استنتاج اول:

از جمع سه دانسته بالا به این نتیجه می‌رسیم که به علت محدودیت مواد خوراکی، رشد بالقوه تصاعدي اندازهٔ جمعیت نمی‌تواند رخ دهد، و ثبات نسبی اندازهٔ جمعیت، نشانه‌ای از رقابت اعضای یک جمعیت، برای دسترسی به منابع محدود خوراکی است. این استنتاج پیش از این توسط ملتوس صورت گرفته بود. در واقع، استنتاج ملتوسی ممکن است عاملی باشد که اجزاء دیگر تفکر داروین با یک‌دیگر پیوند خوردند. نشانه‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد که داروین در روز 28 سپتامبر 1838 شروع به خواندن کتاب ملتوس کرد، و خواندن آن را در روز 3 اکتبر همان سال تمام کرد. تصویر کلی فرگشت، یک وقتی در طول این ۶ روز، در ذهن داروین نقش بست.

دانسته چهارم:

مشاهدات خود داروین، کارشناسان رده‌بندی، و به ویژه مشاهدات اصلاح‌گران دام و گیاه، نشان می‌داد که هر فردی بی‌مانند است. خود داروین در آزمایش‌های خود با کبوتر، این را مشاهده کرده بود.

دانسته پنجم:

هم‌چنین برای داروین، و بر اساس تجربیات اصلاح‌گران دام، روشن بود که فرزندان هر جاندار، پراکندگی‌های بی‌مانند والدین خود را به ارث می‌برند. در میانهٔ سال‌های 1800 نگره‌های زیادی در مورد توارث، منجمله نگرهٔ خود داروین، وجود داشت. البته هیچ‌یک از این نگره‌ها درست نبودند. با این حال، سازوکار توارث، عواقبی برای نگره‌ای که داروین در حال ساخت آن بود، نداشت.

استنتاج دوم:

جمع استنتاج اول و دانسته‌های چهارم و پنجم به این استنتاج (انگاره) می‌رسد که پراکندگی‌های ارثی بین افراد می‌تواند در پیروزی (یا شکست) بعضی افراد، در مقایسه با هم‌دوره‌ای‌هایشان، در ماندگاری آن‌ها (به معنی سازگاری با شرایط حاکم بر زندگی در آن گروه از افراد) موثر بوده باشد، و در پی آن به ماندگاری و بازآوری تفریقی افراد بیانجامد، که این همان گزینش زیستاری است.

استنتاج سوم:

اثرات دراز مدت گزینش زیستاری در نسل‌های پیایی، و در شرایط تغییر مداوم محیط زندگی، نهایتاً به واگرایی جمعیت‌ها می‌انجامد.

اندیشه‌های داروین بر اساس مشاهداتی است که توسط کشیش تامس ملتوس^[۱] در کتابی بسیار تأثیرگذار در سال 1789 منتشر شد. به نظر ملتوس، میزان افزایش جمعیت در نهایت، همیشه از ظرفیت خوراکی زیست‌گاه پیشی می‌گیرد و به ناچار منجر به مرگ زودهنگام بسیاری از افراد می‌شود.^۱ داروین کتاب ملتوس را در حالی که در کشتی بیگل بود خواند^[۴]. پس از آن جرقه‌ای در باره اندیشه‌های گزینش زیستاری در ذهن او پدید آمد، به این ترتیب که چون همه افراد، زنده نخواهند ماند، زیستار مانند یک غربال عمل می‌کند و به افرادی که سازگاری بیشتری با شرایط محلی دارند، فرصت بیشتری برای ماندگاری و بازآوری موفق‌تر می‌دهد^[۵].

هنگامی که ملتوس دستیار کشیش محلی در یک محله روستایی بود، با گردآوری شمار تولد (یا حداقل غسل تعمید) و تدفین در محله، به این اندیشه رسید که شمار تولدها به طور چشم‌گیری از شمار تدفین‌ها بیشتر است. [جمعیت در حال افزایش سریع است.]

[۴] مطابق منابع دیگر، که من به آن‌ها بیش‌تر اعتماد دارم، داروین روز 28 سپتامبر 1838، یعنی ۲ سال پس از پایان مسافرت کشتی بیگل، شروع به خواندن کتاب ملتوس کرد. خواندن کتاب را هم ظرف شش روز، یعنی در روز 3 اکتبر، تمام کرد. کتاب ملتوس چاپ‌های زیادی داشته است و من نمی‌دانم داروین کدام چاپ را خوانده است. به هر رو، آن نسخه‌هایی از کتاب ملتوس که من دیده‌ام، بسته به اندازه حروف و حاشیه هر صفحه، بین ۸۰ تا ۱۳۰ صفحه دارند. در ضمن، مشهور است که داروین این کتاب را بعد از ظهرها، در حالی که در تخت‌آویز (hammock) دراز کشیده بوده، خوانده و این یعنی، بسته به چاپ کتاب، هر روز حدود ۱۰ تا ۲۰ صفحه از کتاب را می‌خوانده است. چرا این موضوع مهم است؟ زیرا ریشه‌یابی افکار صاحبان نگره‌های بزرگ مهم است. در مورد داروین، خوش‌بختانه عادت او در نوشتن ژورنال (یادداشت‌های روزانه) و باقی‌ماندن این ژورنال‌ها، به فهم روندهای پیدایش افکار او کمک بسیاری می‌کند. در ضمن تمام کتاب‌خانه داروین هم باقی مانده است. در نتیجه تاریخ‌دانان از حاشیه‌نویسی‌های او بر کتاب‌هایش برای پی‌گیری افکارش استفاده کرده‌اند.

[۵] در این سال‌های گذشته شمار کسانی که می‌گویند داروین، گزینش زیستاری خود را بر مبنای دست نامرئی بازار ادم سمیت (Adam Smith) ساخته، بالا می‌رود. اگر این طور باشد، داروین سازوکاری لازم داشته که اگر کلید آن زده شود، گزینش زیستاری به کار افتد. در مورد دست نامرئی بازار ادم سمیت، این سازوکار هم‌ترازی عرضه و تقاضا (وقتی شمار عرضه کنندگان و تقاضاکنندگان زیاد باشد) بوده است. به نظر می‌رسد که داروین، سازوکار لازم برای گزینش زیستاری را که هم‌ترازی منابع خوراکی و اندازه جمعیت باشد، از ملتوس گرفته است.

نگره داروین به راستی ترکیبی از سه روند مجزا (وراثت، گزینش و فرگشت^[۶]) بود که هر یک از آن‌ها برای وقوع فرگشت ضروری است. وی، روند گزینش را مهم‌ترین روند می‌دانست. گزینش زیستاری همان فرگشت نیست. فرگشت زمانی رخ می‌دهد که گزینش زیستاری روی جان‌دارانی که دارای صفات وراثتی^[۷] هستند، عمل کند. مهم‌تر از همه این که، رابطه بین گزینش زیستاری و فرگشت، متقارن نیست. اگر گزینش زیستاری رخ دهد، فرگشت اجتناب‌ناپذیر است، اما فرگشت می‌تواند در غیاب گزینش زیستاری رخ دهد^[۸].

[۶] حدس من این است که نویسنده در این جا یک اشتباه کوچک کرده است. خود او در یکی از بندهای بالا به سه اصل "پراکندگی، توارث و سازگاری" اشاره کرده بود. البته می‌تواند فرمول بندی‌اش را عوض کند. ولی، به هر رو گفتن این که "نگره داروین به راستی ترکیبی از سه روند مجزا (وراثت، گزینش و فرگشت) بود که هر یک از آن‌ها برای وقوع

^[۱] Thomas Malthus.

فرگشت ضروری است" اشتباه است. اگر من بودم، جمله اول بند بالا را به این صورت می‌نوشتیم: "نگره داروین به راستی ترکیبی از سه روند مجزا (پراکندگی، توارث و گزینش) بود که هر یک از آن‌ها برای وقوع فرگشت ضروری است".

[۷] با این توصیف، نویسنده نباید واژه فرگشت را در مورد چیزهایی که "صفت وراثتی" ندارند (مثل منظومه شمسی) به کار ببرد!!

[۸] جمله آخر بند بالا به این معنی است که عامل‌های دیگری هم در فرگشت موثر هستند (مثلاً روندهای تصادفی random drift و یا عامل‌های دیگر). من این را به این دلیل مطرح کردم که بسیاری از بحث‌های فرگشتی، پیرامون میزان اهمیت گزینش زیستاری و دیگر عامل‌ها می‌چرخد. من در جای مناسب این بحث را باز خواهم کرد.

نکته مورد نظر داروین این بود که گزینش زیستاری، یک غربال فراهم می‌کند که سرعت و سمت تغییرهای فرگشتی را در یک دودمان بسیار افزایش می‌دهد. در غیاب گزینش زیستاری، فرگشت آهسته، تصادفی و بدون سمت خواهد بود. در نتیجه تجمع تصادفی ناهم‌گونی‌های جزئی، دو جمعیت به آهستگی از هم دور می‌شوند، اما روند فرگشت بسیار کند خواهد بود (به پرسش ۲۹ نگاه کنید). گزینش زیستاری می‌تواند این روند را تا حد زیادی تسریع کرده و گونه‌ای را به سمت نقطه پایانی خاصی سوق دهد [۹]. با این حال، بر خلاف زنجیره بزرگ هستی، هیچ نقطه پایانی اجتناب ناپذیری وجود ندارد که هر گونه‌ای به آن برسد. در برداشت داروین از فرگشت، نقاط نهایی پیش‌بینی ناپذیر هستند: آن‌ها همیشه به شرایط تصادفی و سرسختی شرایط در طول راه بستگی دارند. هیچ‌گاه دو مسیر فرگشتی، هرگز دقیقاً یکسان نخواهند بود.

[۹] خود نویسنده هم، هم‌چنان‌که در ادامه خواهیم دید، این جمله را قبول ندارد! گزینش زیستاری سمت‌دار، هدف‌مند و غایت‌گرا نیست و هیچ "نقطه پایانی اجتناب ناپذیری" هم وجود ندارد.

مهم است که آن‌چه را که داروین سعی در توضیح آن داشت به خاطر بسپاریم: چرا زندگی بر روی زمین بسیار متنوع است، چرا گونه‌های بسیار زیادی وجود دارند و چرا برخی از این گونه‌ها بسیار همانند یک‌دیگر هستند و برخی دیگر بسیار ناهم‌گون [۱۰]. به طور خاص، او سازوکاری می‌خواست که بتواند تغییرهای سریع فرگشتی را توضیح دهد - سریع، یعنی در مقیاس زمانی زمین‌شناسی. به یاد داشته باشید که در همین زمان، بسیاری از پیش‌کسوتان دانشگاهی خود داروین، در حال نشان دادن این امر بودند که سن زمین بسیار بیش‌تر از آن است که مردم پیش از این تصور می‌کردند. جیمز آش^[۱]، اسقف اعظم ارما^[۲] در قرن هفدهم در ایرلند، سن همه افرادی را که در کتاب‌های عهد عتیق کتاب مقدس آمده است، جمع کرده بود تا به زمان آفرینش آدم و حوا برسد و به این نتیجه رسید که تولد آدم و حوا در سال 4004 پیش از میلاد رخ داده است. زمین‌شناسان به این نتیجه رسیده بودند که به راستی زمین چندین میلیون سال از این قدیمی‌تر است. خود داروین سهم بسزایی در این داستان خاص زمین‌شناسی داشته است، و حتی اگر نگره فرگشت خود را ارائه نکرده بود، امروز هم‌چون یکی از بنیان‌گذاران زمین‌شناسی مدرن از او یاد می‌شد [۱۱].

[۱۰] جمله اول این بند، مرا به یاد تعریف خودم از فرگشت می‌اندازد (که البته به‌ترین تعریف از فرگشت هم‌چون یک شاخه از زیست‌شناسی است): فرگشت، دانش بررسی پراکندگی زیست‌شناسانه در طول زمان و مکان است.

[1] James Ussher.

[2] Armagh.

[۱۱] جمله آخر این بند حاوی قدری کژنمایی (و اغراق) در نظر (و نقش) داروین است. خلاصه بحث این است که در آن زمان، برآورد سن زمین از روی ناهم‌گونی [تفاوت] درجه حرارت خورشید و زمین، و این‌که چه قدر طول می‌کشد تا زمین به حرارت فعلی برسد، صورت می‌گرفته است. دانش‌مندان گوناگون و مخصوصاً ویلیام تامسن (William Thomson) معروف به لرد کلوین (Lord Kelvin)، مرتب روش‌های خود برای برآورد سن زمین را به‌بود می‌دادند. در یک مرحله‌ای، لرد کلوین وارد بحث فرگشت شد و با محاسبات خود نشان داد که سن زمین نمی‌تواند بیش از ۱۰۰ میلیون سال باشد و بنابراین، زمان برای آن روند تدریجی که داروین مدعی آن بود، بسنده نیست. این فضولی لرد کلوین هم، مثل آن فضولی پاستور است که در کاری که در آن سر رشته ندارند، دخالت کرده بود. داروین هم در آن موقع، ۱۰۰ میلیون سال را بسنده نمی‌دانست و معتقد بود که زمین باید بسیار قدیمی‌تر باشد. امروز می‌دانیم که داروین درست می‌گفته و لرد کلوین اشتباه می‌کرده است. اشتباه لرد کلوین در این بود که از هسته بسیار رادیواکتیو و گرم زمین که سرعت سرد شدن زمین را کم می‌کرد، آگاهی نداشت.

پرسش ۵ - داروین چه نشانه‌هایی برای پشتیبانی از نگره خود داشت؟

داروین در توسعه نگره خود، "فرگشت با گزینش زیستاری"، از سه گروه عمده از دلیل‌ها استفاده کرد. یکی داده‌های مقایسه‌ای در مورد همانندی‌های کالبدشناسی گونه‌های زنده بود. در طول دهه ۱۷۳۰، کارل لینهوس^[۱]، رده‌بند^[۲] بزرگ سوئدی نشان داده بود که گونه‌ها را می‌توان بر اساس همانندی‌های کالبدشناسی آن‌ها در گروه‌های سلسله‌مراتبی^[۳] (گونه‌ها را درون جنس‌ها، و سپس جنس‌ها را در خانواده‌ها) ترکیب کرد. لینهوس هیچ فرضی در مورد تاریخ فرگشت نداشت (او فقط رده‌بندی کننده بود)، اما برای فرگشت‌گرایان آشکار شد که گونه‌هایی که به یکدیگر همانندی دارند، احتمالاً دارای نیای مشترک بوده‌اند (به پرسش ۴۱ نگاه کنید). داروین، مانند بیش‌تر زیست‌شناسان عصر خود، اصل پیش‌نهادی لینهوس را پذیرفت و از آن برای جلب توجه به این واقعیت استفاده کرد که گونه‌هایی که در نزدیکی یکدیگر زندگی می‌کردند (مانند فنچ‌های جزایر گالاپاگوس^[۳] و سرزمین اصلی آمریکای جنوبی) بیشتر همانند یکدیگر هستند، در حالی که نمونه‌هایی که از قاره‌های گوناگون بودند بیشتر بسیار ناهم‌گون بودند.

[۱] کارل لینهوس، یا کارلوس لینهوس که نام لاتینیزه اوست، گیاه‌شناس سوئدی در قرن ۱۸ بود. نام واقعی و سوئدی او کارل فون لینه Carl von Linné است. وقتی من به سوئد رسیدم، عکس لینه روی رایج‌ترین اسکناس‌های آن موقع، اسکناس ۱۰۰ کرونی وجود داشت.

[۲] آن سلسله‌مراتبی که اکنون وجود دارد را می‌توان در تصویر زیر دید.

[1] Carl Linnaeus.

[2] Taxonomist.

[3] Galapagos.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2480732>

گویا در مورد "دامنه" هنوز توافق کامل وجود ندارد.

دومین گروه دلیل‌ها، مربوط به سازگاری‌های محلی بود. داروین دل‌بستگی چندانی به پرنده‌گانی که در جزایر گالاپاگوس جمع‌آوری کرده بود نداشت، اما پرنده‌شناسانی که پس از بازگشت به انگلستان نمونه‌ها را به آن‌ها داد، زیر تأثیر این واقعیت قرار گرفتند که فنچ‌های جزایر گوناگون بسیار ناهم‌گون بودند. اگرچه بدیهی است که همه فنچ بودند، برخی کوچک و منقارهای بسیار ریز داشتند، برخی دیگر بزرگ و دارای منقارهای بزرگ بودند، و پراکندگی‌های زیادی در آن‌ها دیده می‌شد. هنگامی که داروین به این موضوع پی برد، توانست از یادداشت‌های میدانی خود بفهمد که این ناهم‌گونی‌ها، سازگاری با امکانات گوناگون تغذیه‌ای در جزایر گوناگون است. سازگار شدن با امکانات تغذیه‌ای گوناگون منجر به تغییر تدریجی به سمت انواع گوناگون منقار شده بود، زیرا افرادی^[۳] که دارای منقاری بودند که مناسب رژیم خوراکی خاصی بود، با برتری بیشتری بازآوری می‌کردند.

[۳] تا همین جای کتاب، چند بار واژه فرد (individual) یا افراد بکار رفته است. در فلسفه زیست‌شناسی بحث دامنه‌داری برای تعریف فرد وجود دارد. دیوید هول (David Hull) استدلال کرده است که گونه (species) یک فرد است. صرفاًظر از این‌که دیگران با او موافق باشند یا نه، نظرِ هول باعث شده که دیگران در استفاده از واژه "فرد" و جان‌دار (organism) یا نمونه (specimen)، دقت بیشتری به خرج دهند و از آن‌ها جوری استفاده نکنند که معنای "گونه" بدهد. در این کتاب، نویسنده، با وجود این‌که در جایی به این موضوع می‌پردازد، گاهی دقت لازم را ندارد. این واژه را می‌توان به تناسب جمله به واژه‌های گوناگونی برگرداند. در نتیجه، من هم از "فرد"، "افراد" و شاید "فردها" استفاده خواهم کرد، هر چند که گاهی وقت‌ها این واژه‌ها، جمله را ناروشن می‌کنند.

سومین گروه از دلیل‌هایی که داروین برای پشتیبانی از نگره خود به آن‌ها متکی بود، نشانه‌های حاصل از آزمایش‌های اصلاح دام و گیاه بود. داروین با تشخیص این‌که گونه‌ای ممکن است در واکنش به تغییرهای محیط خود، دچار تغییر بدنی شود، با این مشکل روبرو شد که اگر، هم‌آن‌طور که بسیاری از مردم تصور می‌کردند گونه‌ها ظاهراً تغییرناپذیر باشند، چه‌گونه می‌توان تغییر را توضیح داد. تجربیات اصلاح دام و گیاه در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن 19، با تلاش

اصلاح‌گرانی مانند رابرت بیکول^{۱} و تامس کُک^{۲} که موفق به گسترش آمیزه‌های به‌بود یافته دام‌های اهلی، و همچنین گیاهان زراعی، شده بودند، دل‌بستگی داروین به آزمایش‌های اصلاحی را برانگیخت. افزون بر این، دل‌بستگی به کبوتر^{۴} در آن زمان یک سرگرمی محبوب بود، و شامل جفت‌اندازی دقیق پرندگان، که برخی از آن‌ها ظاهر بسیار ناهم‌گونی داشتند، برای تولید انواع جدید بود. داروین وقت زیادی را صرف بررسی روش‌های این کار و آزمایش آن‌ها کرد. او نه تنها یک فصل از کتاب درباره پیدایش گونه‌ها را به این موضوع اختصاص داد، بلکه سپس یک کتاب کامل در این زمینه نوشت (پراکندگی جانوران و گیاهان در [دوران] اهلی شدن).

[۴] داروین عضو دو انجمن گوناگون پرورش‌دهندگان کبوتر (اتحادیه کفتربازان!) در پیرامون لندن بود. خواننده می‌تواند توجه کند که "انجمن" لازم نیست حتماً "صنفی/سیاسی" باشد. اصل، آغاز و ادامه کار گروهی است.

در نهایت، داروین متقاعد شد که این شکل مصنوعی از اصلاح، نشانه‌هایی را در مورد نحوه کارکرد زیستار، برای تغییر ظاهر گونه‌ها در طول زمان، ارائه می‌دهد و گزینش زیستاری، نقش اصلاح‌گران انسانی^{۵} را بر عهده دارد. تغییرهای کوچک اما پایدار در محیط، ممکن است مانند پرورش‌دهندگان کبوتر عمل کند و پراکند خاصی را، در محدوده زیستی پراکندگی آن موجود، در نسل‌های پیایی گزینش کند. از آن‌جا که هر پراکند به مرحله بازآوری نمی‌رسد، جمعیت، اندک اندک، همانند موفق‌ترین والدین [پراکندها] می‌شود، هم‌آن‌طور که پرورش دهندگان کبوتر می‌توانستند پرندگانی ایجاد کنند که به طور فزاینده‌ای با دیدگاه اصلاح‌گر درباره فرد [نمونه] کامل مطابقت داشت.

[۵] شاید این را باید زودتر می‌گفتم که من از سال 1981 (۱۳۶۰) تا سال 2019 (۱۳۹۸) با اصلاح دام (مرغ، ماهی، گاو، گوسفند، اسب و البته همانندسازی‌های رایانه‌ای (computer simulation)) کار کرده‌ام.

پرسش ۶- در این صورت، چرا داروین نگره دوم، نگره گزینش جنسی^{۱}، را مطرح کرد؟

داروین بسیار نگران نقاط ضعف نگره خود بود، و این یکی از دلایل‌هایی است که او مدت‌ها چاپ کتابش را به تاخیر انداخت. او می‌خواست اطمینان حاصل کند، تا آن‌جا که امکان دارد، نشانه‌های [کافی] برای ادعاهای خود گردآوری کرده باشد. به همین دلیل است که او زمان زیادی را صرف بررسی پدیده‌های ظاهراً بی‌ربط، مانند پرورش کبوتر (به پرسش ۵ نگاه کنید)، گرده‌افشانی در گیاهان (دو کتاب او در مورد روش‌های گوناگونی است که ارکیدهای انگلیسی و خارجی توسط حشرات و گیاهان حشره‌خوار^{۳} بارور می‌شوند)، رفتار کرم‌های خاکی (نقش کرم‌ها در پیدایش کپک‌های سبزیجات^{۴})، زیست‌شناسی صدف‌ها^{۵} (رساله ای در باره "سرخاب"^{۶}) و ماهیت صخره‌های مرجانی^{۷} (ساختار و توزیع صخره‌های مرجانی)، نمود. با این وجود، یک موضوع دشوار

^{1} Robert Bakewell.

^{2} Thomas Coke.

^{3} Insectivorous Plants.

^{4} Vegetable Mold.

^{5} Brnacles.

^{6} Cirrepedia.

^{7} Coral Reefs.

وجود داشت: چرا برخی گونه‌ها [در میان پرندگان] دارای زائده‌ها یا رنگ‌آمیزی مفصلی بودند که آن‌ها را با مشکل پرواز روبرو می‌ساخت و یا رنگ‌های روشن یا آوازهای بلند جفت‌یابی، که با جلب توجه شکارگرها، آن‌ها را به خطر می‌انداخت؟

[۱] اسم بردن از گزینش جنسی، به نام نگرهٔ دوم، قدری بی‌مورد و زیاده‌روی است.

داروین سرانجام متوجه شد که گزینش زیستاری شامل دو جزء کاملاً مجزا (ماندگاری و بازآوری^(۱)) است [۲]. این نحوهٔ برهم‌کنش آن‌ها است که برای تعیین شمار فرزندان (موتور محرکه فرگشت) مهم است. یک جان‌دار باید هم ماندگار و هم بازآور باشد، اما تا حدی می‌تواند یکی را با دیگری تاخت بزند. به عبارت دیگر، یک جانور می‌تواند عمر کوتاه داشته باشد، به شرط آن که بتواند فرزندان زیادی تولید کند: اگر می‌خواهد بازآوری را با سرعت کم‌تری انجام دهد، بهتر است طولانی‌تر زنده بماند.

[۲] ترکیب ماندگاری و بازآوری، در یک رابطه ضربی (multiplicative)، است که مفهوم برازش داروینی (Darwinian fitness) را می‌سازد. بنابراین، روشن است که برازش، هیچ ربطی به قوی بودن عضلات یا "تربیت بدنی" ندارد. مقاومت در برابر بیماری‌ها یا ذکاوت پیدا کردن خوراک، مهم‌تر از قوی بودن عضلات است.

اهمیت بازآوری در این روند، این امکان را ایجاد می‌کند که جان‌داران بتوانند با جذب جفت‌هایی که از نظر بازآوری موفق‌تر هستند، برتری بازآوری خود را افزایش دهند. اگر فرصت‌های جفت‌گیری نادر باشند، این امر ممکن است اهمیت ویژه‌ای پیدا کند و منجر به رقابت برای دسترسی به جفت شود. داروین از این امر هم‌چون گزینش جنسی، برای متمایز ساختن آن از گزینش زیستاری، یاد می‌کند (که "زیستاری" بیش‌تر به معنی سازگاری برای ماندگاری تعبیر می‌شود). البته به طور دقیق، گزینش جنسی تنها یک جزء از گزینش زیستاری است، بخش دیگرش آن چیزی است که ما می‌توانیم آن را "گزینش ماندگاری" بنامیم. با این حال، گاهی وقت‌ها، گزینش جنسی می‌تواند منجر به فرگشت صفات‌هایی شود که از نظر ماندگاری صرف، نامطلوب هستند. توانایی تولید فرزندان بیش‌تر، نسبت به یک رقیب، به برتری فرگشتی می‌انجامد. هر گونه‌ای، سرانجام به فردی [۳] که دارای فرزندان بیش‌تری است، همانندی بیش‌تر پیدا می‌کند، به ویژه اگر برتری بازآوری، نسل به نسل تکرار شود، زیرا این امر وراثت چنین صفات‌هایی را منعکس می‌کند [۴].

[۳] در این جا یک اشتباه کوچک وجود دارد که مرا به یاد یک بدفهمی بزرگ می‌اندازد. اشتباه کوچک آن است که نویسندگان در این جا به جای "فرد" باید می‌نوشت "افراد". بدفهمی بزرگ آن است که "فرگشت انفرادی و تک نسلی" نیست. "فرگشت، جمعیتی و بسیار نسلی" است.

[۴] ممکن است این حرف را در جای دیگری از این کتاب هم گفته باشم، اما تکرارش ضرر ندارد. در تعریف داروین از گزینش جنسی، برازش (fitness) جای‌گاهی نداشت. دیرتر معلوم شد که بعضی از مثال‌هایی که داروین انتخاب کرده، به راستی به برازش ربط دارند. بنابراین از یک سو، می‌توان گفت که داروین در انتخاب مثال اشتباه کرده است. اما از سوی دیگر، می‌توان گفت که تعریف گزینش جنسی از زمان داروین تا به امروز تغییر کرده است.

⁽¹⁾ Reproduction.

داروین دو روش گوناگون را در نحوه گزینش جنسی متمایز می‌کند: یکی از طریق رقابت بین اعضای هم‌جنس به منظور انحصار جفت‌گیری با جنس مخالف (گزینش درون‌جنسی (یا داخل جنسی)^(۱)). مورد دیگر زمانی رخ می‌دهد که اعضای یک جنس، خود را در برابر جنس دیگر، که بر اساس صفتهای مربوط به ظاهر، جفت‌یابی فعال دارند، به نمایش می‌گذارند (گزینش بین‌جنسی^(۲)).

روش اول (گزینش درون‌جنسی)، [برای مثال] توسط گوزن‌های نر یا فیل‌هایی نشان داده می‌شود که بیش‌تر در نبردهای هیجان‌انگیز با یک‌دیگر مبارزه می‌کنند تا دسترسی به جفت را کنترل کنند. نتیجه کاربرد این روش، بیش‌تر گزینش اندازه بدن بزرگ‌تر یا سلاح‌های بزرگ‌تر (مانند شاخ یا عاج) است. در این مورد، جانوران ماده فقط ناظری منفعل هستند و با برنده، هر کدام که باشد، جفت‌گیری می‌کنند. با این حال، این بدان معنا نیست که جانوران ماده شرکت‌کنندگانی بی‌دل‌بسته هستند. در واقع، آن‌ها به این‌که در نبرد، به‌ترین نرها برای جفت‌گیری گزینش شوند، متکی هستند. به هر حال، صفتهایی که یک جانور نر را به یک مبارز موثر تبدیل می‌کند، احتمالاً در زمان مناسب برای فرزندان نر او مفید خواهند بود.

در برابر، گزینش بین‌جنسی، زیرکانه‌تر است، زیرا یک جنس به طور فعال، به نوعی، به دنبال جذب جنس دیگر است. یک مثال آشنا می‌تواند طاووس باشد، که نرهای دارای دم‌های بزرگ، رنگارنگ و بسیار دست و پا گیر هستند و آن‌ها را به ماده‌ها نشان می‌دهند، به این امید که آن‌ها را به‌اندازه تحت تأثیر قرار دهند و آن‌ها را ترغیب به جفت‌گیری کنند. در برخی گونه‌ها، چندین نر در مناطق کوچک نزدیک به یک‌دیگر (معروف به بازی‌گاه^(۳)) ظاهر می‌شوند. ماده‌ها دور بازی‌گاه می‌گردند و پیش از تصمیم‌گیری برای جفت‌گیری، نمایش‌های جانوران نر را بررسی می‌کنند. باقرقره چمن‌زار آمریکایی^(۴) یا مرغ چمن‌زار، با نمایش صوتی ترقه‌مانند و دم‌زنی صدا دار، نمونه دیگری است. در موارد مشابه، صفتهایی که جانوران نر نشان می‌دهند معمولاً به نوعی با ماندگاری یا بازآوری آن‌ها ارتباط دارد. در عمل، یک طاووس با دم بسیار بزرگ می‌گوید: ببینید ژن‌های^(۵) من چقدر خوب هستند - من حتی می‌توانم با وجود این بار عظیم، از شکارگران فرار کنم، پس مرا گزینش کنید! به همین دلیل، این روند، بیش‌تر به نام اصل معلولیت^(۶) شناخته می‌شود، که در دهه 1970 توسط زیست‌شناس اسرائیلی آموتز زهوی^(۷) ارائه شد. در موارد دیگر، جانوران ماده ممکن است صفتهایی را در نرها گزینش کنند که مستقیماً با جنبه‌های بازآوری مانند مهارت‌های خوب فرزندپروری مرتبط هستند. در برخی ماهی‌ها، مانند آبنوس آب شیرین^(۷)، ماهی نر لانه‌ای را آماده می‌کند که به ماهی [ماده] در حال عبور نشان می‌دهد. [ماهی ماده] اگر از ظاهر لانه خوشش بیاید، به لانه وارد می‌شود و تخم‌گذاری می‌کند. [ماهی ماده] پس از آن لانه را ترک می‌کند و انجام همه کارهای مورد نیاز برای تلقیح تخم‌ها و نگهداری از بچه ماهی‌ها را، تا زمانی که سن آن‌ها به‌اندازه برای مراقبت از خود بسنده باشد، برعهده ماهی نر می‌گذارد.

(1) Intrasexual (within-sex) selection.

(2) Intersexual (between-sex) selection.

(3) Lek.

(4) American prairie grouse.

(5) Handicap principle.

(6) Amotz Zahavi.

(7) Freshwater stickleback.

[۵] اگر نویسنده نوشته بود "ببینید ژن من چقدر خوب است"، اعتراض شدیدی می‌کردم. به هر رو، این ادعا، از ریچارد داوکینز می‌آید.

[۶] اصل معلولیت (handicap principle) را می‌توان بخشی از یک نگره بزرگ‌تر به نام نگره نشانه (signal theory) قلمداد کرد.

[۷] گونه‌های گوناگون از ماهی stickleback جزو جانورانی هستند که در آزمایش‌ها و پژوهش‌ها زیاد به کار می‌روند.

با این حال، در برخی موارد، جانوران می‌توانند صفت‌هایی را گزینش کنند که کاملاً تصادفی هستند. این پدیده گاهی به نام انگارهٔ پسران سکسی فیشر، بنیان‌گذار ریاضیات ژنتیکی، رونالد فیشر^[۱]، شناخته می‌شود، که اولین بار آن را در دهه ۱۹۳۰ پیش‌نهاد کرد: یک ماده ترجیح می‌دهد با نرهایی جفت‌گیری کند که دارای^[۹] صفت‌هایی هستند که به پسران او اجازه می‌دهد جذابیت بیش‌تری داشته باشند. این پدیده با نام گزینش عروس فراری فیشری^[۲] [نیز] شناخته می‌شود، زیرا می‌تواند منجر به فرگشت بسیار سریع صفت‌های کاملاً تصادفی شود که مورد توجه ماده‌ها است، مانند بیضه‌های آبی روشن برخی از بوزینه‌های آفریقایی، یا دم‌های فروری درخشان و رنگارنگ تماشایی پرندگان بهشتی^[۳] گینه نو، یا آواز خوانی زیبای بسیاری از پرندگان آوازخوان. در بسیاری از موارد، این کار با انتخاب و اغراق در ویژگی‌هایی که پیش از این برای اهداف کاملاً ناهم‌گون، اما از نظر زیست‌شناسی مشروع، وجود داشته، آغاز می‌شود^[۱۰]. گفته می‌شود که این‌ها پنجره‌ای از فرصت‌های فرگشتی است که گزینش جنسی بر اساس آن عمل می‌کند^[۱۱].

[۸] در ایران واژه "پدر دانش ..." خیلی زیاد به کار می‌رود. اما فیشر واقعاً از پدران دانش ژنتیک‌کمی، ژنتیک جمعیت، و دانش آمار است. او خودش را بیشتر "آماردان (statistician)" می‌دانست تا "ژنتیک‌دان (geneticist)".

[۹] تا همین جای متن از ترکیبات واژه "داشتن" چند بار استفاده شده، مثلاً در ترکیب "دارای صفت‌هایی هستند". این شکل از بیان ممکن است باعث نوعی بدفهمی شود که بعضی افراد، صفتی را دارند و بعضی افراد آن صفت را ندارند. فرض کنید صفت مورد نظر "طول بدن = قد" باشد. تصور این‌که فردی "قد" دارد و فرد دیگری "قد" ندارد، عبث است. هر جانوری قد دارد. بنابراین به کار بردن ترکیبات واژه "داشتن"، به معنی داشتن "اندازه خاصی" از آن صفت است. مثلاً، در یک گونه، قد بلند برتری گزینشی دارد و در یک گونهٔ دیگر قد کوتاه. بنابراین به جای "دارای صفت‌هایی هستند" باید بگویید "اندازه صفت در آن‌ها برتری گزینشی دارد و منجر به افزایش برازش داروینی (Darwinian fitness) می‌شود". و کاملاً روشن است که اگر نویسنده آن طور که من پیش‌نهاد کردم بنویسد، متن دراز می‌شود و خواندن کسالت‌آور. مشابه این شکل از بیان در مورد واژهٔ "ژن" هم وجود دارد. داشتن یک "ژن" یا نداشتن یک "ژن" غلط انداز است. در بیشینهٔ موارد، اگر جان‌داری "ژن" را نداشته باشد، احتمالاً در دوران جنینی می‌میرد، زیرا نداشتن "ژن" به معنی حذف بخشی از کروموزوم و در نتیجه نقصی ژنتیکی فاحشی است. بنابراین، منظور از داشتن فلان "ژن"، حضور یک الل خاص از آن "ژن" در آن لوکوس (locus = جای‌گاه "ژن") است. در پانویشت [۱]، پرسش ۲۲، قدری بیش‌تر درباره ژنتیک توضیح خواهم داد.

به هر رو، یکی از بزرگ‌ترین مشکل‌ها در ارائه مطالب فرگشتی، تلاش نویسندگان فرگشتی برای کوتاه‌نویسی و ساده‌نویسی است که متأسفانه به بدفهمی در خوانندگان می‌انجامد. اما اگر زبان معمولی با زبان ریاضی ترکیب شود،

[1] Ronald Fisher.

[2] Fisherian runaway selection.

[3] Birds of paradise.

امکان بدفهمی پایین می‌آید. برازش داروینی (Darwinian fitness)، که معمولاً به طور خلاصه برازش خوانده می‌شود، حاصل ضرب ماندگاری و بازآوری در مراحل گوناگون زندگی است.

[۱۰] پدیده ای که در این جمله به آن اشاره میشود کهنه‌سازگاری exaptation نام دارد.

[۱۱] ناگفته پیداست که زیستار و فرگشت، تکثرگرا (pluralist) هستند. حیدری ملایری واژه بیشال‌گرایی را برای تکثرگرایی پیش‌نهاد کرده است.

گزینش جنسی نقش مهمی در فرگشت گونه‌ها ایفا کرده است زیرا می‌تواند سرعت واگرایی [جداشدن] دو جمعیت را افزایش داده، تا به دو گونه مجزا تبدیل شوند (به پرسش ۴۳ نگاه کنید). در داخل گونه‌ها، گزینش جنسی می‌تواند توضیحی برای جنبه‌های نامعمول یا اغراق‌آمیز ظاهر جانوران [و گیاهان] باشد. در گونه خود ما، به نظر می‌رسد که ریش و صداها بـم مردان، فرم بدن زنان، و رفتارهای رقابتی و ریسک‌پذیر مردان جوان، با گزینش جنسی توضیح داده شود [۱۲].

[۱۲] در پانوشته‌های این کتاب، چند بار از پنج نیروی فرگشتی نام برده‌ام. یکی از آنها "سامانه آمیزشی (mating system)" است. نویسنده در این کتاب از این نیروی فرگشتی نامی نبرده است.

پرسش ۷- در حال حاضر چه نشانه‌هایی برای پشتیبانی از نگره داروین داریم؟

در حال حاضر شش منبع از نشانه‌ها برای فرگشت در دسترس ما است که در نیمه دوم قرن نوزدهم در دسترس داروین نبود: نشانه‌های فسیلی بسیار غنی‌تر، نشانه‌هایی از جنین‌شناسی^{۱} (چگونگی رشد جانداران)، نشانه‌هایی از روندهای عمومی زیست شیمیایی، ژنتیک مولکولی، آزمایشات درباره گزینش زیستاری در آزمایشگاه، و نشانه‌هایی از بررسی‌های میدانی جمعیت‌های جانوری و گیاهی در مورد کارکرد گزینش زیستاری در طبیعت^[۱].

[۱] اکثر کسانی که با مسائل فرگشتی کار می‌کنند، پس زمینه‌ی زندگی در روستا و یا کار و تحصیل در رشته‌های دانش‌های دامی و کشاورزی / زراعت / جنگل ندارند. در نتیجه اطلاع کمی درمورد پیشرفت‌های اصلاح دام و گیاه دارند. مقایسه‌هایی مانند مقایسه مرغ گوشتی ۵۰ سال پیش و امروز، بهترین دلیل‌های فرگشتی را ارائه می‌کنند. گاو شیری مثال خوب دیگری است. در طول ۵۰ سال گذشته، در کشورهای پیشرفته، تولید شیر گاوها، سالیانه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیتر افزایش پیدا کرده است. در بوقلمون کار به جایی رسیده (دقت کنید و شاخ در نیاورید) که با تعریف‌های معمولی، نر و ماده بوقلمون صنعتی را باید دو گونه گوناگون قلمداد کرد، زیرا آمیزش عادی بین نر و ماده امکان پذیر نیست!

یک قرن و نیم جستجوی فشرده برای پیدا کردن فسیل‌ها، به پیدا شدن شمار زیادی فسیل از گونه‌های گونه‌مرگ شده انجامیده که بسیاری از این گونه‌ها در زمان‌های بسیار دور زندگی می‌کرده‌اند. برای مثال، یکی از پی‌آمدهای این جستجوها این است که در ۵۰۰ میلیون سال گذشته پنج روی‌داد گونه‌مرگی بزرگ رخ داده است، که در هر کدام بیش از ۷۰٪ از همه گونه‌ها در اثر یک فاجعه بزرگ محیطی از بین رفته‌اند (به پرسش ۴۶ نگاه کنید). غنی‌تر شدن یادآوران (رکورد^{۲}) فسیلی هم‌چنین به ما این امکان را داده است که رشته تاریخی فرگشت گونه‌های گوناگون را به‌تر

^{1} Embryology.

^{2} Record.

ببینیم. یکی از اولین مواردی که بازسازی شد این بود که برای خانواده اسب‌ها، تغییرهای ۴۰ میلیون سال گذشته از ائوهیپوس^(۱)، که به اندازه سگ و دارای چهار انگشت بود، به اسب‌های با جثه بزرگ امروزی با یک انگشت را، شناسایی کنیم^(۲). رشته‌های مشابهی برای بسیاری از گروه‌های اصلی جانوران و گیاهان مشاهده شده است. به تازگی، امکان ردیابی دودمان جان‌داران دریایی مانند تریلوبیت‌هایی^(۳) که خیلی وقت پیش گونه‌مرگ شده بودند، و حتی شعاعیان کوچک پلانکتونی^(۴) که طی میلیون‌ها سال به آرامی فرگشت یافته‌اند، فراهم آید.

[۲] مثال مربوط به رشته فسیلی دودمان اسب ممکن است بدفهمی ایجاد کند. اگر من قرار بود این کتاب را بنویسم، یک مثال هم از دودمانی می‌آوردم که در همان اندازه‌های قدیم مانده باشد. مثال دودمان اسب به تنهایی ممکن است این تصور را به وجود آورد که فرگشت "خطی و سمت‌دار" است.

دومین منبع مهم نشانه‌ها، بررسی روندهای رشد جان‌داران (جنین‌شناسی) و مقایسه بین گروه‌های گوناگون جانوران است. در بسیاری از موارد، بررسی تطبیقی نشان می‌دهد که پیوستار گسترده‌ای از گونه‌های بسیار دور از هم، مراحل مشابهی از رشد را به یک ترتیب مشابه از سر می‌گذرانند^(۳). برای مثال، در جانوران دارای ستون فقرات، طناب عصبی، خیلی سریع در مرحله مشابهی در همه گونه‌ها شکل می‌گیرد. بسیاری از گونه‌ها [در دوره کوتاهی از رشد جنینی] به طور محدودی اندام‌های بازمانده‌ای^(۴) را [به صورت ناپایدار] ایجاد می‌کنند که در جان‌داران خانواده‌های نامرتبب وجود دارند (به پرسش ۱۵ نگاه کنید). به واقع، به‌جز برای یک خبره، جنین انسان و سگ تقریباً تا یک سوم زمان بارداری قابل تشخیص نیستند.

[۳] مثال مربوط به اندام‌های جنینی و اندام‌های بازمانده (vestigial) هم ممکن است باعث بدفهمی شود. در مباحث قدیمی فرگشتی یک نگره وجود داشت به نام ری‌کپیتولاسیون (recapitulation). اگر مجبور باشم برابر فارسی برای این واژه بسازم، به چیزی همانند "بازفرگردی" خواهم رسید. در چهارچوب این مفهوم، فکر می‌کردند هر جانوری در زندگی جنینی، از همه مراحل فرگشتی که گونه‌اش عبور کرده، گذر می‌کند. حتی واژگانی هم برای آن وجود داشت که می‌گفت "رشدشناسی، آینه تبارشناسی است" (ontogeny reflects phylogeny). چرا این‌طور فکر می‌کردند؟ برای این‌که فرگشت را "تک دودمانی" و خطی می‌پنداشتند و به‌اندازه، به شاخه شاخه شدن فرگشت توجه نمی‌کردند. امروزه ری‌کپیتولاسیون مردود اعلام شده است. امروزه همانندی‌های این‌چنینی را هومولوژی (homology) می‌نامند و علت آن را وجود جد مشترک می‌دانند. برای هومولوژی در فارسی "همانندی" و یا "همسانی" به کار می‌رود. ولی من "هم ریشه‌گی" را ترجیح می‌دهم.

سومین منبع نشانه‌ها، این واقعیت است که روندهای زیست‌شیمیایی که زندگی به آن‌ها بستگی دارد در پیوستار گسترده‌ایی از گونه‌ها، از خانواده‌های گوناگون، یک‌سان است. حدود ۹۹٪ از تمام یاخته‌های زنده، از میکروب‌ها تا انسان‌ها، تنها به شش عنصر شیمیایی (کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن، کلسیم و فسفر)^(۴) وابسته هستند. به استثنای پراکنده‌های بسیار کم، هر جان‌داری از مخمر گرفته تا گیاهان و انسان‌ها دارای سیتوکروم C هستند (یک پروتئین آهن‌دار که برای انتقال

(۱) Eohippus.

(۲) Trilobite.

(۳) Planktonic radiolarian.

(۴) Vestigial.

الکترون در یاخته‌ها ضروری است). در واقع، به استثنای یک گروه از باکتری‌های کهن^[۱]، همه جان‌داران از ویروس‌ها تا انسان‌ها از یک مجموعه [محدود از] اسیدهای نوکلئیک^[۵] هم‌چون اساس رمز ژنتیکی خودشان استفاده می‌کنند. احتمال این‌که همه این موارد به طور تصادفی رخ بدهد بسیار اندک است. [در نتیجه، این امر] وراثت از یک نیای مشترک و خاست‌گاه مشترک در ابتدای تاریخ دوران فرگشتی را، محتمل‌ترین توضیح می‌سازد.

[۴] مطمئن هستم که خیلی‌ها، در مورد واژه "تنها"، با نویسنده کتاب هم‌رای نیستند ندارند. پس آهن (که در جمله پس از این از آن نام برده می‌شود) یا منیزیوم لازم نیست؟

[۵] به‌تر بود به جای "اسیدهای نوکلئیک" می‌گفت "نوکلئوتیدها".

شاید مهم‌ترین نشانه‌هایی که از نگره کلی فرگشت حمایت می‌کنند، از ژنتیک مولکولی به دست می‌آید. ژنتیک مولکولی در اواخر دهه ۱۹۴۰ متولد شد و در سال ۱۹۵۳ با کشف رمز ژنتیکی^[۶] توسط فرانسیس کریک^[۳] و جیمز واتسون^[۴] در کمبریج و هم‌کاران و رقیبان آن‌ها موریس واتکینز^[۵] و روزالیند فرانکلین^[۶]، در لندن، واقعاً خود را نشان داد. رشته دی‌ان‌ای^[۷]، کروموزوم‌های ما را تشکیل می‌دهد (تنها چیزی که از والدین به فرزندان منتقل می‌شود) و شامل رشته‌هایی از چهار باز آلی اسید نوکلئیک^[۸] است که به چیدمان^[۸] گوناگون مرتب شده‌اند، و گروه‌بندی‌هایی از آن‌ها (معروف به رمزانه^[۹] [یا کودان] یا به طور عامیانه ژن‌ها) مسئول ایجاد بدن ما هستند (به پرسش ۲۴ نگاه کنید)^[۹]. از دهه ۱۹۸۰ به بعد، امکان مقایسه کامل رمزهای ژنتیکی گونه‌های گوناگون و تعیین رده‌بندی بر اساس هویت تک تک بازهای آلی دی‌ان‌ای وجود دارد. در بسیاری از موارد، رشته دی‌ان‌ای، رده‌بندی را که لینه و دیگران بر اساس کالبدشناسی استنباط کرده بودند، تأیید کرد - اما نه همیشه! در برخی موارد، شگفتی‌های نامنتظره‌ای وجود داشت (هر چند بیشتر فقط در تراز جزئیات) (به پرسش‌های ۴۴ و ۶۱ نگاه کنید).

^۱متأسفانه، روزالیند فرانکلین به طرز غم‌انگیزی درگذشت و هنگامی که سه نفر دیگر برای این کشف در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل دریافت کردند، غم‌انگیز از دنیا رفت، زیرا آلفرد نوبل در وصیت‌نامه خود تصریح کرده بود که فقط به افراد زنده می‌توان جایزه نوبل داد.

[۶] آن چه که در سال ۱۹۵۳ کشف شد، ساختار مولکولی دی‌ان‌ای بود. رمز ژنتیکی (genetic code) یا رمزانه (codon) در سال ۱۹۶۱ کشف شد. در ضمن، واژه "آلی" در شیمی به کار می‌رود.

[۷] اول این‌که اگر من بودم، اسم رزالیند فرانکلین را پیش از واتسون و کریک می‌آوردم. داستان روزالیند فرانکلین، نمونه بسیار خوبی برای نشان دادن "مردسالاری" است. اولین عکس‌هایی که با اشعه ایکس از مولکول بلور شده

[1] Archaic bacteria.

[2] Genetic code.

[3] Francis Crick.

[4] James Watson.

[5] Maurice Watkins.

[6] Rosalind Franklin.

[7] DNA.

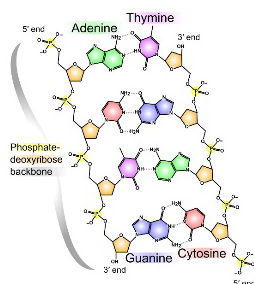
[8] Arrangement.

[9] Codon.

دی‌ان‌ای (که معروف‌ترین عکس‌ها هم هستند) گرفته شده‌اند را یکی از دست‌یاران روزالیند فرانکلین به نام ریموند گاسلینگ (Raymond Gosling) می‌گیرد. این عکس‌ها بدون اطلاع فرانکلین، و حتی بدون توافق آزادانه گاسلینگ، در اختیار دیگران، و منجمله واتسون، کریک و واتکینز قرار می‌گیرند. بیش از این وارد جزئیات نمی‌شوم، ولی همین قدر کفایت می‌کند که بگویم دعوای "مالکیت" و "حق تقدم" تا چندی ادامه پیدا می‌کند. در نهایت مقاله واتسون-کریک کمی زودتر از مقاله فرانکلین-گاسلینگ منتشر می‌شود.

[۸] در بند بالا، نویسنده به طرز مشکوکی از ترکیب "باز آلی اسید نوکلئیک = nucleic acid bases" استفاده کرده است. مشخص نیست که منظور او از واژه base چیست. حدس من این است که حضور بازهای آلی (با اثر قلیایی)، در مولکول نوکلئوتید (که واکنش اسیدی دارد)، نویسنده را به اشتباه انداخته تا از ترکیب "باز آلی اسید نوکلئیک = nucleic acid bases" استفاده کند. یک عامل دیگر هم می‌تواند این فرمول بندی را باعث شده باشد و آن این است که چون مولکول مارپیچی دی‌ان‌ای دو زنجیره دارد، برای یک جفت نوکلئوتید که برابر هم قرار می‌گیرند، واژگان جفت، مثلاً در جفت قلیایی (base pair) هم به کار می‌رود. البته، پس از این نشان خواهیم داد که همین واژه "جفت" در جای دیگر، نویسنده را دچار بدفهمی کرده است و حتی در مورد آر‌ان‌ای (RNA) تک‌ رشته‌ای هم از آن استفاده می‌کند. به هر رو، شمار نسبتاً زیادی از نوکلئوتیدها (جفت قلیایی) که معمولاً به صورت پیوسته کنار هم قرار دارند، "ژن" را می‌سازند. از آن جایی که تعریف "ژن" در بیش از صد سال گذشته بارها و بارها تغییر کرده، من از ارائه تعریف تازه از آن خودداری خواهم کرد. هر تعریف دیگری هم که من در این‌جا ارائه کنم، نادقیق خواهد بود. (اصل نامعینی‌گری هاینبرگ در تعریف "ژن" مصداق دارد!) "ژن"ها، یا بهتر است بگوییم برخی بخش‌های کروموزوم، یا رشته نوکلئوتیدها، ممکن است سازنده مولکول آر‌ان‌ای (RNA) باشند. انواع گوناگونی از آر‌ان‌ای وجود دارد و بعضی از آن‌ها وظیفه انتقال اسیدهای آمینه، برای ساخت پروتئین‌ها را، به عهده دارند. اگر چنین باشد، در بخشی از آر‌ان‌ای یک گروه سه‌تایی از نوکلئوتیدها، نقش رمز، برای انتخاب اسید آمینه را، به عهده دارند. این گروه‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها را، رمزانه (codon) می‌گویند. بنابراین عبارت "رمزانه (codon) یا به طور عامیانه ژن" اشتباه است. جمع‌ن ۶۴ رمزانه می‌تواند وجود داشته باشد. بیشینه آن‌ها در انتقال اسید آمینه‌ها به کار می‌روند.

[۹] در جمله سوم این بند نویسنده مرتکب چند اشتباه اساسی شده که بسیار عجیب است و نشان از نادانی او از ژنتیک دارد. شرح صحیح به ترتیب زیر است. کروموزم یک مارپیچ دوزنجیره‌ای دراز از نوکلئوتیدها (nucleotide) است. مثلاً کروموزوم شماره ۱ انسان حدود ۲۴۹ میلیون جفت نوکلئوتید دارد. هر نوکلئوتیدی از یک مولکول باز آلی، یک مولکول قند و یک مولکول فسفات ساخته شده است. در تصویر پایین، ساختار بخش کوچکی از یک کروموزوم (یک مولکول دی‌ان‌ای) دیده می‌شود. چهار نوع باز آلی وجود دارند که در شکل زیر با رنگ‌های سبز، آبی، صورتی و بنفش نشان داده شده‌اند. مولکول قند با رنگ نارنجی، و مولکول فسفات با رنگ زرد نشان داده شده‌اند. برای توضیحات بیش‌تر در مورد ژنتیک و هم‌چنین ساختار دی‌ان‌ای به پانوش [۱]، پرسش ۲۲ و پانوش [۱]، پرسش ۲۸، نگاه کنید. در مورد یکی دانستن رمزانه و "ژن" به پانوش [۸] بنگرید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1848174>

دانش ژنتیک این امکان را می‌دهد که میزان ارتباط دو گونه و این‌که دو گونه چه مدت پیش، نیای مشترک داشته‌اند، به طور دقیق مشخص شود. ما انسان‌ها، متواضعانه، از نظر دی‌ان‌ای حدود ۹۵٪ همانند شامپانزه‌ها [۱۰]، ۸۵٪ همانند سگ‌ها و تا ۴۰٪ همانند کلم هستیم. این [امر] بازتاب

این واقعیت است که اکثر اجزای سازنده اصلی بدن ما (استخوان‌ها، خون، اعصاب) و بسیاری از روندهای زیست‌شیمیایی (اکسیژن رسانی به یاخته‌ها، پردازش چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها) در گونه‌های گوناگون بسیار همانند هم هستند.

[۱۰] رقم درست در مورد همانندی بین انسان و شامپانزه حدود ۹۹٪ است.

سرانجام، بررسی‌های تجربی‌گزینش در آزمایش‌گاه و بررسی‌های مشاهده‌ای در زیستار، این امکان را به ما داده است که نحوه کارکرد گزینش زیستاری را با جزئیات قابل توجه درک کنیم (به پرسش ۱۱ نگاه کنید). در حالی که ایجاد یک گونه کاملاً جدید امکان پذیر نبوده است [۱۱]، اما می‌توان صفاتی را که در دودمان‌های یک گونه وجود دارند به میزان قابل توجهی تغییر داد - ایجاد موش‌های کم و بیش عصبی، یا مگس سرکه^(۱) با چشم سفید به جای قرمز، یا دودمان‌های بی‌بال که به راحتی فرزندان بی‌بال به وجود می‌آورند (یعنی نسل به نسل فرزندان بدون بال تولید می‌کنند).

[۱۱] البته که این عبارت درست نیست. پس از دوران کرونا بر همه روشن شده است که گونه‌های جدید مرتب مشاهده می‌شوند. انسان هم، چه آگاهانه و چه ناآگاهانه، هزاران هزار گونه جدید به وجود آورده است. اگر می‌گفت "انسان، ریخت جدیدی از زندگی به وجود نیآورده است"، شاید از او می‌پذیرفتم!

پرسش ۸ - اما آیا نگره فرگشت فقط یک نگره نیست؟

بستگی دارد به این که منظور شما از "نگره" چه باشد. اگر منظورتان این است که نگره چیزی است که هنوز ثابت نشده است، در این صورت پاسخ، یک "نه" قاطع است. در دانش، به چنین چیزهایی انگاره می‌گوییم. انگاره‌ها پیش‌نهادهایی هستند که ما در حال حاضر هیچ مدرک قانع کننده‌ای برای آن‌ها نداریم. واژه "نگره" در دانش معنای بسیار ناهم‌گونی دارد. نگره‌ها توضیحات یا مدل‌هایی هستند که ما دلیل‌های موجهی برای باور آن‌ها داریم. نگره‌ها می‌توانند به دو گونه مطرح شوند: نگره‌هایی که بنا بر تعریف درست هستند و نگره‌هایی که به دلیل نشانه‌ها درست هستند [۱].

[۱] درباره این بند، سه نکته می‌توانم بگویم. نکته اول آن که به نظر نمی‌رسد که نویسنده در زمینه فلسفه دانش‌های تجربی، به اندازه، بررسی و تجربه داشته باشد. نکته دوم آن که این بحث چنان دامنه‌دار و ژرف است که نمی‌توان آن را به راحتی و مختصر خلاصه کرد. نکته سوم آن که نزدیک به ۱۰۰٪ "دانش‌مندان" اول کار دانشیک خود را انجام می‌دهند و سپس شاید ۱٪ از آن‌ها به حرف‌های خود یک لباس بی‌قواره "فلسفی" بپوشانند. پس از آن، اگر کار دانشیک آن‌ها بزرگ بشود، ممکن است "فیلسوف"‌ها، لباسی "مناسب‌تر" برای آن کار دانشیک بسازند! برای دیدن نظرات من در این مورد، که به طور پراکنده در پانوشته‌های کتاب "ارغنون نو" (Novum Organum) نوشته فرانسیس بیکن (Francis Bacon) آورده‌ام، به پیوند زیر نگاه کنید:

<https://hosseinjorjani.com/novum-organum>

(۱) Fruit fly = Drosophila.

نوع اول، معمولاً نگره‌های ریاضی (یا قیاسی^[۱]) هستند - که با توجه به مجموعه‌ای از فرض‌ها درباره چه‌گونگی جهان - باید درست باشند. ما ممکن است نشانه‌های تجربی برای این فرض‌ها داشته باشیم، یا به سادگی، آن‌ها را درست بدانیم، زیرا تصور راه دیگری برای کسب دانش دشوار باشد - یا این‌که ما فقط می‌خواهیم ببینیم که صحت آن‌ها چه پی‌آمدهایی خواهد داشت. نگره فرگشت داروین با گزینش زیستاری چنین نگره‌ای است: فرمول‌بندی آن هم‌چون مجموعه‌ای از سه فرض و نتیجه منطقی (به پرسش ۴ نگاه کنید) با تعریف (یا قیاس) درست است^[۲]. تنها منبع احتمالی تردید این است که آیا سه فرضی که نگره داروین به آن‌ها تکیه دارد به تنهایی و به صورت تجربی درست هستند؟

[۲] برای یادآوری می‌گوییم که استدلال از جزء به کل، استقرا (induction) نام دارد، و استدلال از کل به جزء، قیاس (deduction). واژه deduction در انگلیسی معنی استدلال و استنتاج هم می‌دهد. داروین خودش تصور می‌کرد که نگره‌اش در پیروی از بیکن (Francis Bacon)، کاملاً استقرایی است. اما امروز توافق عمومی بر این است که نگره داروین به نوعی انگاری-قیاسی (Hypothetico-deductive)، یا چیزی شبیه آن، بوده است.

نگره‌های نوع دوم فقط توصیفات تجربی از جهان هستند که بر اساس جمع‌بندی مشاهدات فراوان انجام شده‌اند و معمولاً به نام نگره‌های استقرایی شناخته می‌شوند. این نوع از نگره‌ها همیشه کار اصلی یک شاخه از دانش در روزهای نخستین [کودکی] خود است: شما باید بدانید که چه چیزی را باید توضیح دهید و برای انجام این کار باید مشاهداتی انجام دهید. هنگامی که این کار را انجام دادید، می‌توانید نگره‌ای از نوع اول (ریاضی) برای ارائه توضیح بسازید^[۳]. قوانین مندل در مورد وراثت (ژنتیک) (به پرسش ۲۲ نگاه کنید) در ابتدا به صورت تجربی تدوین شدند و مجموعه‌ای از قوانین بسیار ساده بر اساس فرض‌هایی در مورد نحوه وراثت بودند. در طول دهه ۱۹۳۰، این‌ها با اندیشه‌های زیست‌شناسی جمعیت^[۴] ترکیب شدند تا یک نگره ریاضی غنی درباره فرگشت (سنتز نوین^[۵]) ایجاد شود (به پرسش ۲۳ نگاه کنید). سنتز نوین چارچوبی را برای پژوهش‌ها فراهم کرده که نشان داده است، به طور فوق‌العاده‌ای، در ایجاد انگاره‌های قابل آزمایش، قوی می‌باشد^[۵].

[۳] این جمله به یکی از نامشخص‌ترین بخش‌های فلسفه دانش، و حتی روانشناسی، اشاره دارد: چه طور یک روند استقرایی (گردآوری داده‌ها) به یک قیاس (یک نگره) می‌رسد؟

[۴] نویسنده در اینجا از واژه "زیست‌شناسی جمعیت (population biology)" استفاده کرده، ولی باید از واژه "ژنتیک جمعیت" (population genetics) استفاده می‌کرد. در ضمن "سنتز نوین" برگردان واژه "modern synthesis" است که به معنی ترکیب فرگشت داروینی با ژنتیک جمعیت (و در نتیجه ژنتیک مندل) است.

[۵] نویسنده در این بند قدری هم "آسمان ریسمان بافی" کرده است!

تمایز مهمی بین نگره‌هایی که چهارچوب جامع توضیحات ما را ارائه می‌دهند و نگره‌های فرعی خاصی که معمولاً، در آزمایش‌ها، سازوکارهای آن نگره را بررسی می‌کنند، وجود دارد.

[1] Deductive.

[2] Modern Synthesis.

زیست‌شناسان فرگشتی معمولاً فرض می‌کنند که نگره فرگشت درست است [۶] و سپس وقت خود را به آزمایش انگاره‌هایی در مورد نحوه کارکرد و پی‌آمدِ مورد انتظاری که این انگاره‌ها ممکن است در دنیای واقعی داشته باشند، اختصاص می‌دهند. اگرچه برای دانش‌مندان کاملاً منطقی است که درستی نگره چهارچوب را فرض بگیرند (بدون آن‌که درستی آن را واقعاً بدانند)، در عمل آن‌ها معمولاً دلیل‌های موجهی برای تصور درستیِ نگره‌های چهارچوبی دارند. ممکن است عجیب به نظر برسد، اما فرضِ این که نگره چهارچوب حتماً درست است، در دانش کاملاً منطقی است: یک نگره یک نقطه شروع برای پرسیدن سوالاتی در باره جهان را فراهم می‌کند. نکته مهم این است که ما پیش‌بینی‌های نگره را در برابر نشانه‌های تجربی، آزمایش می‌کنیم و نگره چهارچوب (یا مفروضات آن) را با توجه به یافته‌ها تعدیل می‌کنیم. به این ترتیب، دانش به طور کلی می‌تواند از یک نقطه فرضی کاملاً تصادفی شروع کند و به آهستگی، گام به گام، در این روند با آزمایش-و-پیرایش^(۱)، نگره‌ای را که توصیف صحیحی از جهان است، ایجاد کند [۷].

[۶] نویسنده در این بخش سعی دارد بگوید که زیست‌شناسان فرگشتی در چهارچوب یک پارادایم (paradigm) فرگشتی کار می‌کنند.

[۷] نویسنده در این جا سعی دارد (البته با کمی ناشی‌گری) روش انگاری-قیاسی (Hypothetico-deductive) را توضیح بدهد.

نشانه واقعی یک نگره آن است که بتوان اشتباه بودن آن را نشان داد [۸]. نگره داروین می‌تواند در هر نقطه‌ای، به ویژه سه انگاره اساسی یا بدیهیات آن، شکست بخورد. اگر بین افراد در میزان یک صفت هیچ پراکندگی وجود نداشته باشد، یا هیچ دلیلی در مورد وراثت آن صفت نباشد، یا نشانه‌هایی برای بازآوری تفریقی مربوط به آن صفت وجود نداشته باشد، در این صورت نگره داروین شکست می‌خورد. شماری احتمال دیگر نیز وجود دارد. در برداشت داروین از فرگشت، او زندگی را دارای خاستگاه واحدی می‌دید، که در رویارویی جان‌داران با محیط‌های جدید و فشارهای جدید گزینشی، به ریخت‌های پراکنده‌تر و پیچیده‌تری درآمده است. به طور ضمنی، داستان زندگی روی زمین، باید از ساده به پیچیده ادامه یابد [۹]. به طور کلی، این چیزی است که ما می‌بینیم (به پرسش ۳۲ نگاه کنید).

[۸] به نظر می‌رسد که نویسنده در این جا سعی دارد اصل ابطال‌پذیری (falsifiability principle) را به زبان ساده توضیح دهد!

[۹] من با این نظر مخالفم! فرگشت، سازگاری با محیط است. سازگاری گاهی با پیچیده‌تر شدن به دست می‌آید و گاهی با ساده‌تر شدن. ریخت‌های پیچیده زمانِ بیش‌تری لازم دارند تا به وجود بیایند و بنابراین دیرتر به وجود آمده‌اند. ولی این را نباید با حرکت از ساده به پیچیده، یکی گرفت. این یکی از رایج‌ترین سوءتفاهم‌ها در مورد فرگشت است.

یک چالش واقعی برای نگره فرگشت داروین، نشانه‌هایی از [وجود] جان‌داران پیچیده پیش از ظهور جان‌داران ساده چند یاخته‌ای - یا حتی هم‌زمان با ساده‌ترین جان‌داران اولیه است. یکی از

(1) Test-and-adjust.

این نمونه‌ها ممکن است خرگوش پیش‌کامبرین^{1} باشد. این بدان معناست که چیزی به پیچیدگی یک خرگوش، در میان فسیل‌های زمانی که جان‌داران دیگر فقط باکتری یا جان‌داران ساده چند یاخته‌ای بودند، وجود داشته باشد. اگر چنین خرگوشی پیدا می‌شد، برای نگره‌های فرگشتی فعلی ما مشکل‌های زیادی ایجاد می‌کرد.

به طور کلی در دانش، به‌ترین راه برای ثابت یا رد کردن یک نگره آن است که آن را در برابر یک [نگره] جایگزین قرار دهیم و ببینیم کدام پیش‌بینی‌های به‌تری دارند. یک مقایسه خوب برای نگره داروین مقایسه آن با نگره لامارک است (به پرسش ۲ نگاه کنید). در تمام آزمایش‌هایی که تا کنون صورت گرفته، نگره لامارک نتوانسته از نگره داروین پیشی بگیرد. نگره داروین بسیاری از چیزهایی را که پس از آن، در قرن بیستم، کشف شدند توضیح می‌دهد - مانند هم‌زیستی (دو گونه که در هم‌آهنگی نزدیک با هم زندگی می‌کنند) یا ریشه‌های ویروسی یا باکتریایی برخی از اجزای بدن ما (مانند میتوکندری‌هایی^{2}) که در داخل هر یک از یاخته‌های ما وجود دارند و منبع انرژی یاخته هستند) (به پرسش ۳۶ نگاه کنید).

پرسش ۹ - پس چرا بسیاری از مردم داروین را باور نمی‌کردند؟

نگره فرگشت داروین، اگرچه مورد حمایت گسترده دانش‌مندان قرار گرفت، اما خواب بسیاری از مردم عادی را آشفته کرد، به ویژه افراد مذهبی که آن را تهدید کننده تقدس رابطه انسان با خدا می‌دانستند. این رابطه، به روشنی در "زنجیره بزرگ هستی" رعایت می‌شد (به پرسش ۲ نگاه کنید). نگره داروین به این معنا انگاشته می‌شد که انسان‌ها، که دیگر در حریم تقدس خدا و فرشتگان او قرار ندارند، به‌تر از میمون‌ها نیستند. به بیان دقیق، داروین را متهم به چیزی می‌کردند که به راستی تقصیر او نبود. بیش از یک قرن پیش از او، لینه، انسان‌ها را در گروه میمون‌های بزرگ^[1] رده‌بندی کرده بود. داروین صرفاً سازوکاری را ارائه کرد که می‌توانست این امر را از نظر زیست‌شناسی قابل قبول کند. با این وجود، داروین به جای لینه مقصر شناخته شد - عمدتاً به این دلیل که او از فرگشت یاد کرد و لینه این کار را نکرد!

[1] در انگلیسی، همانند فارسی، چندین واژه ساده یا ترکیبی برای انسان‌نماها وجود دارد. ناهم‌گونی این واژه‌ها، برای من، خیلی روشن نیست و اطلاق آن‌ها به جانوران گوناگون حد و مرز مشخصی ندارد. در این کتاب، هر جا واژه "ape/apes" به کار رود، من آن را به "میمون/میمون‌ها"، برابر انسان‌نماهای بی‌دم، برمی‌گردانم. در ضمن، هر جا واژه "monkey/monkeys" به کار رود، من آن را به "بوزینه/بوزینه‌ها"، برابر انسان‌نماهای دم‌دار، برمی‌گردانم.

شاید داروین خودش باعث چنین واکنش نامطلوبی شده بود. رده‌بندی لینه با این‌که انسان‌ها، شامپانزه‌ها و اورانگوتان‌ها را در یک سرده^{3} قرار می‌داد (و هم‌زمان، در جنس هومو^{4} {۲}، و در جنس انسان، دو میمون را به صورت افتخاری، انسان قلمداد می‌کرد) هنوز این احتمال را باقی می‌گذاشت که [این امر] خواست خداوند بوده که انسان، مخلوق ویژه خود را، در کنار میمون‌ها

{1} Precambrian rabbit.

{2} Mitochondria.

{3} Genus.

{4} Homo.

قرار داده باشد. طبقه بندی لینه در مورد این که آیا فرگشت رخ داده است [یا نه] (یا حتی چه گونه) کاملاً بی طرف بود. حتی اگر چه پیش نهاد آن که گونه هایی که از نظر کالبدشناسی مشابه هستند، احتمالاً با هم مرتبط [خویشاوند] هستند در رده بندی وی وجود داشت، لینه هیچ ادعای فرگشتی صریحی در این زمینه ارائه نداد: همه این جان داران می توانستند، هم آن طور که در انجیل^(۱) آمده است، با خلقت خاص، توسط خالق به وجود آمده باشند. نگره داروین، از سوی دیگر، هرگونه امکان خلقت خاص را رد کرد. این بدان معناست که انسان ها، از طریق یک سازوکار عادی، گزینش زیستاری، که فرگشت همه گونه ها را میسر کرده است، از یک جان دار شبه میمون، فرگشت یافته اند. به نظر می رسد که [یک پی آمد فرگشت این است که] نقش خدا بسیار کاهش یافته باشد.

[۲] جنس "Homo" از حساسیت خاصی برخوردار است، زیرا دانشمندی که در زمینه رده بندی انسان واره ها / انسان نماها پژوهش می کنند، بر سر اینکه ما (منظورم انسان احمق "Homo stultus" است) چقدر با جمعیت های گونه مرگ شده یا زنده، از همین جنس و سرده، فاصله داریم، اختلاف نظر دارند. در نتیجه، رده بندی این گروه کوچک از گونه ها مرتب در حال تغییر است. برای پرهیز از وارد شدن به این جدل و جدال، واژه "Homo" را در هر جایی که بدون پسوند به کار رود، "هومو" نوشته ام. امیدوارم که خواننده متوجه باشد، در این پانویشت نام فعلی انسانی را که ما باشیم، از "انسان عاقل" به نام مناسب تر "انسان احمق" تغییر داده ام.

نگره داروین نه تنها جای گاه انسان را در جهان به چالش کشید، بلکه برای معتقدین به کتاب مقدس، که مطابق آن و طبق محاسبات اسقف آشر (به پرسش ۴ نگاه کنید)، همه چیز در یک هفته خلق شده است، در تضاد بود. سازوکار گزینش زیستاری داروین متضمن این بود که روندهای فرگشتی کند بوده، و میلیون ها سال طول می کشد تا تغییر ایجاد شود. [نگره داروین] همچنین بر این دلالت داشت که گونه های جدید به صورت تدریجی، و از طریق گزینش زیستاری در دودمان های اجدادی، در دوره های بسیار دراز ظاهر می شوند، نه به ترتیبی که در بخش های ابتدایی سفر پیدایش [تورات]، یا حتی زنجیره بزرگ هستی، توصیف شده است. از آن جا که کتاب مقدس هم چون کلام خدا تفسیر شده بود، به نظر می رسید که این تناقض، صداقت یا دانایی خدا، یا هر دو را به چالش می کشد. برای مسیحیان بنیادگرا، این مساوی با کفر است. البته این بار هم، تقصیر از داروین نبود، زیرا زمین شناسان بودند که تصمیم گرفته بودند که زمان بندی اسقف عالی مقام را کاملاً اشتباه بدانند. با این حال، مانند گذشته، داروین مقصر شناخته شد، زیرا نگره او چیزی در مورد انسان به داستان افزود.

دلیل های اسلام بنیادگرا برای اعتراض به نگره داروین کاملاً مشابه است. اسلام، قرآن را کلام خداوند دانای کل می داند که توسط وی در قرن هفتم پس از میلاد به پیامبر اسلام دیکته شده است. دشواری در این است که هر نگره جدیدی که در متن اصلی [قرآن] گنجانده نشده باشد، دلالت بر این دارد که خداوند از آن خبر نداشته است و بنابراین او نمی تواند دانای کل باشد: این خبر بدی است، زیرا در اسلام هر چیزی که دانش خدا را به چالش بکشد کفرگویی است و مجازات مرگ دارد. متأسفانه، نگره فرگشت بخشی از اجماع فلسفی قرن هفتم پس از میلاد، هنگامی که محمد افکار خود را نوشت، نبود، بنابراین هرگز در قرآن گنجانده نشد^[۳]. و اگر در مورد الهی دانان

(۱) Bible.

و حقوق‌دانان اسلامی نکته‌ای غیرقابل انکار وجود داشته باشد، این واقعیت است که شدیداً منطقی هستند. این جور تناقضات، کمی مشکل ایجاد می‌کنند [۴].

[۳] در این بند آخر، نویسنده نتوانسته تکلیف خود را با قرآن روشن کند! بالاخره قرآن کلام خدا است یا نوشته پیامبرش؟ گویا نویسنده هم میل به رویای پیامبرانه دارد.

[۴] نویسنده در این بخش، هم لحنی تمسخرآمیز دارد، و هم در ارائه نظرات معتقدین به مذهب در باره "روند خلقت" و "توضیح پراکندگی در زیستار" کوتاهی می‌کند. به هر رو، انصاف دانشیک حکم می‌کند که چیزهای بیش‌تری هم گفته شود. منظوم این است که کاریکاتور ساختن از نظرات نادانشیک دین‌داران از انصاف به دور است. "ما" باید بتوانیم نظرات دین‌داران را به بهترین وجه توضیح دهیم، و سپس نادرست بودن آن‌ها را نشان دهیم. شوربختانه این کار از ظرفیت پانویشت‌های من خارج است و باید در فرصتی دیگر به آن بپردازم. واقع امر این است که برای بیش‌ترین مردم دنیا نگره غالب، حتی امروز، "خلقت الاهی" است. دانش‌مندان زیستارشناس (naturalist) و زیست‌شناس (biologist) از اواسط قرن ۱۷ به طور مرتب اشکالات تازه‌ای را در نگره "خلقت الاهی" پیدا می‌کردند. هنوز هم همان اشکالات وجود دارد و راه حلی برای آن اشکالات قدیمی و اشکالاتی که پس از آن کشف شدند، پیدا نشده است. در برابر، داروین برای اولین بار در میانه قرن ۱۹ یک نگره جامع برای توضیح پیدایش گونه‌ها و پراکندگی آن‌ها ارائه کرد. نگره داروین از همان روز اول بسیار بهتر از نگره "خلقت الاهی" بود و هر روز هم بهتر می‌شود. این دو نگره هنوز در رقابت با یک‌دیگر هستند. رقابت این دو نگره هم، برای "توضیح بهتر پیدایش گونه‌ها و پراکندگی آن‌ها" است، و نه چیز دیگر. این جمله آخر را دوباره می‌نویسم: رقابت این دو نگره برای "توضیح بهتر پیدایش گونه‌ها و پراکندگی آن‌ها" است و نه چیز دیگر. "ما"، اقلیتی که نظریات فرگشت داروینی را پذیرفته‌ایم، هنوز راه زیادی را برای شناساندن صحیح فرگشت، به اکثریت، در پیش رو داریم.

پرسش ۱۰ - چرا پرسیدن دلیل مهم است؟

از بسیاری دیدگاه‌ها، پیچیدگی درونی دنیای زیستی به بهترین نحو با آنچه که به چهار "چرا"ی تینبرگن معروف است جمع بندی می‌شود. این چهار "چرا" [۱] در سال ۱۹۶۰ توسط نیکو تینبرگن^(۱)، یکی از بنیان‌گذاران رفتارشناسی جانوران (بررسی زیستارگرایانه رفتار جانوران) و یکی از برندگان جایزه نوبل ۱۹۷۳ در فیزیولوژی-پزشکی، بیان شد. در واقع، سه مورد از "چرا"های [تینبرگن] توسط ارسطو فیلسوف و دانش‌مند بزرگ یونانی برای اولین بار در کتاب‌های زیست‌شناسی او، که در حدود سال ۳۵۰ پیش از میلاد نوشته شده بودند، وجود داشت و در سال ۱۹۳۰ توسط جولیان هاکسلی^(۲) [۲] (یکی از بنیان‌گذاران سنتز نوین) دوباره بیان شد. (به پرسش ۲۳ نگاه کنید). تینبرگن "چرا"ی چهارم را افزود و مطابق معمول، این جور مسائل به اسم نفر آخر تمام می‌شود!

[۱] بهتر بود به جای "چرا"، "پرسش" را به کار می‌برد!

[۲] جولیان هاکسلی نوّه تامس هاکسلی (Thomas Huxley) است و تامس هاکسلی کسی است که به لقب "بولداگ" (Darwin's bulldog) شناخته می‌شد. جولیان هاکسلی، برادری رمان نویس دارد به نام الدوس هاکسلی (Aldous Huxley).

^(۱) Niko Tinbergen.

^(۲) Julian Huxley.

تینبرگن خاطرنشان کرد که وقتی زیست‌شناسان می‌پرسند "چرا" چنین چیزی وجود دارد (برای مثال، چرا سگ‌ها پارس می‌کنند؟)، هر کدام از چهار نوع کاملاً ناهم‌گون "چرا" را می‌توانند در نظر داشته باشند. "چرا"ها سوالاتی در مورد کارکرد^{۱} (پارس چه فایده‌ای برای سگ دارد؟)، سازوکار^{۲} (چه عامل‌هایی باعث پارس سگ در یک موقعیت خاص شده و یا با چه ماشین‌آلات فیزیولوژیکی امکان پارس سگ وجود دارد؟)، رشدشناسی^{۳} (چه‌گونه ژن‌ها و محیط زیست باعث ایجاد یک فرد بالغ می‌شود که از جنینی که پارس نمی‌کند، رشد می‌یابد؟)، و در نهایت، تبارشناسی^{۴} [۳] یا تاریخ (چه سلسله تغییرهایی در گونه‌های اجدادی که به هیچ وجه پارس نمی‌کردند صورت گرفت تا به گونه‌های معاصر برسیم؟) مطرح می‌کنند. ممکن است این چهار "چرا" را به صورت "چرا"، "چه‌گونه"، "چه"، و "چه زمانی" بیان کنیم.

[۳] واژه phylogeny در فارسی به کلمات گوناگونی، منجمله نسب‌شناسی، شجره، تبارزایی، برگردانده شده است. من، فعلاً مناسب‌ترین واژه را تبارشناسی می‌بینم. ولی اطمینان ندارم که بتوانم در همه جا از همین واژه استفاده کنم. ممکن است در جاهای دیگر از کلمات دختر / پسر / دودمان در کنار تبار استفاده کنم. ببینیم چه می‌شود!

تینبرگن (و ارسطو! [۴]) این نکته مهم را مطرح کردند که هر یک از این چهار "چرا" کاملاً مستقل از یک‌دیگر هستند. پاسخ به یکی از این‌ها، به هیچ وجه تاثیری بر پاسخ به سه تای دیگر ندارد. با این "چرا"ها این امکان را داریم که هر یک را به طور جداگانه مورد بررسی قرار دهیم، حتی اگر هیچ ندانیم که پاسخ هر کدام از "چرا"های دیگر چه خواهد بود. ما می‌توانیم رفتارشناسی و یا بوم‌شناسی را در غیاب آگاهی از چگونگی رشدشناسی چنین رفتاری در جانوران، یا روندهای فرگشتی تاریخی که باعث ایجاد آن شده‌اند، بررسی کنیم. به همین ترتیب، ما می‌توانیم ریشه‌های تاریخی یا مسیرهای رشدشناسی یک رفتار را بررسی کنیم، بدون این‌که بدانیم چرا جانوران به طرح‌های کالبدشناسانه خاص خود نیاز دارند. بدون این تفکیک، بررسی زیست‌شناسی ناممکن است.

[۴] ارسطو چهار نوع علت ("چرا") را از هم جدا می‌کرد: علت مادی (material cause)، علت صوری (formal cause)، علت فاعلی (efficient cause)، که جمع این سه را علت اولیه یا مقدماتی می‌دانست (proximate cause). علت چهارم ارسطو، علت غایی (final cause) بود. چهار "پرسش" تینبرگن در دو گروه دوتایی "توضیح" بخش‌بندی می‌شود. توضیح مقدماتی، شامل سازوکار (mechanism) و رشدشناسی (ontogeny)، و توضیح غایی، شامل تبارشناسی (phylogeny) و کارکرد (function).

برای روشن شدن موضوع، روش حل مشکل سریع دویدن جانوران را در نظر بگیرید (توضیح کاربردی این است که جانورانی که سریع می‌دوند می‌توانند از شکارگران فرار کنند یا طعمه خود را به طور موثرتری بگیرند). از آن جایی که جانوران چهار پا تقریباً با بسامد^{۵} یک‌سانی^[۵] پاهای خود را حرکت می‌دهند، نمی‌توانند شمار گام‌ها را تغییر دهند، در نتیجه معمولاً سریع‌تر دویدن را با افزایش طول هر گام [قدم] به انجام می‌رسانند. گونه‌های گوناگون با سازوکارهای ناهم‌گونی به این مهم دست می‌یابند. یوزپلنگ‌ها با فرگشتِ انعطاف‌پذیریِ ستون فقرات، که به ستون فقرات

{1} Function.

{2} Mechanism.

{3} Ontogeny.

{4} Phylogeny.

{5} Frequency.

اجازه خم شدن به سمت بالا را می‌دهد، و باعث می‌شود پاهای جلو و عقب، در هر قدم دورتر از هم قرار بگیرند، سرعت را زیاد می‌کنند. شترمرغ‌ها با فرگشت پاهای بسیار بلند (امکان طولانی‌تر کردن هر قدم) این کار را می‌کنند. کانگوروها با فرگشت ظرفیت پرش، مسافت بیش‌تری را در هر قدم طی می‌کنند. به عبارت دیگر، یک کارکرد خاص ممکن است توسط چندین سازوکار ناهم‌گون به دست آید - یا برعکس، یک سازوکار خاص گاهی وقت‌ها می‌تواند چندین کاربرد گوناگون را پشتیبانی کند (به پرسش ۱۳ نگاه کنید).

[۵] هر چیزی در زیستار مقداری پراکندگی دارد. بنابراین به‌تر بود که نویسنده بگوید: "بسامد تقریباً یک‌سانی". برای مثال همه یوزپلنگ‌ها با سرعت یک‌سانی نمی‌دوند، هم‌آن‌گونه که همه انسان‌ها با یک سرعت نمی‌دوند.

شاید مهم‌ترین درس این باشد که ما باید مراقب باشیم تا انواع یا سطوح گوناگون توضیحات را با هم اشتباه نگیریم. برای مثال، توضیحات کاربردی معمولاً مربوط به این است که یک صفت تا چه اندازه به فرد اجازه می‌دهد تا ژن‌هایش را برای ایجاد نسل‌های آینده به مشارکت بگذارد - یا به عبارت دیگر چه‌گونه یک جانور به طور موثر تغذیه می‌کند، با این فرض معقول که پیدا کردن خوراکی که نیاز دارد، در نهایت به جانور اجازه می‌دهد تا به طور موثرتری بازآوری کند. بنابراین، این توضیح که جانور به دلیل گرسنگی، غذا می‌خورد (توضیحی انگیزشی یا سازوکاری) جای‌گزینی برای این توضیح نیست که در نهایت، به منظور مشارکت بیشتر در ژن‌های نسل پس از آن، تغذیه می‌کند. در واقع، هر دو توضیح لازم هستند. ژن‌ها نمی‌توانند جانوران را به رفتار وادار کنند [۶]، بنابراین گزینش زیستاری باید با ایجاد انگیزه‌هایی هم‌چون واسطه، جان‌دار را وادار به انجام کارهایی کند که باید انجام شوند، تا به هدف فرگشتی که به حداکثر رساندن برزش باشد، برسد (در واقع، افزودن [نسبت] شمار ژن‌هایی که در نسل آینده نقشی دارند [که از این جان‌دار به نسل آینده رسیده‌اند]، یا هر چیز دیگری که همین اثر را داشته باشد) (به پرسش ۲۵ نگاه کنید). (به هر حال، این یک استدلال دایره‌ای نیست: من می‌توانستم آن را دقیق‌تر بیان کنم، اما خواندن آن بسیار پیچیده‌تر و خسته‌کننده‌تر می‌شد. یک کلام کلیدی مهم در دانش این است: هر چیزی که خسته‌کننده است، به احتمال زیاد یا درست نیست یا مهم نیست [۷].)

[۶] جمله پنجم این بند که با "ژن‌ها نمی‌توانند ..." شروع می‌شود، مفهوم غریبی را مطرح می‌کند. تو گویی گزینش زیستاری نیروی مستقلی است که بقیه عامل‌ها، مثلاً بازآوری یا انتقال ژن‌ها را کنترل می‌کند! احتمال می‌دهم میل نویسنده به ساده‌نویسی او را به اشتباه کشانده باشد. مفهومی که باید روشن شود این است که "گزینش زیستاری" چیست؟ فنی‌ترین جواب این است: "گزینش زیستاری، برزش تفریقی است". یعنی گزینش زیستاری، همان ناهم‌گونی در میزان برزش است. برزش هم، حاصل‌ضرب ماندگاری و بازآوری، در مراحل گوناگون زندگی است. ناهم‌گونی در برزش است که به ناهم‌گونی در میزان مشارکت ژن‌های دو جان‌دار گوناگون در نسل پس از آن منجر می‌شود. گزینش زیستاری مفهومی جدا از برزش نیست.

[۷] من در برابر جمله آخر این بند احساس دوگانه‌ای دارم. از یک سو فکر می‌کنم بعضی مفهوم‌ها به قدری پیچیده هستند که توضیح ساده آن برای "مردم عادی" ناممکن است. از سوی دیگر فکر می‌کنم اگر مفهومی در من خوب جا افتاده باشد، باید بتوانم آن را به زبانی ساده توضیح بدهم.

توضیحی که در پانوشت پیشین در مورد رابطه "گزینش زیستاری" و "برازش تفریقی" آمد، یک توضیح ساده، ولی فشرده بود. اکنون توضیحی ساده، ولی نافشرده را ارائه می‌کنم، تا ببینیم که آیا کمکی به فهم دو مفهوم پیچیده "گزینش زیستاری" و "برازش تفریقی" می‌کند یا نه؟!

مجموع اثر "ژن"های موجودات گوناگون، در هم‌کاری با محیط، باعث ایجاد پراکندگی در بروز یک صفت می‌شود. این هم‌کاری، مثلاً در یک یوزپلنگ، باعث سرعت ۸۴ کیلومتر در ساعت، و در یوزپلنگ دیگری باعث سرعت ۱۲۲ کیلومتر در ساعت، می‌شود. در نتیجه، یوزپلنگ دوم، می‌تواند در شکار کردن، موفق‌تر باشد. به همین علت، یوزپلنگ دوم، به احتمال، می‌تواند شمار بیش‌تری فرزند داشته باشد. بنابراین در نسل بعد، شمار کپی‌های "ژن"های یوزپلنگ دوم، بیش‌تر از شمار کپی‌های "ژن"های یوزپلنگ اول خواهد بود. در این مثال، برازش یوزپلنگ دوم بالاتر از یوزپلنگ اول خواهد بود. در این حالت، گزینش زیستاری با تکیه بر "فرق" برازش در دو یوزپلنگ، امکان ماندگاری و بازآوری بیش‌تری به یوزپلنگ دوم می‌دهد. با این مقدمه، می‌توانیم بگوییم "گزینش زیستاری" نیرویی است که بر اساس "فرق" در برازش، عمل می‌کند. به عبارت دیگر "گزینش طبیعی، برازش تفریقی است" (برازشی که ایجاد فرق می‌کند).

بیشتر اختلاف‌نظرها در مورد توضیحات فرگشتی (و به ویژه آن [اختلاف نظر]هایی که بین زیست‌شناسان و سایر رشته‌ها وجود دارد) به این دلیل به وجود می‌آید که هر یک از دو سو در مورد نوع دیگری از توضیحات (پاسخ به نوعی ناهم‌گون از "چرا") فکر می‌کنند، اما فرض می‌کنند که در مورد یک موضوع سخن می‌گویند. وقتی جانورشناسان می‌پرسند که چرا یک جانور به شیوه خاصی رفتار می‌کند، بیش‌تر منظورشان این است که چه‌گونه یک رفتار به جان‌دار کمک می‌کند تا برازش ژنتیکی خود را بیشینه کند (توضیح کاربردی)، در حالی که یک روانشناس معمولاً بر اساس انگیزه‌های ناپیدا فکر می‌کند (جانور، رفتار خاصی دارد چون گرسنه است، یا از روی عشق است، یا ناشی از غریزه مادری [۸] است). به طور مشابه، وقتی جانورشناسان می‌پرسند که چه‌گونه یک رفتار باعث می‌شود جانور بتواند برازش ژنتیکی خود را به حداکثر برساند (شمار ژن‌هایی که در نسل پس از آن نقش دارند)، آن‌ها در مورد ژن‌های مندلی ^(۱) (صفت‌ها یا مشخصات) فکر می‌کنند، اما سایر رشته‌ها، به جز زیست‌شناسی، بیش‌تر این توضیح را با توضیحی در مورد دی‌ان‌ای [۹] (توضیحی رشدشناسانه [۱۰]) اشتباه می‌گیرند. اگرچه زیست‌شناسان از واژگان "ژن" برای هر دو استفاده می‌کنند، اما این واژه به راستی معنای کاملاً ناهم‌گونی در دو زمینه دارد! با این حال، زیست‌شناسان به ندرت آن مفاهیم را اشتباه می‌گیرند، و به ندرت مشخص می‌کنند که منظور آن‌ها از ژن چیست، زیرا مفهوم آن معمولاً از زمینه موضوع کاملاً آشکار می‌شود.

^۱ فقط برای توضیح بیشتر باید بگوییم که، در واقع، زیست‌شناسان از واژه "ژن" در چهار مفهوم [۱۱] گوناگون استفاده می‌کنند، و هر کدام از آن‌ها معنای کاملاً ناهم‌گونی دارد.

[۸] در انتهای جمله دوم از این بند، نویسنده از ترکیب parental instinct استفاده کرده بود، که من، تا پیدا کردن برابری به‌تر، فعلاً آن را به "غریزه مادری" برگرداندم.

[۹] برای من روشن نیست که منظور نویسنده از تفکیک "ژن‌های مندلی" و "ژن‌های مربوط به DNA" چیست. هر وقت نویسنده نظرش را روشن کرد، من هم نظرم را درباره نظرش خواهم گفت! اما خلاصه نظر من این است که ژن‌های "مندلی" در سال ۱۸۶۵ یا در اوائل کشف دوباره مفهوم آن در سال ۱۹۰۰، یک ساختار ذهنی بودند که پس

(۱) Mendelian.

از آن برابر فیزیکی (از نوع بخشی از کروموزوم) پیدا کردند، و پس از زمانی دراز معلوم شد که کروموزوم چیزی نیست مگر یک رشته بسیار دراز از مولکول دی‌ان‌ای که در حالت عادی چندین بار به دور خود پیچ خورده است.

[۱۰] نویسندگان در این‌جا واژه رشدشناسانه (ontogenetic) را در مفهومی اشتباه به کار برده است. واژه "ontogenetic"، صفت است برای اسم "رشدشناسی (ontogeny)" و پسوند "-genetic" که در آن وجود دارد، ربطی به ژنتیک ندارد! "رشدشناسی" هم‌آن‌قدر به ژنتیک ربط دارد که کالبدشناسی. این احتمال هم وجود دارد که منظور نویسندگان از "دی‌ان‌ای" و "توضیحی رشدشناسانه"، ایجاد آنزیم‌ها توسط دی‌ان‌ای و آر‌ان‌ای، و نقش آنزیم‌ها در رشد باشد.

[۱۱] شمار مفهومی که برای واژه "ژن" به کار رفته، بیش از چهار است. برای دیدن دو مثال از بحث در این مورد به دو مقاله زیر نگاه کنید.

Portin, P., & Wilkins, A. (2017). The Evolving Definition of the Term "Gene." *Genetics*, 205 (4), 1353–1364. <https://doi.org/10.1534/genetics.116.196956>

Baverstock, K. (2021). The gene: An appraisal. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 164, 46–62. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2021.04.005>

چهار "چرا" مهم هستند، زیرا به ما یادآوری می‌کنند که هنگام در نظر گرفتن توضیحات پیچیده زیستی، اشتباه کردن چقدر آسان است. دلیل این امر آن است که زیست‌شناسی یک رشته سامانه‌ای^(۱) است – پدیده‌های زیست‌شناسانه، سامانه‌هایی هستند که اجزای زیادی را شامل می‌شوند که در آرایش پیچیده‌ای از علل، محدودیت‌ها، و پی‌آمدها در هم تنیده شده‌اند. اگر اجزای گوناگون را هنگام تلاش برای توضیح پدیده‌های زیستی تقطیک نکنیم، اشتباهات فاحشی انجام می‌دهیم. امیدوارم این امر با توجه به نمونه‌های خاصی که پس از این به کار خواهد رفت، کاملاً روشن شود.

^(۱) Systemic.

فصل ۲: فرگشت و سازگاری

پرسش ۱۱ - گونه‌ها چه‌گونه با محیط خود سازگار می‌شوند؟

داروین استدلال می‌کرد که گونه‌ها از طریق پراکندها (یا آنچه که ما اکنون آن‌ها را جهش [۱] ژنتیکی می‌نامیم) به طور فزاینده‌ای با محیط خود سازگار می‌شوند و پراکندهایی که برازش نسبی بیش‌تری [۲] با محیط خود نشان می‌دهند، به‌تر زنده می‌مانند و می‌توانند با برتری بیش‌تری بازآوری کنند. پراکندهای موفق‌تر به آهستگی بر جمعیت مسلط [۳] می‌شوند و بنابراین ظاهر گونه‌ها را به طور اجتناب‌ناپذیری به سمت شکل خاص خود سوق می‌دهند، زیرا گونه‌های با برتری کم‌تر در بازآوری، دچار مشکل می‌شوند و وِجین [حذف] می‌شوند.

[۱] داروین واژه "mutation" را به معنی یک نمونه غیرعادی به کار می‌برد. در ضمن هر جایی که داروین واژه "sports" را بکار می‌برد، به راحتی می‌توان به جهش و موتاسیون تعبیر کرد.

[۲] در جمله اول ترکیب "برازش نسبی بیش‌تر" برگردان "slightly better fit" است. فرصت را مغتنم می‌شمارم که یک حرف کلی در مورد واژه "برازش = fitness" بزنم. در مباحث فرگشتی واژه "fitness" از حالت یک واژه عادی خارج شده و تبدیل به یک واژگان دانشیک شده است. در این صورت باید از استفاده از آن هم‌چون یک "اسم"، "صفت" یا "فعل" معمولی خودداری کرد. برای مقایسه می‌توان از "عدد اتمی" که در شیمی به کار می‌رود، و یک واژه دانشیک است، نام برد. آهن، عدد اتمی بالاتری از هیدروژن دارد. اما، نمی‌توان گفت که "آهن عدد اتمی‌تر از هیدروژن است!" در این مورد خاص، باید از به کار بردن واژه‌هایی مانند برازنده (fit)، برازنده‌تر (fitter)، یا برازنده‌ترین (fittest) پرهیز کرد.

[۳] یک مثال از ساده نویسی، که به بدفهمی می‌انجامد، این عبارت است: "بر جمعیت مسلط می‌شوند". اگر من بودم می‌نوشتم: "در جمعیت وفور می‌یابند".

ما اکنون می‌دانیم که این دقیقاً هم‌آن چیزی است که رخ می‌دهد. پیترو و رزمیری گرنِت {۱} در بررسی ۳۰ ساله خود در مورد فنچ‌های {۲} داروین در جزایر گالاپاگوس نشانه‌های روشنی را در این باره ارائه کردند. آن‌ها موفق شدند نشان دهند که با تغییر منابع خوراکی از یک سال به سال دیگر، تغییرهای کوچک، اما قابل توجهی در اندازه منقار در یک جمعیت دیده می‌شود که دارای کاربردِ ناهم‌گونی، در استفاده از دانه‌های با اندازه و درجه سختی ناهم‌گون، هستند. فنچ‌های داروین {۴} نمونه‌ای روشن از خُردفرگشت {۳} [۵] را ارائه می‌دهند - تغییرهای کوچک و تدریجی در یک صفت، که در پاسخ به تغییرهای در چالش‌های زیست‌محیطی، رخ می‌دهد.

{1} Peter and Rosemary Grant.

{2} Finch.

{3} Microevolution.

[۴] فنچ‌های داروین (Darwin's finches) و یا فنچ‌های گالاپاگوس (Galapagos finches) ۱۵ یا ۱۸ گونه گوناگون گنجشک‌سان هستند که داروین در شناسایی و رده‌بندی آن‌ها سهم بزرگی داشت. داروین به عادت خود، در طول سفر با کشتی بیگل، نمونه‌هایی را که گردآوری می‌کرد با پست (کشتی‌های دیگر) به بریتانیا می‌فرستاد. در مورد این فنچ‌ها تصور داروین این بود که همه آن‌ها یک گونه بودند. این فنچ‌ها در سال ۱۸۳۷ در اختیار جان گولد (John Gould) قرار گرفتند. گولد در گزارشی فنچ‌های داروین را هم‌چون گونه‌های گوناگون رده‌بندی کرد. داروین از این اظهار نظر گولد چنان جا خورد که تا چندی گیج‌گیج می‌خورد. اگر خواندن کتاب ملتوس، جرقه پیدا کردن سازوکار فرگشت را در ذهن او زد، رده‌بندی گولد، جرقه فکر فرگشت را در ذهن او زد.

[۵] در این جا نویسنده تغییرهای درون هر یک از گونه‌های فنچ‌های داروین را در نظر دارد.

با این حال، گاهی وقت‌ها، سازگاری در مقیاس بزرگ می‌تواند بسیار سریع رخ دهد. این جور موارد بیش‌تر در بازمانده‌های فسیلی معروف به سازگاری شعاعی ^[۶] دیده می‌شوند - دوره‌ای که یک دودمان در زمان بسیار کوتاه زمین شناسی، گونه‌زایی ^[۷] سریع دارد. سازگاری شعاعی بیش‌تر زمانی رخ می‌دهد که گونه‌ای، زیست‌گاه جدیدی را اشغال می‌کند که در آن هیچ رقیبی وجود ندارد (شرایطی که به نام "پخش زیست‌بومی" ^[۳] معروف است). در این شرایط، [اندازه] جمعیت بسیار سریع رشد می‌کند و سپس [جمعیت] تقسیم می‌شود، زیرا [زیر] جمعیت‌های گوناگون شروع به رقابت زیست‌محیطی با یک‌دیگر می‌کنند. یک نمونه از آن در لمورهای ^[۴] ماداگاسکار دیده شده است. به نظر می‌رسد که حدود ۴۰ تا ۵۰ میلیون سال پیش، نخستین سانان ^[۵] پیش‌میمونی اولیه که همانند گالاگو ^[۶] بودند، روی درختانی که در اثر طوفان در آب افتاده بودند، به سمت ماداگاسکار مهاجرت کرده‌اند (حتی امروزه نیز در این بخش از آفریقا افتادن درختان در اثر طوفان، رخ‌دادی معمولی است). در آن زمان، ماداگاسکار بجز چند گونه پرنده، خالی از جانوران بود. بدون وجود رقبایی از پستان‌داران (و مهم‌تر از همه، بدون شکارگران [گوشت‌خوار])، این جان‌داران به سرعت، در شرایطی که خوراکی فراوان در جزیره وجود داشت، تکثیر شدند و سپس به گونه‌های گوناگون تقسیم شدند. انسان‌های باستانی (نیاکان نئاندرتال‌ها) (به پرسش ۶۲ نگاه کنید) هم احتمالاً بلافاصله پس از اولین ورود خود از آفریقا به اروپا در شرایط مشابهی [نداشتن دشمنی عادی] به شکارچی تبدیل شدند: اروپا در آن موقع دارای گله‌های بزرگ جانوران (گاومیش، اسب، گوزن، ماموت)، اما شمار کمی از گونه‌های جانوران شکاری بود، و انسان‌های نخستین توانستند در رخنه ^[۷] ^[۸] شکارچی قرار گیرند، به نحوی که در آفریقا نمی‌توانستند آن را انجام دهند. در آفریقای آن موقع، جانوران شکاری کوچک و بزرگی وجود داشتند که مدت‌ها پیش از ظهور جنس انسان (که ما انسان‌های مدرن به آن جنس تعلق داریم) زندگی می‌کردند.

[۶] منظور از سازگاری شعاعی، گسترش ناگهانی شکل‌های زندگی است. تو گویی زندگی، در ایجاد شکل‌های جدید، به صورت انفجاری عمل کرده است.

^[۱] Adaptive radiation.

^[۲] Speciation.

^[۳] Ecological release.

^[۴] Lemur.

^[۵] Primate.

^[۶] Galago.

^[۷] Niche.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25935399>

[۸] واژه "niche" می‌تواند به جای‌گاه (فضای زندگی) و یا شاید گُنام، برگردانده شود. ولی در مباحث فرگشتی، "niche" یک جای‌گاهی است که در ابتدا "خالی" است و سپس جان‌داری، یا جان‌دارانی، آن را "اشغال" می‌کنند. شاید یک مثال بتواند در فهم این مفهوم مهم کمک کند. فرض کنید که در رودخانه‌ایی با عمق حداکثر دو متر، انواع گیاهان و جانوران زندگی می‌کنند. سپس در اثر یک حادثه طبیعی (مثلاً ریزش کوه)، یا یک حادثه غیرطبیعی (مثلاً ساختن یک سد)، مسیر آب تا حدودی بسته شده و دریاچه‌ای به عمق ۱۰۰ متر ایجاد شود. مناطق ژرف این دریاچه در ابتدا یک جای‌گاه خالی است. جمعیت‌های گیاهی و جانوری که بتوانند سریع به این جای‌گاه خالی رفته و با شرایط آن جای‌گاه "سازگاری" پیدا کنند، آن جای‌گاه را "اشغال" کرده‌اند. بنابراین "niche" یک جای‌گاه خالی است که زود، پر می‌شود. همین حالت در اجتماع و اقتصاد هم وجود دارد. اختراع تلفن "موبایل" یک "niche" تازه می‌سازد و برنامه نویسان نرم‌افزار را به آن‌جا می‌کشاند. من این را به ایجاد رخنه در یک سامانه موجود تشبیه می‌کنم و به همین دلیل واژه "رنه" را برگردان "niche" گرفتم.

با این حال، به‌ترین نمونه سازگاری شعاعی، ظهور [۹] پستان‌داران پس از گونه‌مرگی دایناسورها در پایان دوران کرتاسه، ۶۵ میلیون سال پیش است (به پرسش ۴۷ نگاه کنید). از بین رفتن بسیاری از گونه‌های دایناسورها در مدت زمان نسبتاً کوتاهی، پیوستار گسترده‌ایی از رخنه‌های زیست‌محیطی را در دسترس قرار داد. نیاکان پستان‌داران (جان‌دارانِ عمدتاً کوچکی همانند سنجاب {۱} روی درختان، یا همانند گورکن {۲} روی پوشش گیاهی کف جنگل بودند) به سرعت به پیوستار گسترده‌ایی ازدودمان‌های جدید، از جمله نیاکان نخست‌سانان، حشره‌خواران، گوشت‌خواران {۳} و سم‌داران {۴} تقسیم شدند.

[۹] به‌تر بود به جای "ظهور" از "گسترش" استفاده می‌کرد، چون پستان‌داران ۱۳۵ میلیون سال پیش از گونه‌مرگی دایناسورها به وجود آمده بودند.

پرسش ۱۲ - چه‌گونه سازگاری‌ها را تشخیص دهیم؟

به طور معمول، زیست‌شناسان سازگاری را به یکی از دو روش زیر تشخیص می‌دهند. یکی آن است که نشان دهیم یک صفت، یا مشخصه، از نظر کالبدشناسی یا فیزیولوژیکی با کارکردی که دارد، تناسب دارد (که سازوکارهای آن به خوبی برای هدفِ آن [صفت] طراحی شده است). دیگری

{1} Squirrel.

{2} Badger.

{3} Carnivores.

{4} Ungulates.

آن است که نشان دهیم افرادی که این صفت را به صورت برجسته‌ای دارند، (از نظر برتری در ماندگاری یا بازآوری) [1] از برآزش بالاتری برخوردارند. تئودوسیوس دوبژنسکی، زیست‌شناس فرگشتی مشاهده کرد که ناهم‌گونی بین این دو روی‌کرد در سازگار بودن {1} و روند سازگار شدن است [2]. دومی یک دیدگاه تاریخی از روند فعال سازگاری {2} در عمل است. مورد اول حالتی است که این روند به سرانجام رسیده است. این‌ها آزمون‌های مهمی در زمینه زیربنای فرگشت به دست می‌دهند، بنابراین برخی از آن‌ها را با جزئیات توضیح می‌دهم. این آزمون‌ها کلید برتری تجربی {3} نگره فرگشت را ارائه می‌دهند.

[1] تکرار می‌کنم: برآزش، حاصل‌ضرب ماندگاری و بازآوری در مراحل گوناگون زندگی است.

[2] ناهم‌گونی اصلی بین "سازگار بودن" و "سازگار شدن" در این است که "سازگار بودن" یک الگو (pattern) است و "سازگار شدن" یک روند (process) است که به پیدایش آن الگو انجامیده است. به عبارت دیگر، "روند" عامل ایجاد تغییر است و "الگو" مانند عکسی است که از یک حرکت گرفته می‌شود. اگر شمار زیادی "عکس=الگو" مشاهده شود، مثل یک فیلم، شاید، شاید، بتوان روندی را که پشت "الگو" هاست، کشف کرد.

یکی از بهترین نمونه‌های روش اول [سازگار بودن]، چشم است. کارکرد {4} چشم به روشنی آن است که به ما اجازه دهد جهان پیرامون خود را با جزئیات بیشتر و در محدوده گسترده‌تری از آنچه که با لمس یا بو به دست می‌آید، ببینیم. بررسی دقیق ساختار کالبدشناسی آن نشان می‌دهد که طرح و نحوه کارکرد آن به راستی برای خدمت به کاربرد آن مناسب است. چشم دارای دهانه‌ای برای ورود نور، سازوکاری (عدسی {5}) که نور را در پشت چشم متمرکز می‌کند و سطحی حساس به نور (شبکیه چشم {6}) در پشت چشم که به نور برخورد کننده به عدسی واکنش نشان می‌دهد، است. تحریک یاخته‌های شبکیه باعث فعال شدن نورون‌ها (عصب بینایی {7}) می‌شود، که نشانه {8} را به مغز می‌رسانند، سپس آن را پردازش می‌کنند و به ما اجازه می‌دهند تا ببینیم. این دقیقاً، نحوه کارکرد یک دوربین است و اثبات این‌که، از بسیاری راستاها، ما توانسته‌ایم از این طرح، درست مثل دوربین‌های کاربردی، استفاده کنیم.

یک نگاه دقیق‌تر، برخی از سازگاری‌های دقیق‌تر را، حداقل در چشم مهره‌داران، نشان می‌دهد. یکی دیافراگم (عنیه = {9}) در دهانه (مردمک = {10}) است که شدت نور ورودی به چشم را تنظیم می‌کند. این امر مانع از سوختن شبکیه در اثر نور بسیار شدید می‌شود، اما هم‌چنین هنگامی که مقدار نور کم است (برای مثال، در شب) نور بیشتری را وارد شبکیه می‌کند و در نتیجه میزان تحریک نوری، روی یاخته‌های شبکیه را، افزایش می‌دهد. خود عدسی نیز به خوبی با کارکرد خاص

{1} Being adapted.

{2} Adaptation.

{3} Empirical.

{4} Function.

{5} Lens.

{6} Retina.

{7} Optic nerve.

{8} Signal.

{9} Iris.

{10} Pupil.

خود سازگار است: از ماده‌ای با ضریب شکست ^{1} بالا تشکیل شده است که تار بودن تصویر را در شبکه چشم، تا حد زیادی، کاهش می‌دهد. شکل آن (با لبه‌های نازک‌تر مانند ذره‌بین) باعث شکست بیش‌تر نور می‌شود به طوری که نور بر روی ناحیه کوچک‌تری از شبکه متمرکز شده و تصویر روشن‌تری ایجاد می‌کند. این تمرکز به مایع زجاجیه در چشم، که ضریب شکست آن از هوا بیش‌تر است، کمک می‌کند و به تمرکز پرتوهای نور، یاری می‌رساند. چشم، یک طرح مهندسی شگفت‌انگیز است ^[۳].

[۳] دو بند بالا به شرح یک "الگو" می‌پردازد. باقی این پرسش به شرح چند "الگو"ی دیگر می‌پردازد، به این امید که "روند" شروع و تغییر چشم را پیدا کند.

چشم به طور مستقل تا ۵۰ بار در جانوران فرگشت یافته است، با بسیاری شکل‌های میانی، از طرح‌های ساده مشابه دوربین‌های ته‌سنجاقی (مانند کرم جاودانه ^{۲} ^[۴] و ناتیلوس ^{۳}) تا چشم‌های ترکیبی بسیاری از حشرات با عدسی‌های متعدد، و چشم‌های مهره‌داران که به همان اندازه پیچیده، اما بسیار ناهم‌گون هستند. بسیاری از این موارد را می‌توان مرحله‌ای از فرگشت چشم‌های مهره‌دار پیشرفته‌ای دانست که در میانه راه، از شکل ساده به شکل پیچیده‌تری از چشم ^[۵]، گیر کرده‌اند. این‌ها نشان دهنده راه حل‌های دودمان‌های گوناگون برای یک مشکل محیطی یک‌سان است (چه‌گونه می‌توانید ببینید [که به] کجا می‌روید و چه‌گونه از شکارگران اجتناب می‌کنید). به این ترتیب، چشم، برخی از نشانه‌های غیرمستقیم را در مورد قدرت گزینش زیستاری ارائه می‌دهد، زیرا هیچ دلیلی وجود ندارد که اگر فرگشت کاملاً تصادفی بود ^[۶]، همه آن‌ها اساساً در یک راه حل، هم‌گرا شوند (به پرسش ۲۹ نگاه کنید).

[۴] تصویری از یک کرم جاودانه (planaria).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9665899>

[۵] در این جمله هم، نویسنده به گونه‌ای نوشته است که گویا پندار نادرست "پیشرفت از ساده به پیچیده" را تبلیغ می‌کند.

[۶] عبارت "اگر فرگشت کاملاً تصادفی بود" از نظر من مسئله‌دار است. فرگشت کاملاً تصادفی است، اما نیازهای لازم برای سازگاری با محیط، تصادفی نیستند. در این مورد خاص، نیاز به پاسخ به محرک‌های (stimulant) نوری

^{1} Refraction.

^{2} Planaria.

^{3} Nautilus.

ثابت است. چشم، پاسخ فرگشت به نور است و فرگشت با هر راهی و وسیله‌ای، چه ساده و چه پیچیده، به این نیاز پاسخ می‌گوید. نویسنده در بند پس از این توضیح بیش‌تری در این مورد می‌دهد.

جالب‌تر این‌که همه جانورانی که به شکلی چشم دارند، پایه ژنتیکی یک‌سانی برای چشم‌ها دارند (شاید به این دلیل که چشم‌ها به راستی رشد ویژه بخش‌هایی از مغز هستند) و همه آن‌ها از اپسین‌های ^[۱] (پروتئین‌های حساس به نور) مشابه، هم‌چون یابنده نور در شبکیه خود استفاده می‌کنند. این ممکن است نمونه‌ای از فرگشت هم‌گرا ^[۲] ^[۳] باشد که در آن گونه‌های نامرتب، به یک راه حل مشابه می‌رسند، زیرا، از نظر فیزیکی یا شیمیایی، واقعاً تنها یک راه، برای حل مشکل وجود دارد. با این حال، ناهم‌گونی‌های زیادی بین دودمان‌های گوناگون وجود دارد که نشان دهنده نیازهای خاص سبک زندگی آن‌ها است. زنبورها و بسیاری از حشرات دارای چشم‌هایی هستند که به نور ماوراءبنفش حساس هستند (که ما نمی‌توانیم آن‌ها را ببینیم) زیرا بسیاری از گل‌ها، رنگ‌هایی در این طول موج دارند. یافتن چنین گل‌هایی در کل برای ما چندان جالب نیست، اما برای زنبورهای در جستجوی شهد، این امر ناهم‌گونی بین مرگ و زندگی است. به طور مشابه، چشم عقاب‌ها بسیار تیزتر از چشم‌های ما است و به آن‌ها این امکان را می‌دهد که هنگام پرواز، طعمه‌ها را در فواصل بسیار زیاد تشخیص دهند. چشمان ما، مانند همه بوزینه‌ها و میمون‌ها، بیش‌تر برای تشخیص نزدیک میوه‌ها، حالت‌های چهره افراد دیگر و شکارگران، سازگار است (اما فقط وقتی که به اندازه‌ای نزدیک شوند که مزاحم باشند).

[۷] این پدیده را "انالوژی = analogy" (در برابر "هومولوژی = homology") هم می‌گویند.

دو روش متمایز برای به کارگیری روی‌کرد دوم [برازش بالاتر برای جان‌دارانی که اندازه مناسبی از صفت مزبور را نشان می‌دهند] در شناسایی سازگاری‌ها وجود داشته است. یکی روی‌کردهایی است که خود داروین پیش‌گام آن بود: استفاده از داده‌های مقایسه‌ای برای تعیین میزان هم‌بستگی ^[۳] دو صفت با یک‌دیگر در گونه‌های گوناگون. در یکی از این بررسی‌ها، ناهم‌گونی اندازه بیضه‌ها، هم‌چون تابعی از سامانه آمیزشی در نخستین‌سانان مورد بررسی قرار گرفت تا این انگاره به آزمون گذاشته شود که آیا نرها در سامانه‌های آمیزشی ^[۴] بی‌نظم ^[۵] ^[۸] اسپرم بیشتری تولید می‌کنند (و از این رو برای این کار به بیضه‌های بزرگ‌تر نیاز دارند)؟ در سامان‌دهی‌های آمیزشی بی‌نظم، از آن‌جایی که نرها با رقبای بیش‌تری روبرو هستند، توانایی تولید اسپرم بیش‌تر، برای یک جانور نر، برتری می‌آورد، زیرا صرفاًظر از شمار نرهای دیگری که ممکن است با یک جانور ماده آمیزش کنند، احتمال این‌که اسپرم او، تخمک را بارور کند، بالا می‌برد. این منجر به تشدید مسابقه تسلیحاتی فرگشتی می‌شود که در آن افراد (یا گونه‌ها) به طور پیوسته اندازه برخی از صفت‌ها را افزایش می‌دهند تا از رقبای خود پیشی بگیرند. اگر به حال خود رها شود، مسابقه تسلیحاتی در نهایت منجر به ایجاد نرهای با سلاح‌ها یا بیضه‌های بزرگ می‌شود ^[۹]. این‌که این امر رخ نمی‌دهد به این دلیل است که همه چنین رشد‌هایی، پرهزینه هستند و در نهایت هزینه‌های فیزیولوژیکی

(1) Opsin.

(2) Convergent evolution.

(3) Correlation.

(4) Mating system.

(5) Promiscuous.

یا قابلیت مانور، از مزایای بازآوری، پیشی می‌گیرند. از نظر فنی، این به نام گزینش پایاساز^{1} شناخته می‌شود - به این ترتیب، اندازه‌های کوچک‌تر و بزرگ‌تر از میانگین، به دلیل کم‌تر رقابتی بودن و به دلیل هزینه زیاد آن‌ها، ناگزینش می‌شوند.

[۸] واژه "promiscuous" در محاوره به معنی "بی بند و بار" و "بی قید" به کار می‌رود. این معانی بار ارزشی منفی دارند که مبتنی بر نوعی از اخلاقیات است که مبنای زیست‌شناسانه ندارند، و ممکن است امروزه مورد قبول ما نباشند. بنابراین فعلاً از واژه "بی‌نظم" استفاده می‌کنم تا در آینده واژه به‌تری پیدا شود.

[۹] در تمال طول این کتاب، نویسنده، به طور نسبی، از مثال‌هایی که جوانان را به خنده و شوخی بیاندازد، زیاد استفاده می‌کند. استفاده از این شیوه در کلاس، برای جلوگیری از چرت زدن دانش‌جویان، معمول و مفید است. اما، در کتاب نویسی، تکرار چنین مثال‌هایی از تنوع موضوعی می‌کاهد.

این نوع تحلیل‌ها از این کم‌بود رنج می‌برند که فقط به هم‌بستگی دو صفت تکیه دارند. هم‌بستگی‌ها به ما اجازه نمی‌دهند که علت را استنباط کنیم^[۱۰] (که کدام صفت، برای چه صفت دیگری، گزینش می‌شود). با این حال، در حال حاضر برخی از روش‌های آماری بسیار پیچیده وجود دارند که اجازه می‌دهند سمت علیت را در این نوع تحلیل‌ها^{۲}، با تعیین ترتیب تغییر صفات در طول تاریخ فرگشتی تکسون‌ها^{۳} [۱۱]، آزمایش کند. این کار با استفاده از داده‌های مربوط به گونه‌های معاصر، برای بازسازی محتمل‌ترین رشته تغییرها، در صفات‌های مربوط به نیای مشترک آن‌ها، انجام می‌شود. البته این روش‌ها به دانستن دقیق نحوه ارتباط گونه‌ها با یک‌دیگر بستگی دارد، و بنابراین برای بازسازی تاریخچه تبارشناسی (تاریخ فرگشتی گروه‌های گوناگون گونه‌ها) به روش‌های معتبری نیاز دارد (به پرسش‌های ۳۰ و ۴۴ نگاه کنید)^[۱۲].

[۱۰] به طور سنتی، وجود "هم‌بستگی = correlation" دلیلی بر "علیت" نبوده و وجود هم‌بستگی به تنهایی دلیل بسنده به شمار نمی‌آمده است. اما و اما، دو نفر از سه نفر برنده "جایزه نوبل اقتصاد" سال ۲۰۲۱ مدعی هستند که در مدل‌هایی خاص، هم‌بستگی می‌تواند نشان از علیت داشته باشد. این جور مدل‌های آماری را "مدل‌های علی = causal model" می‌نامند. تا آن‌جا که من می‌دانم، مدل‌های علی را دونالد روبین (Donald Rubin) پروفیسور آمار در دانشکده پزشکی دانشگاه هاروارد (Harvard)، در زمینه اپیدمیولوژی بیماری‌ها بنیان گذاشت، که پس از آن ایمبنس (Imbens) و انگریست (Angrist) آن‌ها را در اقتصاد به کار بردند.

[۱۱] واژه "taxon"، یک واژه لاتین است که در انگلیسی به کار می‌رود. معمولاً این جور واژه‌ها با "s" انگلیسی جمع بسته نمی‌شوند. یعنی "taxon" مفرد است و جمع آن "taxa" است و نه چیز دیگر!

[۱۲] نویسنده در این جمله و جمله پیش چیزهایی گفته که "ظاهراً" همانند حرف‌های من در باره مدل‌های علی است. ولی نویسنده به مجموعه‌ای از روش‌های ژنتیک جمعیت که به نگره هم‌آمیختگی (coalescence theory) شناخته می‌شوند، اشاره دارد. واژه "coalescence" معنی یکی‌شدن و ادغام هم دارد. به طور خلاصه، نگره هم‌آمیختگی در پی این است که "خاستگاه احتمالی پراکندگی‌های امروز، در گذشته‌های دور" را نشان دهد.

{1} Stabilizing selection.

{2} Analysis.

{3} Taxon.

روش دیگر آزمایش روند سازگاری، که گاهی وقت‌ها به نام روش شمارش نوزاد ^(۱) نیز شناخته می‌شود، می‌پرسد آیا افرادی که شکل بزرگ‌تر یا به‌تری از صفت خاصی را دارند، در نتیجه آن صفت، برازش بالاتری دارند؟ آیا جانوران بزرگ‌تر، بیش‌تر از جانوران کوچک‌تر، در جمعیت زنده می‌مانند، یا مهم‌تر از آن، آیا فرزندان بیش‌تری تولید می‌کنند؟ پیترو و رزمیری گونت در بررسی خود در مورد فنچ‌های داروین نشان دادند که پرندگان با منقارهای سنگین‌تر یا کوتاه‌تر (منقارهای کوتاه‌تر قدرت بیش‌تری در هنگام گاز گرفتن دارند) می‌توانند، در صورت کم‌بود دانه، دانه‌های سخت‌تر را باز کنند، به طوری که احتمال زنده ماندن آن‌ها در دوران قحطی بیش‌تر بشود، و بتوانند بازآوری داشته باشند ^[۱۳] (به پرسش ۱۱ نگاه کنید). هم‌چنین آیا، در گونه‌های پستان‌داران مانند گوزن‌ها، یا برخی از بوزینه‌ها که در سامان‌دهی آمیزشی آن‌ها، نرها برای کنترل دست‌رسی به ماده‌های در سن باروری، مبارزه می‌کنند، نرهایی که در شکست دادن رقبا موفق‌تر هستند، فرزندان بیش‌تری را تولید می‌کنند؟ و آیا این نرها برای جنگیدن شاخ بزرگ‌تر یا دندان نیش بزرگ‌تر دارند؟

[۱۳] باید دقت کرد که اگر کم‌بود دانه به وجود نیاید، یا شمار حشرات خیلی زیاد باشد، ممکن است پرندگان با منقار بلند، ماندگاری و بازآوری بالاتری داشته باشند.

در برخی موارد، آزمون‌هایی از این دست را می‌توان به صورت آزمایشی انجام داد. یک مثال خوب توسط یک بررسی دیگر در پرندگان ارائه شده است. هدف از این آزمایش این بود که آیا دم‌های نیم متری جنس نر مرغ بیوه دم‌دراز آفریقایی ^(۲) به گونه‌ای طراحی شده‌اند که کیفیت نرها را برای جلب نظر ماده‌ها و ترغیب آن‌ها به آمیزش (مانند دم طاووس) افزایش می‌دهند؟ در یک بررسی آزمایشی که در زیستار [طبیعت] انجام شد، زیست‌شناس سوئدی، ملته اندرشون ^(۳)، به طور مصنوعی دم نرها را بلند یا کوتاه کرد. هنگامی که آن‌ها در زیستار رها شدند، نرهایی که دم‌شان بلندتر شده بود، شمار بیش‌تری ماده را، نسبت به نرهایی که دم آن‌ها تغییر نکرده بود، جلب کردند، در حالی که نرهایی که دم‌شان کوتاه شده بود، اگر چه می‌توانستند از گستره آمیزشی خود دفاع کنند، کم‌تر توانستند ماده‌ها را به خود جلب کنند. این مثال‌ها، مانند مثال‌های نمایش زیبایی در نرهای گونه‌های دیگر، در عمل، مثال‌های خوبی از گزینش جنسی است (به پرسش ۶ نگاه کنید)، به ویژه این واقعیت که [در واقع] ترجیح جانوران ماده است که عامل فرگشت این نوع صفت‌ها است.

یک جریان پژوهشی بسیار موفق بر کارایی تغذیه متمرکز بود، [که امروزه] به نام نگره کاوش خوراکی بهینه ^(۴) شناخته می‌شود. برای این کار می‌توان از روش‌های تجربی در آزمایش‌گاه، میدان و مشاهدات زیستارگرایانه ^(۵) استفاده کرد تا ببینند آیا جانوران مصرف انرژی خود را، هم‌چون تابعی از منابع موجود، بهینه می‌کنند یا خیر؟ پیش فرض آن بود که اگر گزینش زیستاری توانایی تصمیم‌گیری یک گونه را به طور دقیق تنظیم کرده باشد، جانوران خواهند توانست غنای منابع

(1) Baby counting.

(2) African widowbird.

(3) Malte Andersson.

(4) Optimal foraging theory.

(5) Naturalistic.

خوراکی خود را در برابر موجودی آن منابع، تنظیم کنند. در این صورت جانوران باید بتوانند خوراک‌هایی را که بازده انرژی آن‌ها، در برابر هزینه‌های تهیه و پردازش آن‌ها، درست در نقطه‌ای که آن منبع خوراکی، دیگر اقتصادی نیست، عوض کنند. از ریاضیات بهینه‌سازی ^{۱} در اقتصاد خرد ^{۲} (که خود از فیزیک آماری گرفته شده است) می‌توان برای پیش‌بینی‌های بسیار دقیق در مورد رفتار جانداران، استفاده کرد، که بسیاری از آن‌ها با یافته‌های تجربی تأیید شده‌اند. در واقع، سازگاری توانایی‌های تصمیم‌گیری جانداران، و بنابراین چه‌گونگی تنظیم ظرفیت این ظرفیت‌ها، توسط گزینش زیستاری، به خوبی نشان داده شده است.

گاهی وقت‌ها، ژنتیک مولکولی مدرن، روش‌های جدیدی برای آزمون سازگاری به ما ارائه می‌دهد. تا گونه‌مرگی ماموت‌ها در ۴۰۰۰ سال پیش، آن‌ها در دشت‌های بی‌درخت ^{۳} سیبری زندگی می‌کردند که در امتداد لبه جنوبی ورقه یخ قطب شمال قرار داشت. هر از گاهی، ماموتی در کولاک می‌مرد و در مقبره‌ای یخی محصور می‌شد، تا پس از آن با ذوب شدن یخ در اواخر قرن بیستم، هم‌چون یک نمونه کامل، در برابر دید عموم قرار گیرد. با استخراج دی‌ان‌ای از لاشه آن‌ها، می‌توان ناهم‌گونی‌های دی‌ان‌ای آن‌ها و فیل‌ها را که در عرض جغرافیایی استوایی زندگی می‌کنند، بررسی کرد. به نظر می‌رسد که ژن‌های هموگلوبین ^{۴} آن‌ها در چهار جای‌گاه مهم ^{۱۴} ناهم‌گون است. ناهم‌گونی در این چهار جای‌گاه باعث می‌شود که هموگلوبین ماموت به انتقال اکسیژن در دمای نزدیک به صفر ادامه دهد و هموگلوبین فیل در این شرایط یخ می‌زند. این همان چیزی است که به ماموت‌ها اجازه می‌داد زمستان‌های سیبری را به گونه‌ای زنده بمانند که فیل‌های مدرن هرگز نمی‌توانند انجام دهند ^{۱۵}.

[۱۴] در این جا مشخص نیست که منظور نویسنده از "ژن‌های هموگلوبین چیست؟ آیا چهار نوکلئوتید در دی‌ان‌ای مسئول ساخت هموگلوبین تغییر کرده‌اند و یا چهار اسید آمینه در ساختار هموگلوبین عوض شده‌اند؟

[۱۵] بعضی مطالب این بند، در مورد ناهم‌گونی هموگلوبین ماموت و فیل، بیش‌تر "داستان‌سرایی" و "حدس" است تا "دانش". زیرا کسی شمار زیادی فیل را به مناطق قطبی نبرده است تا مقاومت آن‌ها نسبت به سرما را بسنجد! وانگهی، سرمای محیط زیست ربطی به حرارت هموگلوبین خون ندارد. مگر هموگلوبین خون خرس قطبی یخ می‌زند؟

پرسش ۱۳ - چه‌گونه صفت‌های جدید پدید می‌آیند؟

اگرچه ناممکن نیست، اما معمولاً صفت‌های تازه به صورت کاملاً جدید ^{۵} (از هیچ) به وجود نمی‌آیند. در بیش‌تر موارد، آن‌ها با سازگاری یک صفت موجود به یک هدف جدید، بوجود می‌آیند. در این جا، دو مثال را نام می‌بریم.

^{۱} Optimization.

^{۲} Microeconomics.

^{۳} Tundra.

^{۴} Hemoglobin.

^{۵} De novo.

مثال اول، ریزاستخوان‌ها^[۱]، سه استخوان کوچک هستند که در گوش داخلی پستان‌داران یافت می‌شوند^[۱]. آن‌ها پرده گوش (ورقه نازک پوست در گوش بیرونی که با صداهای منتقل شده از طریق هوا ارتعاش می‌کند) را به حلزون گوش داخلی متصل می‌کنند، که این ارتعاشات را، برای ارسال به مغز، به نشانه‌های عصبی، تبدیل می‌کند و در نتیجه به ما امکان شنیدن صداها را می‌دهد. این سه استخوان کوچک با طول ۳ تا ۵ میلی‌متر کوچک‌ترین استخوان‌ها در بدن انسان هستند. آن‌ها از سه استخوان فک، در شبه‌خزندگان که نیاکان پستان‌داران بودند، نشأت می‌گیرند. فک پایینی در همه خزندگان از پنج استخوان، در هر سوی صورت، تشکیل شده که به شکل ضعیفی به هم چسبیده‌اند. از آنجا که خزندگان هنگام حرکت (به مارها فکر کنید) یا استراحت (به مارمولک‌ها یا تمساح‌ها فکر کنید) بیش‌تر فک خود را روی زمین می‌گذارند، صدا را از طریق فک خود می‌شنوند: ارتعاشات ناشی از حرکت جانوران دیگر، توسط استخوان فک از زمین گردآوری شده و به مغز، هم‌چون نشانه‌های شنیداری (صدا)، منتقل می‌شود.

[۱] سه ریزاستخوان گوش داخلی سندنایی، چکشی و رکابی خوانده می‌شوند.

هنگامی که پستان‌داران اولیه، از شبه‌خزندگان نیایی، فرگشت یافتند و با جویدن گیاهان سازگار شدند، به دندان‌هایی نیاز داشتند که محکم‌تر در فک جا داشته باشند - دندان‌های خزندگان دارای ریشه‌های کم عمق بوده و هنگامی که زیر فشار جویدن قرار بگیرند به راحتی از بین می‌روند. ریشه ژرف‌تر برای دندان، به نوبه خود به فکی نیاز داشت که قوی‌تر بوده و کم‌تر مستعد پیچ خوردن باشد. برای حل این مشکل، اولین پستان‌داران، دو استخوان بخش جلویی فک را سازگاری دادند، آن‌ها را با هم ادغام کرده و برای نگه‌داشتن دندان‌های دائمی تقویت کردند. سپس سه استخوان در انتهای دیگر (جمع‌همه) زائد شدند، اما کارکرد ثانویه آن‌ها (شنوایی)، مستعد آن بود که، پس از کوچک شدن استخوان‌ها، بخشی از سامان‌دهی شنوایی را، به نام ریزاستخوان‌ها، تشکیل دهند. مانند نیاکانمان خزندگان، ما هنوز از طریق "فک" خود می‌شنویم^[۲].

[۲] دوست نازنینی به نام "ب س" می‌گوید: دلیل دیگری که استخوان‌های فک که برای شنیدن صدا بوده، تغییر یافته و به استخوان‌های گوش تبدیل شده‌اند [از این قرار است]: بعضی‌ها فقط صدا و حرف (فک) خودشان را قبول دارند و هیچ حرف دیگری را گوش نمی‌دهند و قبول ندارند!!!!؟؟؟

مثال دوم، نحوه کارکرد گزینش زیستاری در ایجاد سازگاری صفت‌ها، استفاده از هورمون‌ها است. هورمون اکسی‌توسین^[۳] که یک نوروپپتید^[۳] است، توجه زیادی را به نام "هورمون عشق" به خود جلب کرده است، زیرا به نظر می‌رسد در تسهیل اعتماد، و پیوندهای مرتبط با روابط عاشقانه، نقش بسیار دارد. در واقع، این هورمون عصبی مفید، بسیار قدیمی است، زیرا در ماهیان برای مدیریت هم‌ترازی آب بدن، در محیطی که لازم بود از جذب بیش از حد آب، توسط بافت‌های بدن جلوگیری شود، فرگشت یافته است. هنگامی که برخی از ماهی‌های نخستین سرانجام به خشکی رو آوردند و خزندگان و دوزیستیان را به وجود آوردند، اکسی‌توسین هم‌چنان به همین منظور

^[۱] Ossicle.

^[۲] Oxytocin.

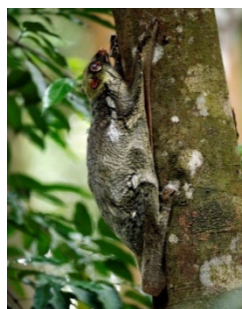
^[۳] Neuropeptide.

خدمت می‌کرد - هر چند که نقش بالا نگه داشتن میزان مایع بدن در محیطی خشک را عهده‌دار شد. پس از آن، هنگامی که اولین پستان‌داران فرگشت یافتند، اکسی‌توسین کاربرد مهم دیگری را نیز به دست آورد: حفظ میزان مایعات بدن، در برابر از دست رفتن آب در دوران شیردهی. از این‌جا، گزینش زیستاری، اکسی‌توسین را برای تسهیل پیوند مادر با نوزاد سازگار کرد تا از تمایل مستمر برای تأمین شیر و محافظت از نوزاد اطمینان حاصل شود. و از این‌جا، برای تسهیل پیوندهای جفتی (رابطه "عاشقانه" بین والدین) در گونه‌های تک‌جفتی^{1}، سازگاری داده شد تا اطمینان حاصل شود که نوزادانی برای شیردهی وجود دارند^[3]!

[3] یکی از هشدارهایی که باید درباره مباحث فرگشتی، و مخصوصاً سازگاری، مرتب تکرار کرد این است که از "داستان‌سرایی" پرهیز کنید. اکثر این داستان‌سرایی‌ها زیبا هستند، ولی برای آن‌ها، به‌اندازه، دلیل و نشانه وجود ندارد. معمولاً برای رشته استدلالی که در داستان‌سرایی‌ها می‌آید، ۱۰۰ سوراخ وجود دارد که آن‌ها را با هیچ چیزی نمی‌توان پر کرد! مهم است تأکید کنم که ما، هم‌چون سخن‌گویان این موجود بی‌زبان، که نامش دانش باشد، جواب بیش‌ترین سوالات را نداریم. برای هر سوال دانشیک، تکرار می‌کنم، برای هر سوال دانشیک، اولین جواب این است که: "نمی‌دانیم! ولی حدسیاتی داریم!" اگر کسی می‌خواهد جواب همه سوالات را فوری و فوری بداند، می‌تواند به یکی از مذهب‌ها یا ایدئولوژی‌ها، که خوش‌بختانه (!) شمارشان هم کم نیست، مراجعه کند.

در واقعیت، راه‌های زیادی برای دستیابی به یک هدف وجود دارد، بنابراین سازگاری‌های گوناگونی برای رسیدن به هدفی یک‌سان می‌تواند وجود داشته باشد. شکل مشابه ماهی‌ها و پستان‌داران دریایی مانند دلفین‌ها، به‌رغم این‌که با بدن‌هایی با شکل و ساختار بسیار ناهم‌گون شروع شده‌اند، نشان دهنده سازگاری با نیازهای شای کارآمد است. به طور مشابه، بال حشرات پرنده، پرندگان و خفاش‌ها همه به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوانند پرواز کارآمد را انجام دهند، هر چند که به روش‌های گوناگون، که خاست‌گاه کالبدشناسانه گونه‌های گوناگون را نشان می‌دهد. در کولوگو^{2} [4] (یا لمورهای پرنده) و دیگر پستان‌داران پروازی، همین کار به صورت نصفه‌نیمه انجام شده، زیرا با کشیدن یک لایه از پوست بین بازو و ساق در هر سوی بدن، برای ایجاد یک سطح پروازی، می‌توانند به طور موثر در فاصله‌های تا ۱۰۰ متر پرواز کنند^[5].

[4] تصویری از کولوگو (لمور پرنده).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7627076>

[5] مثال‌های این بند، نمونه‌هایی از پدیده "انالوژی = analogy" (در برابر "هومولوژی = homology") هستند.

{1} Monogamous.

{2} Colugo.

پرسش ۱۴ - آیا هم‌گونی یک سازگاری است؟

هم‌گونی^(۱) به مواردی اطلاق می‌شود که در آن گونه‌ای ظاهر خود را با ظاهر گونه دیگر، سازگار می‌کند. هم‌گونی را می‌توان نمونه‌ای غیرعادی از فرگشت هم‌گرا دانست (به پرسش ۱۳ نگاه کنید). آشناترین مواردی که زیست‌شناسان و زیست‌شناسان^(۲) را بیش از ۱۵۰ سال مجذوب خود کرده است، مواردی است که در آن برخی از گونه‌های کاملاً خوش طعم، همانند گونه‌ای هستند که بسیار سمی است. این پدیده به هم‌گونی بیتزی^(۳) معروف است. نمونه‌های آن شامل بسیاری از گونه‌های پروانه‌های خوش طعم هستند که همانند پروانه‌های سمی هلیکونیوس^(۴) شده‌اند. با توجه به این که شمار پروانه‌های خوش طعم، [از شمار] پروانه‌های سمی کم‌تر است، احتمالاً ابتدا [جانوری] شکارگر، پروانه سمی را امتحان کرده و پس از آن، از گرفتن هر پروانه دیگری که حتی کمی همانند آن به نظر برسد، خودداری می‌کند. اگر شمار [پروانه‌های] هم‌گون‌ها زیاد شود، این راه‌برد دیگر کار نمی‌کند، زیرا یک شکارگر ساده لوح، پیش از امتحان یک نوع سمی، با بسیاری از هم‌گون‌ها برخورد می‌کند. نمونه‌های عجیب‌تر شامل اختاپوس‌های جنس ترموکتوپوس^(۵) است که وقتی شکارگر به آن‌ها نزدیک می‌شود، می‌توانند شکل و رنگ بدن خود را همانند مار دریایی یا شیرماهی کنند که هر دو بسیار سمی هستند. گیاه معروف به پیچک آفتاب پرست^(۶) این توانایی را دارد که شکل و رنگ برگ‌های خود را (که بسیار خوراکی هستند) تغییر دهد تا همانند گیاهان میزبان خاصی باشد که به آن چسبیده‌اند تا توجه گیاه‌خواران را از خود منحرف کند^(۷).

[۱] هم‌گونی بیتزی، منتسب به هنری والتر بیتز (Henry Walter Bates).

[۲] امیدوارم این مثال آخر که درباره یک گیاه بود، به خوبی مشخص کرده باشد که در هیچ یک از موارد پیشین هم، "قصد و اراده" در بین نیست. بنابراین، یک واکنش فیزیولوژیک را که طی فرگشت به وجود آمده، نباید به "قصد و اراده" یک فرد منتسب کرد. تغییر رنگ و شکل در یک اختاپوس همان قدر از روی "قصد و اراده" است، که رنگ پریدگی انسان در هنگام ترس و یا سرخ شدن هنگام سرما.

یک نوع هم‌گونی، هم‌گونی میولری^(۷) [۳] است، که در آن دو گونه سمی همانند هم‌دیگر می‌شوند. این امر به آن‌ها اجازه می‌دهد از یک‌دیگر استفاده کنند: اگر یک شکارگر ساده لوح یکی را امتحان کند و آن را بدمزه بداند، از دیگری نیز اجتناب می‌کند. در بسیاری از این موارد، از رنگی روشن مانند قرمز یا نارنجی هم استفاده می‌شود که باعث می‌شود به راحتی قابل مشاهده باشد. پروانه‌های پادشاه و شه‌بانو (نایب السلطنه)^(۸) [۴] چنین وضعیتی دارند. پروانه‌های شه‌بانو یک قدم از این هم پیش‌تر رفته‌اند و زیرگونه‌ای همانند گونه‌های پروانه‌های داناوس^(۹) دارند

(۱) Mimicry.

(۲) Biologist.

(۳) Batesian mimicry.

(۴) Heliconius.

(۵) Thermoctopus.

(۶) Chameleon vine.

(۷) Müllerian.

(۸) Monarch and viceroy butterflies.

(۹) Danaus.

(پروانه‌های دانائوس عادت به خوردن استبرق صحرایی^{۱} دارند که آن‌ها را برای بیشتر شکارگران بسیار سمی می‌کند.

[۳] هم‌گونی میولری منتسب به فریتز میولر (Fritz Müller).

[۴] تصویری از دو پروانه پادشاه (دست چپ) و شهبانو (دست راست).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3611141>

یک شکل نامعمول، خودهم‌گونی^{۲} [۵] است، که در آن یک بخش از بدن یک جان‌دار، همانند بخش دیگر بدن است (بیش‌تر دم، همانند سر است). این طرح، شکارگران را به سمت حمله به دم متمرکز می‌کند، تا به سر، که آسیب‌پذیرتر است. به این صورت، این امکان فراهم می‌شود که جان‌دار حتی با از دست دادن دم، امکان فرار داشته باشد. جغد کوتوله^{۳} دارای لکه‌ای همانند چشم در پشت سر است، احتمالاً برای این که شکارگران خود را گمراه کند که تصور کنند توسط جغد دیده شده‌اند، زیرا اکثر شکارگران به خود زحمت حمله به جانوری که آن‌ها را دیده است، نمی‌دهند، زیرا با از دست دادن مزیت غافل‌گیری، بعید است بتوانند طعمه را بگیرند. کرم‌های شب‌پره شاهین^{۴} نیز دارای لکه‌ای همانند چشم در بخش پایانی^{۵} [۶] بدن خود هستند. هنگامی که احساس خطر می‌کنند، سر خود را جمع می‌کنند تا شکارگر "چشم"های بزرگ آن‌ها را ببیند. شکارگر با تصور این که طعمه‌ای با آن چشم‌ها، باید بسیار بزرگ باشد، جا می‌زند و به دنبال طعمه‌ای می‌رود که راحت‌تر بتواند از عهده آن برآید.

[۵] در فارسی (automimicry) را "خود تقلیدی" هم می‌گویند.

[۶] واژه "پایانی" (terminal) مرا به یاد واژه‌های "قدامی" (anterior) و "خلفی" (posterior) انداخت که می‌توان از واژه‌های "پیشین" و "پسین" برای آن‌ها استفاده کرد.

شاید "بی‌شرمانه‌ترین" شکل هم‌گونی آن است که در برخی از گیاهان دیده می‌شود که گل‌های آن‌ها طوری طراحی شده است که همانند اندام‌های جنسی ماده طعمه مورد نظرشان است. این

^{1} Milkweed.

^{2} Automimicry.

^{3} Pygmy owl.

^{4} Hawk moth.

^{5} Terminal.

شکل از هم‌گونی به هم‌گونی شبه‌جفتگیری^{۱} (یا هم‌گونی پوینی^{۲} [۷]) معروف است و در بعضی ارکیده‌ها، که بخش‌هایی از گل آن‌ها همانند ماده زنبور عسل^{۳} و زنبور معمولی^{۴} است که گرده افشان اصلی گیاهان هستند، دیده می‌شود. وجود چنین شکل‌هایی، گرده افشان‌ها را ترغیب می‌کند تا به سراغ آن‌ها رفته و نه به سراغ گونه‌های دیگر گیاهان، و بنابراین احتمال انتقال گرده از یک گل به گل دیگر از همان گونه را بیش‌تر می‌کند.

[۷] هم‌گونی پوینی منتسب به Maurice-Alexandre Pouyanne.

استتار^{۵}، که جانور برای جلوگیری از توجه شکارگران، همانند پس زمینه می‌شود، نیز نوعی هم‌گونی است. برخی از شته‌ها، خار یا برگ را هم‌گونی می‌کنند تا از تشخیص [توسط] شکارگران جلوگیری شود. شکارگران کمینی^{۶} مانند آفتاب‌پرست^{۷}، آخوندک^{۸}، و عقرب‌ماهی شیطانی^{۹} همگی، به راه‌های گوناگون، از استتار استفاده می‌کنند تا طعمه‌هایی را که متوجه آن‌ها نشده‌اند را بگیرند. بسیاری از پهن‌ماهی‌های^{۱۰} بسترزیست^{۱۱} مانند ماهی دیل^{۱۲} [۸] و حتی کوسه ریشو^{۱۳}، وقتی روی بستر شنی قرار می‌گیرند، باله‌های خود را تکان می‌دهند تا ماسه را روی خود پراکنده کنند تا به‌تر در محیط مخفی شوند.

[۸] ماهی دیل (plaice) به نام ماهی پهن و ماهی پیچ هم شناخته می‌شود.

مشهورترین مثال استتار از هم‌گونی، به پروانه فلفلی^{۱۴} [۹] مربوط است. پیش از سال ۱۸۱۱، پروانه فلفلی فقط در یک شکل با رنگ روشن وجود داشت. پس از شروع انقلاب صنعتی و فراوانی سوزاندن زغال سنگ در بریتانیا، شمار زیادی از اشکال تیره پروانه فلفلی در پیرامون شهرهای اصلی صنعتی شمال انگلیس یافت شد. در سال ۱۸۹۵، بسامد شکل‌های با رنگ روشن فقط ۲٪ بود. در یک آزمایش کلاسیک میدانی که در دهه ۱۹۵۰ انجام شد، برنارد کتلول^{۱۵} نشان داد که، کم‌تر احتمال دارد که پرندگان، پروانه‌های جهش یافته تیره را در درختان آلوده به دوده، در نواحی صنعتی شمال انگلیس پیدا کنند، در حالی که در هوای تمیز جنوب غربی انگلستان، پروانه‌های تیره‌تر خودنمایی کرده و توسط پرندگان، بیش‌تر گرفته می‌شدند تا پروانه‌های رنگ‌پریده^۱. در واقع،

{1} Pseudocopulation mimicry.

{2} Pouyanne mimicry.

{3} Bee.

{4} Wasp.

{5} Camouflage.

{6} Ambush predators.

{7} Chameleon.

{8} Praying mantis.

{9} Devil scorpionfish.

{10} Flatfish.

{11} Bottom-living.

{12} Plaice.

{13} Wobbegong.

{14} Peppered moth.

{15} Bernard Kettlewell.

فشار شکارگران، و تشخیص‌پذیری در پس زمینه، بود که منجر به تغییر فرگشتی شد و یک مثال قانع کننده از استتار و سازگاری داروینی را ارائه داد.

^۱ در طول دهه ۱۹۶۰ چندین تلاش برای بدنام کردن کتلول (از جمله متهم کردن وی به کلاهبرداری) انجام شد، که باعث خوشحالی خلقت‌گرایان شد که "خنثی سازی" آزمایشات کتلول را دلیلی قطعی علیه داروینیسم می‌دانستند. با این حال، یک بررسی دراز و بسیار دقیق میدانی و آزمایش‌گاهی در طول دهه ۲۰۰۰ توسط ژنتیک‌دان کمبریجی، مایکل ماجروس^{۱}، نتیجه گیری کتلول را کاملاً تایید کرد.

[۹] تصویری از رنگ‌های گوناگون در سه پروانه فلفلی روی یک درخت با تنه روشن رنگ.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1855638>

پرسش ۱۵ - اندام‌های بازمانده‌ایی^[۱] در مورد فرگشت به ما چه می‌گویند؟

اندام‌های بازمانده‌ایی^{۲} اندام‌هایی از بدن هستند که در برخی از دودمان‌ها به اندازه چشم‌گیری کاهش یافته‌اند تا جایی که دیگر هیچ کاربردی ندارند. چنین اندام‌هایی بینش‌های شگفت‌انگیزی در مورد فرگشت، و هم‌چنین سندی قانع کننده برای فرگشت فراهم می‌کنند، زیرا برای توضیح وجود آن‌ها هیچ راهی وجود ندارد مگر این‌که از نیاکانی به ارث رسیده باشند که این اندام‌ها، پیش از این، در آن‌ها کارکرد مفیدی داشته‌اند^[۲]. و اکنون آن‌ها هیچ کاربردی ندارند، و حتی گاهی وقت‌ها دست و پا گیر هم هستند، مثل یک خاطره خیال‌انگیز از زمانی دور.

[۱] واژه vestigial را در فارسی "دهلیزی" هم گفته‌اند.

[۲] در پرسش ۷، پانوش^[۳]، در این مورد توضیح داده‌ام.

در برخی موارد، وقتی که دودمانی شیوه جدیدی از زندگی را اتخاذ می‌کند، اندامی اصلی از بین می‌رود یا اندازه آن بسیار کاهش می‌یابد، زیرا دیگر نیازی به آن وجود ندارد، مانند وقتی که خانواده نهنگ‌ها از خشکی به دریا رفتند. در بسیاری از این موارد، هنوز می‌توان آثار اندام‌های قدیمی را مشاهده کرد. هم‌چون نمونه می‌توان به استخوان‌های کوچک و منفصل ساق پا که هنوز در بدن نهنگ‌های بالیین^{۳} [۳] وجود دارند، و یا به بال‌های بسیار کوچک ایمو^{۴} و شترمرغ که اکنون

^{۱} Michael Majerus.

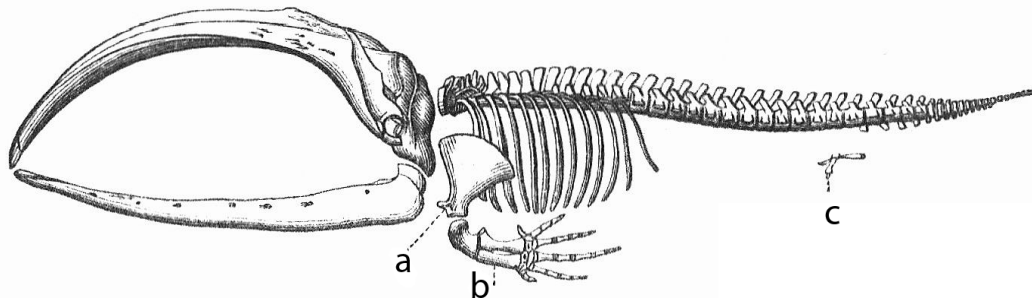
^{۲} Vestigial organs.

^{۳} Baleen whales.

^{۴} Emu.

دیگر نمی‌تواند پرواز کند، اشاره کرد. مثال‌های دیگر عبارتند از: انگشتان بازمانده‌ای پای اسب (یادآور نیای چهار انگشتی اسب) (به پرسش ۷ نگاه کنید)، چشم‌های کورموش^{۱} و ماهی‌های زیرزمینی که در تاریکی زندگی می‌کنند، و هم‌چنین سیخک‌های کوچکی که در دو سوی مجرای دفعی مار پایتون^{۲} و بوآ^{۳} قرار دارند و بخشی از بازمانده لگن هستند.

[۳] نهنگ‌های بالین (baleen whales) گروه بزرگی از نهنگ‌ها هستند که شامل شمار زیادی گونه است. تصویری از استخوان‌بندی یک نهنگ بالین را در زیر ببینید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2134392>

انسان‌ها دارای شماری اندام بازمانده‌ای، مانند استخوان دنبالچه هستند که در بخش پسین ستون فقرات ما قرار دارند (که البته از این نظر همانند میمون‌ها هستیم) و پلیکا سملوناریس^{۴} (بقایای چشمکی غشایی که "پلک سوم" را در پرندگان و خزندگان تشکیل می‌دهد و کارکرد آن‌ها محافظت از کره چشم بدون انسداد بینایی است). استخوان دنبالچه در هنگام زمین افتادن بد جور، یا در موارد نامعمول زایمان، می‌تواند دچار درد فراوان شود. تصور می‌شود که آپاندیس^{۵} (کیسه‌ای به درازای حدود ۹ سانتی‌متر در محل اتصال روده‌های کوچک و بزرگ) زائده‌ای از روده کور^{۶} باشد که در برخی نخستی‌سانان، باکتری‌های مورد نیاز در هضم برگ‌ها را در آن جای می‌دهند (این توضیح اولین بار توسط خود داروین ارائه شده است).

پدیده‌ای که به آن مورمور شدن یا سیخ شدن موها^{۷} گفته می‌شود، چیزی است که، از توانایی ما در بالا بردن موهای بدن مان، باقی مانده است (هم‌آن‌طور که سگ‌ها و شامپانزه‌ها هنگام تهدید موهای پشت خود را بالا می‌برند): ماهیچه‌های کوچک در پیرامون فولیکول‌های مو هنوز می‌توانند منقبض شده و باعث شوند پوست، چین‌های نازکی بخورد که مو را سیخ کند، حتی اگر موی [زیادی] برای سیخ شدن وجود نداشته باشد. بسیاری از بازتاب‌هایی^{۸} که به طور مختصر در نوزادان تازه متولد شده مشاهده می‌شود، خاستگاه مشابهی دارند: بازتاب میهوت‌کننده چنگ زدن که به نوزاد تازه متولد شده امکان می‌دهد با گرفتن دو انگشت بزرگ سالان (رفلکس چنگ

^{۱} Mole.

^{۲} Python.

^{۳} Boa.

^{۴} Plica semilunaris.

^{۵} Appendix.

^{۶} Cecum.

^{۷} Goosebump.

^{۸} Reflex.

زدن) خود را آویزان نگه دارد، و همچنین بازتاب وحشت یا مورو^[۱] (دراز کردن دستان رو به جلو، هنگامی که یک نوزاد تازه متولد شده به آرامی در حال افتادن به پشت باشد)، هر دو از این واقعیت نشأت می‌گیرند که همه بوزینه‌های دنیای قدیم و میمون‌ها، نوزادان خود را زیر شکم خود حمل می‌کنند، در حالی که نوزاد با چنگال آهنین، خود را روی پشم مادر نگه می‌دارد. این بازتاب‌ها به طور عادی هنگامی که نوزاد چند هفته سن دارد، ناپدید می‌شوند.

دندان‌های عقل (دندان سوم آسیا، که نسبتاً کوچک است، و در پسین هر یک‌چهارم فک^[۴] قرار دارند) نمونه دیگری از اندام‌های بازمانده‌ای است: اندازه آن‌ها بسیار کاهش یافته است و در برخی از جمعیت‌ها اصلاً وجود ندارند (برای مثال، مکزیکی‌های اصیل^[۵]، که غیبت کامل دندان‌های عقل در آن‌ها به تنها به دو ژن مرتبط است). به طور کلی اگر دندان‌های عقل ظاهر شوند، فقط در اواخر نوجوانی یا اوایل ۲۰ سالگی ظاهر می‌شوند (از این رو، ارتباط مفروض آن‌ها با دستیابی به خرد) - یک سازگاری است که در بسیاری از پستان‌داران برای افزایش طول عمر دندان آسیا، به خاطر تکیه بر رژیم خوراکی گیاهی زمخت، که نیاز به جویدن زیادی دارد، به وجود آمده است. (فیل‌ها این امر را به نهایت رسانده‌اند: به دلیل رژیم خوراکی بسیار زمخت‌شان، آن‌ها فقط یک دندان آسیا در هر یک‌چهارم فک دارند و هر کدام از دندان‌های آسیا، به محض فرسوده شدن بیرون می‌آید تا جای خود را به دندان آسیای پس از آن بدهد). از بین رفتن این دندان‌ها نشان دهنده تغییر فرگشتی در رژیم خوراکی انسان در اواخر تاریخ فرگشتی ما است که تأکید کم‌تری بر آسیا کردن زیاد خوراک دارد. به همین دلیل، دندان عقل مشکل‌های زیادی برای ما ایجاد می‌کند: با بیرون آمدن دندان‌های مجاور به راحتی به آن‌ها فشار وارد می‌آید که منجر به درد قابل توجهی می‌شود و همچنین احتمال پوسیدگی، در اثر فساد مواد خوراکی در پیرامون آن‌ها، بالا است.

[۴] "ربع فک" را "یک‌چهارم فک" نوشتیم!

[۵] "مکزیکی‌های اصیل"، واژگان به کار رفته در متن را که "Mexican Indians" باشد، نژادپرستانه می‌دانند. خود واژه "Indian"، اگر در معنای "هندی‌ها" به کار نرود، در فارسی به "سرخ پوست" برگردانده می‌شود که باید بسیار نژادپرستانه قلمداد شود. در مورد نخستین ساکنان قاره آمریکا، واژگان جاافتاده "Native American" وجود دارد. من فعلاً در غیبت واژه مناسب‌تر، از واژه "اصیل" استفاده خواهم کرد تا واژه به‌تری پیدا کنم.

همه اندام‌های بازمانده‌ای بدون کارکرد نیستند. در برخی موارد، آن‌ها ممکن است با اهداف جدید سازگار شده (یا به‌تر است بگوییم، کهنه‌سازگاری^[۲] [۶] شده‌اند)، بیش‌تر تغییر شکل داده و تغییر مکان داده‌اند. معروف‌ترین مثال، که پیش از این ذکر شد (به پرسش ۱۳ نگاه کنید)، ریزاستخوان‌های گوش داخلی (سه استخوان کوچک گوش که در عمق گوش داخلی ما دفن شده‌اند) هستند، که از بازسازی استخوان فک خزندگان ناشی می‌شوند. بال پنگوئن‌ها مثال دیگری است: دیگر نمی‌توان از آن‌ها برای پرواز استفاده کرد، اما به خوبی برای شنا، سازگاری یافته‌اند. شکاف‌های آبشش (یا قوس‌های حلقی^[۳]) که به طور مختصر در مراحل نخستین رشد جنین جوجه‌ها و انسان‌ها ظاهر می‌شوند، احتمالاً نمونه‌های دیگری هستند: آن‌ها به سرعت به فک و

[1] Moro.

[2] Exapted.

[3] Pharyngeal arches.

گردن تبدیل می‌شوند. از آن‌جا که موقعیت و شکل آن‌ها همانند آن چیزی است که در جنین ماهی وجود دارد، و باعث ایجاد آبشش‌هایی می‌شود که به ماهی‌ها اجازه می‌دهد در آب تنفس کنند، پیش‌نهاد شده است که آن‌ها بخشی از میراث زیست‌شناسانه ما هستند که به نیاکان ماهیان و ما برمی‌گردد [۷].

[۶] واژه "exapted" از واژه "exaptation" می‌آید که به نوبه خود ترکیب و کوتاه شده "ex adaptation" است.

[۷] در پرسش ۷، پانویست [۳]، در مورد recapitulation نوشته بودم.

از آن‌جایی که اندام‌های بازمانده‌ای واقعی هیچ کاربردی ندارند، بسیار دشوار است که وجود آن‌ها را توضیح دهیم، مگر آن‌که [بگوییم] از نیاکانی، که [این اندام‌ها] پیش از این برای آن‌ها مفید بوده، به ارث رسیده باشند. این اندام‌ها همچنین، سندی قوی علیه این ادعا هستند که جهان، آن‌طور که ما می‌بینیم خلق شده است. هیچ خالق دانای کامل که با یک لوح نانوشته شروع کرده باشد، هرگز این رویا را در سر نمی‌پروراند که اندام‌هایی بیش‌تر بی‌هوده و گاه ناخوشایند را در تمام گونه‌هایی که طراحی کرده، وارد کند، که باعث مشکل‌هایی می‌شوند که برخی مواقع آپاندیس و دندان عقل برای ما ایجاد می‌کنند^۱.

^۱ اگرچه برخی از پیشگامان برجسته مسیحی در قرن نوزدهم ادعا می‌کردند که خداوند چنین اندام‌هایی را برای فریب دانش‌مندان ساده لوح در خلقت گنجانده است - اما باید گفت که در هیچ یک از کتب مقدس ابراهیمی گفته نشده که خداوند در کار شوخی‌های عملی است. حتی در این صورت، می‌توان تصور کرد که تنها یک شوخی از این دست بسنده باشد. افزون بر این، به نظر می‌رسد، اگر کسی نگره فرگشت را مطرح نکرده بود، نزدیک به ۶۰۰۰ سال صبر اجباری از تاریخ شروع خلقت در سال ۴۰۰۴ پیش از میلاد، برای به ثمر نشستن این شوخی، محتاج صبر و شکیبایی قابل توجه و همچنین اتلاف وقت بسیار پیچیده‌ای، از سوی خالق است [۸].

[۸] گویا این نویسنده خیلی دوست دارد سر به سر آدم‌های مذهبی بگذارد و با آن‌ها سرشاخ شود! به هر رو، داستان‌های خلقت در کتاب‌های مقدس، از هر نوعی که باشند، و حتی انواع جدید آن‌ها، مانند طراحی هوش‌مندانه (intelligent design)، در توضیح چنین پدیده‌هایی وافی‌مانند.

پرسش ۱۶ - فرگشت با چه سرعتی رخ می‌دهد؟

سرعت فرگشت، به فشارِ گزینش بستگی دارد. این، به نوبه خود، بیش‌تر به تغییرهای گسترده آب و هوای زمین بستگی دارد (به پرسش ۱۷ نگاه کنید). میزان تأثیرپذیری جانوران و گیاهان از تغییرهای آب و هوایی به محل زندگی آن‌ها بستگی دارد. زیست‌گاه‌های اقیانوسی و به ویژه آن‌هایی که در ژرفای زیاد هستند، نسبتاً کم‌تر زیر تأثیر تغییرهای آب و هوای سطح قرار می‌گیرند. به همین دلیل، گونه‌هایی که در اعماق اقیانوس زندگی می‌کنند، تغییرهای فرگشتی کم‌تری را تجربه می‌کنند. برای مثال، کوسه‌های مدرن از نظر شکل و طرح بدن تقریباً همانند کوسه‌های فسیلی ۱۰۰ میلیون سال پیش هستند. در واقع، قدیمی‌ترین اعضای خانواده کوسه‌ها، ۴۰۰ میلیون سال پیش، مدت‌ها پیش از آن که گیاهان یا جانوران روی سطح زمین پیدا شوند، وجود داشته‌اند.

در موارد دیگر، وقتی که جانداران در برابر میزان شدیدتر گزینش قرار می‌گیرند، فرگشت می‌تواند بسیار سریع باشد. برآورد بسیار تقریبی این است که حدود ۱۰۰۰ نسل طول می‌کشد تا صفتی تازه در گونه‌ای گسترش یابد و به یک قاعده تبدیل شود. برای انسان‌ها، با طول نسل [۱] دراز (زمان بین تولد شما و تولد فرزندان خودتان [۲]) حدود ۲۵ سال، این برابر ۲۵۰۰۰ سال است. اما در مورد ویروسی که می‌تواند صدها نسل در روز داشته باشد، ممکن است به اندازه یک یا دو هفته باشد.

[۱] نویسنده در این جا از "generation length" استفاده کرده. اما، واژگان جافتاده دانشیک "generation interval" است که می‌تواند به "بازه نسلی" برگردان شود.

[۲] اشتباه نویسنده را که به جای تعریفی "جمعیتی"، یک تعریف "فردی" داده، بر او ببخشید. تعریف به‌تر این است: "میانگین سن والدین در یک جمعیت، هنگام تولد فرزندان در آن جمعیت".

وقتی فشار گزینش به‌اندازه قوی باشد، صفت‌ها می‌توانند به سرعت فرگشت یابند. خرس‌های قطبی و خرس قهوه‌ای ارتباط تنگاتنگی با هم دارند، خرس قطبی از جمعیت خرس‌های قهوه‌ای فرگشت یافته است که تنها ۲۰ هزار سال پیش، در اوج آخرین یخبندان، در شرق سیبری منزوی شدند. ناهم‌گونی‌های چشم‌گیر ظاهری بین این دو گونه و توانایی خرس قطبی در شنا و مقاومت در برابر سرمای شدید قطب شمال باید در یک دوره نسبتاً کوتاه، که طی آن جمعیت، زیر فشار گزینشی بسیار شدید قرار داشته، ایجاد شده باشد.

مثال دیگر، توانایی برخی از انسان‌ها در هضم شیر در بزرگسالی است. در اکثر پستانداران، از جمله انسان‌ها، توانایی تجزیه و هضم قندهای لاکتوز موجود در شیر معمولاً [مدتی پس] از شیرگرفتن نوزادان، معمولاً در حدود چهار سالگی در جمعیت‌های پیشاکشاورزی، از بین می‌رود. در نتیجه، هم کودکان و هم بزرگسالان اکثر اقوام [۳] بشری از عدم تحمل لاکتوز رنج می‌برند: نوشیدن شیر خام باعث استفراغ و اسهال، و در صورت مصرف زیاد، حتی مرگ می‌شود. ظرفیت تحمل شیر خام در بزرگسالی منحصر به قفقازی‌ها (۱) (اروپایی‌ها) [۴] و برخی از گله‌داران مانند فولانی‌های (۲) غرب آفریقا و ماسایی‌ها (۳) و قبایل شرق آفریقا (که همگی ممکن است خاستگاه مدیترانه‌ای داشته باشند) است [۵]. سرچشمه آن باید از جمعیت نیایی اروپاییان باشد، زمانی که آن‌ها، گاو را حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش اهلی کردند. نیاز به توانایی نوشیدن شیر در بزرگسالان زمانی ضروری شد که این جمعیت به اروپا وارد شدند، که به علت میزان پایین نور، سنتز ویتامین د (D) را برای پوست مشکل می‌کرد، که آن هم به نوبه خود بر جذب کلسیم تأثیر می‌گذارد (به پرسش ۶۸ نگاه کنید). شیر منبعی مناسب برای هر دو بود - به شرطی که بتوانید لاکتوز موجود در آن را تحمل کنید. تحمل لاکتوز نشان دهنده سازگاری خاصی با یک مشکل کاملاً ناهم‌گون است که جمعیت‌های انسانی در تلاش برای زندگی در عرض‌های جغرافیایی بالا با آن روبرو هستند - و این مثال خوبی است از این‌که چه‌گونه گاهی وقت‌ها روندهای زیست‌شناسانه می‌توانند به هم پیوسته باشند.

(۱) Caucasian.

(۲) Fulani.

(۳) Maasai.

[۳] واژه اصلی در متن "races" بود که به اقوام برگرداندم. من اگر جای نویسنده بودم، به جای "races"، که مبنای ژنتیکی ندارد، از جمعیت‌ها "populations" استفاده می‌کردم.

[۴] "Caucasians" واژگانی است که، مخصوصاً در آمریکا، برای توصیف "سفید پوستان" به کار می‌رود.

[۵] نویسنده در این جا ادعای بزرگی کرده است. او ادعا می‌کند که فولانی‌ها و ماسایی‌ها ممکن است ریشه اروپایی داشته باشند، آن هم از حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش. من این ادعا را در جای دیگر نشنیده‌ام. افزون بر این، این ادعا با نمونه‌های دیگر دانشیک، در مورد حرکت انسان (چه امروزی و چه نئاندرتال) بین اروپا و آفریقا، نمی‌خواند. در نتیجه، تا مقاله دانشیک این ادعا را نبینم، انتخاب می‌کنم که این ادعا را باور نکنم.

اگرچه فرگشت می‌تواند در هنگام گزینش شدید با سرعت رخ دهد، اما اکثر فشارهای گزینشی به راستی بسیار پایین هستند. برآورد برتری گزینشی برای پیوستار گسترده‌ایی از صفت‌های زیر گزینش در دنیای واقعی (در واقع، این که یک صفت تازه جهش یافته [۶]، در مقایسه با صفت قدیمی، با چه سرعتی در نسل پس از آن گسترش می‌یابد) معمولاً در حدود ۵٪ تا ۱۰٪ است [۷]. با این سرعت، نسل‌های زیادی طول می‌کشد تا یک صفت تازه، فرگشت یافته، در یک گونه گسترش یابد و به یک هنجار تبدیل شود.

[۶] در این جا، نویسنده باز هم، یک این‌همانی بین صفت و "ژن" برقرار کرده. "صفت" دچار جهش نمی‌شود. این "ژن"‌ها هستند که دچار جهش می‌شوند. بهتر بود از عبارت "ژن‌های موثر بر یک صفت" استفاده می‌کرد.

[۷] رقم ۵ تا ۱۰ درصد، بالاتر، خیلی بالاتر، از ارقامی است که معمولاً ذکر می‌شود.

[۸] جمله میانی این بند، با حفظ امانت، قدری بازسازی شده است.

پرسش ۱۷ - تغییر اقلیمی چه گونه بر تغییر فرگشتی تأثیر می‌گذارد؟

فرگشت زمانی رخ می‌دهد که شرایط به اندازه، برای به چالش کشیدن توانایی جانوران برای ماندگاری و بازآوری پیروزمند، ایجاد شود، مانند زمانی که جانداران رقیب یا شکارگران ناپدید می‌شوند، یا هنگامی که فرصت‌های تازه برای مهاجرت به زیست‌گاه تازه به وجود می‌آید. تغییرهای با مقیاس کوچک‌تر می‌تواند در نتیجه تغییرهای نسبتاً ملایم، در کیفیت محیط یا پوشش گیاهی آن به صورت سالانه، رخ دهد. تغییرهای فرگشتی در مقیاس بزرگ، بیش‌تر ناشی از تغییرهای اساسی اقلیمی است که به جای هزاران سال، در طول چند دهه، رخ می‌دهد. این‌ها بیش‌تر با روی دادهایی مانند عصر یخبندان یا گرم شدن اقلیمی [۱] [۲] سریع همراه هستند که هم بر توانایی جانوران برای حفظ تنظیم حرارتی و هم بر کیفیت و کمیت منابع خوراکی آن‌ها تأثیر چشم‌گیری دارد [۳]. خود داروین تشخیص داد که درک الگوهای اصلی زمین‌شناسی و اقلیمی در تاریخ گذشته زمین، کلید درک فرگشت است [۴].

[۱] واژه "اقلیم" برگردان واژه "climate" است. ولی در بسیاری از جاهایی که واژه "climate" وجود داشت، مجبور شدم واژه دیگری، مانند "تغییرها" یا "شرایط" را به آن بیافزایم.

[۲] آن چه که در این کتاب، و شاید زیر تاثیر گفتمان سیاسی-اقتصادی جدید، از آن با نام "اقلیم و تغییرهای اقلیمی" نام برده میشود، معمولاً، مخصوصاً در ژنتیک جمعیت و ژنتیک کمی، "محیط و تغییرهای محیطی" خوانده می‌شود.

[۳] در مورد تغییرهای اقلیمی، طول زمان تغییرهای اقلیمی را باید با "بازه نسلی" = generation interval مقایسه کرد. یک تغییر اقلیمی که ۱۰۰۰ سال طول بکشد، برای گونه ای که بازه نسلی ۱ ساله دارد (مثل خیلی از گل‌ها)، زمانی دراز است. اما همین فاصله ۱۰۰۰ ساله برای درختان سکویای غول پیکر (Sequoiadendron giganteum) و یا انسان زمان نسبتاً کوتاهی است.

[۴] داروین، این نکته را از لایل (Lyell) آموخته بود. اما تغییرهای سریع، در نگره‌های زمین‌شناسانه لایل و داروین جای‌گاه مهمی نداشت، زیرا آن‌ها، هر دو به "هم‌دیس‌گرایی" (uniformitarianism) باور داشتند. با این‌که فهم ما از فرگشت، نسبت به زمان داروین، تغییرهای زیادی کرده است، با این حال، تدریج‌گرایی (gradualism) هنوز نقش مهمی در برداشت‌های فرگشتی دارد. به باور من، هرگاه از تدریج‌گرایی دور شده‌ایم، مشکل‌های تئوریک تازه‌ای سر راه ما پیش آمده‌اند! معروف است که داروین، جمله‌ای به زبان لاتین را به کار می‌برده است: "natura non facit saltus" به این معنی که طبیعت پرش نمی‌کند (nature does not make jumps).

به طور کلی، آب و هوای زمین در ۵۰۰ میلیون سال گذشته به آهستگی سردتر شده است. در دوره‌های دراز در گذشته، مناطق خشک شمالی زیر سلطه دریاهای گرم و کم‌عمق قرار داشتند و شرایط گرم‌سیری حتی در عرض جغرافیایی لندن حاکم بوده است. از حدود ۲.۵ میلیون سال پیش، زمین با شروع مجموعه‌ای از عصرهای یخبندان، وارد دوره‌ای درازمدت از سرما شد. دوره‌های متناوب سردتر (یخ‌چالی^(۱)) و گرم‌تر (بین‌یخ‌چالی^(۲)) با شدتی فزاینده، در عصر یخبندان کنونی، به اوج خود رسید. [این دوره از یخبندان] حدود ۵۰۰ هزار سال پیش آغاز شد، و پس از طی مجموعه‌ای از دوره‌های سردتر و گرم‌تر، که حدود ۱۰۰ هزار سال طول کشیدند، در حدود ۳۰ هزار سال پیش، به اوج خود رسید [۵].

[۵] در متن اصلی، دو جمله آخر این بند، یک جمله دراز بود، که من آن را به دو جمله شکستم.

در حالی که هنوز به طور کامل مشخص نیست که علت ایجاد عصر یخبندان یا چرخه حرکت آن‌ها چه‌گونه بوده است، زمین‌شناسان تصور می‌کنند که ترکیبی از دلایل‌های زیر باعث این تغییرها شده باشند: حرکت صفحه‌های تکتونیکی^(۳) زمین (و در نتیجه موقعیت قاره‌ها) و تأثیر آن‌ها بر جریان توده‌های هوا و جریان‌های اقیانوسی، ساخت و پخش متان و دیگر گازهای گل‌خانه‌ای، چرخه‌های میلانکوویچ^(۴) (تزلزل نسبتاً منظم مدار زمین به دور خورشید: به بند پس از این نگاه کنید)، تغییرها در فاصله ماه از زمین، برخورد گاه به گاه شهاب‌های بسیار بزرگ، و فعالیت‌های آتش‌فشانی.

چرخه‌های میلانکوویچ (به نام زمین فیزیک‌دان صربستانی، میلوتین میلانکوویچ^(۵))، که آن‌ها را در دهه ۱۹۲۰ کشف کرد) دارای سه جزء کلیدی است که هریک دارای طول چرخه مخصوص به خود

(1) Glacial.

(2) Interglacial.

(3) Tectonic plates.

(4) Milankovitch cycles.

(5) Milutin Milanković.

هستند: بی‌قاعدگی^[۱] نیروی گریز از مرکز یا شکل مدار زمین به دور خورشید (نزدیک و دور شدن به خورشید در دوره‌های ۱۰۰ هزار ساله)؛ مورب بودن یا کج بودن محور زمین (که در طول یک دوره ۴۱۰۰۰ ساله پیش می‌آید)؛ و حرکت محوری^[۲]، که بر سمت قطب‌ها تأثیر می‌گذارد و ناشی از نیروهای جزر و مدی است که توسط خورشید و ماه در نسبت مساوی روی زمین اعمال می‌شود (در بازه زمانی دقیقاً هر ۲۵۷۷۱ سال). افزون بر این، برخی چرخه‌های اضافی به دلیل گرانش سیارات غول پیکر مشتری و زحل نیز به تازگی شناسایی شده‌اند، اگرچه تأثیرات آن‌ها بسیار ضعیف‌تر از سه چرخه اصلی است. هر کدام از این‌ها به دلیل نحوه تأثیر آن‌ها بر میزان تابش خورشید به زمین و یک‌نواختی آن در نیم‌کره‌ها، بر شرایط اقلیمی زمین تأثیر می‌گذارند. هنگامی که همه این چرخه‌ها همزمان می‌شوند (که هر ۴۰۰ هزار سال یک بار رخ می‌دهد)، زمین، تغییرات شدیدتر شرایط آب و هوایی را تجربه می‌کند^[۶].

[۶] هم‌آن‌طوری که پیش از این هم گفته‌ام، تمام "زمان"ها را بهتر است به نسبت "بازه نسلی" هر موجودی سنجید. برای مگس سرکه با بازه نسلی ۱۱ روز و انسان با بازه اصلی ۲۵ سال، رقم ۴۱۰۰۰ سال ناهم‌گونی زیادی ایجاد می‌کند.

گاهی، میدان مغناطیسی زمین هم به طرز مرموزی معکوس می‌شود. تغییر قطب (هنگامی که قطب جنوب مغناطیسی به قطب شمال مغناطیسی تبدیل می‌شود) در فاصله‌های کاملاً پیش‌بینی‌ناپذیر رخ می‌دهد و می‌تواند برای دوره‌هایی بین چند صد تا ده‌ها یا حتی صدها هزار سال ادامه داشته باشد. زمین‌شناسان نتوانسته‌اند علت و زمان تغییر قطب‌ها را تعیین کنند، اما برخورد ستاره‌های دنباله‌دار^[۷] می‌تواند یکی از عامل‌های احتمالی آن باشد. با این حال، تصور می‌شود که تغییر قطب ممکن است با روی‌دادهای گونه‌مرگی^[۸] مرتبط باشد، احتمالاً به این دلیل که آن‌ها با فعالیت آتش‌فشانی فعال مرتبط هستند که مقدار زیادی گرد و غبار را به جو می‌ریزد و نور خورشید را مسدود کرده و باعث زمستان هسته‌ای کوچکی می‌شوند^[۹] (به پرسش ۴۶ نگاه کنید).

[۷] این اولین باری است که من می‌بینم کسی از برخورد ستاره‌های دنباله‌دار برای توضیح تغییر قطب‌های مغناطیسی استفاده می‌کند. آن چه من پیش از این دیده بودم آن است که در اثر چرخش هسته آهنی درون زمین، که خاستگاه قطب‌های مغناطیسی است، جای قطب‌ها عوض می‌شوند. جا به جایی قطب‌ها را از روی سمت و سوی کانی‌های موجود در سنگ‌ها، مخصوصاً سنگ‌های آتش‌فشانی تشخیص می‌دهند. نکته مهم این است که در طول زمانی که قطب‌ها در حال جا به جایی هستند، که ممکن است بسیار طولانی هم باشد، سپر مغناطیسی زمین ضعیف شده یا کاملاً از بین می‌رود، و زمین در برابر پرتوهای جهش‌زا قرار می‌گیرد.

[۸] گونه‌مرگی یعنی انقراض!

[۹] به قول قدیمی‌ها، "صدر و ذیل" این جمله با هم نمی‌خوانند. هم‌آن‌طور که گفتم، تغییر قطب‌های مغناطیسی را از روی سمت کانی‌های سنگ‌های آتش‌فشانی می‌توان تشخیص داد. ولی این بدان معنا نیست که تغییر قطب مغناطیسی همیشه همراه با آتش‌فشان باشد. به هر رو، افزایش پرتوهای جهش‌زا که به زمین می‌رسند، می‌تواند باعث گونه‌مرگی بشود.

^[۱] Eccentricity.

^[۲] Axial precession.

تغییرهای آب و هوایی گاهی وقت‌ها می‌تواند فوق‌العاده چشم‌گیر و بسیار سریع باشد. در پایان روی‌داد اقلیمی دریاس جوان ^[۱] حدود ۱۰ هزار سال پیش، متوسط دمای جهان در عرض ۵۰ سال ۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. نگرانی‌های فعلی، در مورد گرمایش جهانی چند درجه‌ای، در کنار این روی‌داد فاجعه بار اقلیمی، رنگ می‌بازد. دریاس جوان خود یک بازگشت کوتاه ۲۰۰۰ ساله به شرایط عصر یخبندان در نیم‌کره شمالی بود. به نظر می‌رسد [این دوره یخ‌چالی] با شکسته شدن دیوار یخی که دریاچه یخچالی بزرگ کانادایی آگاسیز ^[۲] را محصور کرده بود، ایجاد شده است. مقادیر زیادی آب سرد به اقیانوس اطلس شمالی منتقل شده و باعث افزایش تراز دریا تا حدود ۱۳.۵ متر در طول یک دوره ۳۰۰ ساله شد. این امر جریان گلف‌استریم ^[۳] (که به نام خط انتقال آتلانتیک شمالی شناخته می‌شود و آب گرم را از دریای کارائیب به اقیانوس اطلس شمالی منتقل می‌کند، تا زمستان‌های معتدلی را برای بریتانیا و شمال غربی اروپا به همراه داشته باشد) را مسدود کرد. این امر باعث شد تا دمای نیم‌کره شمالی در مدت حدود ۱۰۰۰ سال تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یابد. شرایط یخچالی و تاندرا ^[۱۰] به خشکی‌های شمالی بازگشت. سپس هنگامی که آب‌های سرد شمالی با آب‌های گرم جنوب آمیخته شدند، عصر یخبندان پایان یافت و گرمایش جهانی دوباره آغاز شد.

[۱۰] تاندرا (tundra) = دشت بی درخت.

پی‌آمد مهم برای فرگشت این است که شرایط اقلیمی زمین هرگز ثابت نمی‌ماند: شرایط همیشه در حال تغییر هستند، گاهی به آرامی، و گاهی بسیار سریع. شرایط اقلیمی افزون بر تاثیر بر میزان گرم یا سرد بودن و مرطوب بودن یک مکان، تأثیر عمده‌ای بر انواع و کیفیت پوشش گیاهی در یک مکان خاص، دارد. بین ۱۱ هزار سال تا ۵ هزار سال پیش، آب و هوای سرد و مرطوب باعث شده بود تا منطقه صحرای آفریقا بسیار سرسبز باشد و فیل، زرافه و دیگر جانوران جنگلی به وفور در آن زندگی کنند. گرم شدن آب و هوا در هزار سال گذشته منجر به بیابان زایی پیش‌رونده صحرای آفریقا شده است.

شرایط اقلیمی و پوشش گیاهی، تعیین کننده اصلی میزان مناسب بودن یک مکان برای یک گونه خاص هستند. گونه‌ای که کاملاً با مجموعه‌ای از شرایط اقلیمی سازگار باشد، ممکن است چند هزار سال بعد با ناسازگاری روبرو شود. اگر سرعت تغییرهای اقلیمی کند باشد، تغییرهای مناطق گیاهی و گرمایی نیز کند خواهد بود، و یک گونه ممکن است بتواند تغییرها را دنبال کند. اگر شرایط اقلیمی سریع تغییر کنند، یک گونه می‌تواند در زمان و در مکان نامناسب قرار بگیرد و احتمالاً خیلی سریع گونه‌مرگ شود (به پرسش ۴۵ نگاه کنید).

[1] Younger Dryas.

[2] Lake Agassiz.

[3] Gulf Stream.

پرسش ۱۸ - آیا کمال [۱] نتیجه اجتناب ناپذیر فرگشت است؟

یک بدفهمی رایج درباره فرگشت این است که نهایتاً جان‌دارانی را می‌سازد که طرح به‌تری دارند. اما فرگشت داروینی، روند کمال {۱} نیست. بر خلاف نگره‌های فرگشتی لامارکی و زنجیره بزرگ هستی، گزینش زیستاری، گونه‌ها را نهایتاً از پله‌های کمال بالا نمی‌برد. در عوض، گزینش زیستاری، [در بیانی] اقتصادی، روندی است که منجر به رضایت می‌شود (ایجاد "به‌اندازه خوب برای اکنون"). به عبارت دیگر، تا زمانی که زنده بمانید و وضعیتی به‌تر از رقباي خود داشته باشید، به‌اندازه، خوب است. یک غزال {۲} {۳} مجبور نیست سریع‌ترین جانور روی زمین شود. همین که سریع‌تر از شیرهایی باشد که سعی می‌کنند آن را بگیرند بسنده است [۳]. بر همین اساس، شیرها و دیگر شکارگران مجبور نیستند بتوانند دو ماراتن را با حداکثر سرعت انجام دهند. هم‌چنین آن‌ها لازم نیست بتوانند همه طعمه‌ها را بگیرند. آن‌ها فقط باید به‌اندازه، سریع باشند تا بتوانند برای زنده ماندن، شمار بسنده طعمه، شکار کنند.

[۱] جا دارد که همین جا اعتراض کنم که به کار بردن واژه "کمال" باعث ایجاد بدفهمی می‌شود. واژه "کمال" یا "کامل" را به دو معنی می‌شود استفاده کرد. یک معنی، "مطلق" بودن در مقایسه با یک معیار ذهنی است. معنی دیگر، "نسبی" است، در این معنی که دو چیز یا دو موجود در یک رابطه هم‌آهنگ، قرار دارند. مثل این که "هیچ در و تخته‌ای" کامل نیستند، اما خوب "باهم جفت" می‌شوند. در فرگشت، جان‌داران با محیط خود، که مرتب تغییر می‌کند، سازگاری نسبتاً "کامل" دارند. فرگشت، پاسخ‌گویی به نیازهای جان‌داران، در محیطی خاص است، و فرگشت، با هر راهی و وسیله‌ای، چه ساده و چه پیچیده، چه با "کمال" و چه با "نقصان"، به نیازها پاسخ می‌گوید. من با نگره‌های بزرگ گولد (S. J. Gould) موافقت ندارم، اما نگره‌های کوچک او را مفید می‌دانم. در باره "کمال" نداشتن فرگشت کتاب شست پاندا (Panda's thumb) را توصیه می‌کنم.

Gould, S. J. (1980 (1992)). The panda's thumb: More reflections in natural history (reissued). Norton.

[۲] واژه "antelope" در واژه‌نامه‌ها بیش‌تر به بزکوهی یا شاخ‌دراز برگردان شده است. من آن را به "غزال" برگردانیدم. در جاهای دیگر جمع واژه "antelope" را که "antelopes" باشد، و به گونه‌های گوناگون غزال اشاره دارد، به "آهوان" برگرداندم.

[۳] بین این جمله و جمله پیشین یک تناقض وجود دارد که موجب بدفهمی می‌شود. سوال این است که "رقیب" یک غزال، یک شیر است، یا یک غزال دیگر؟ جواب درست این است که رقابت "درون گروهی" بسیار بیش‌تر از رقابت "بین‌گروهی" رخ می‌دهد و مهم‌تر است. بنابراین برای یک غزال، بسنده است از غزال دیگری که در کنار اوست، سریع‌تر بدود!

دوم، و شاید حتی مهم‌تر، فرگشت، یک روند هیث رابینسون {۳} [۴] است: فرگشت همیشه با یک جان‌دار خاص شروع می‌کند و فقط با طراحی آن کار می‌کند - تغییرهای کوچکی در آن ایجاد می‌کند یا صفتی را در آن جان‌دار تغییر می‌دهد. هر گونه [از جان‌داران]، دارای تاریخچه‌ای است و این تاریخ، توشه‌ای است که برای کارهایی که می‌تواند انجام دهد، محدودیت ایجاد می‌کند. افزون بر

{1} Perfection.

{2} Antelope.

{3} Heath Robinson.

این، از آنجا که یک جاندار، یک سیستم پیچیده از بخش‌های گوناگون است که با یکدیگر تنظیم شده‌اند، بیش‌تر تغییرها به مرگ فرد منجر می‌شود، تا یک آینده جدید با شکوه. حتی تغییرات کوچک نیز ممکن است پیامدهای نامطلوبی برای سایر جنبه‌های زیست‌شناسانه جاندار داشته باشند و ماندگاری آن را تهدید کنند، این امر یادآور آن است که جانداران، سیستم‌های پیچیده‌ای هستند که اجزای آن‌ها به دقت با گزینش طبیعی هم‌آهنگ شده‌اند تا به خوبی با هم کار کنند [۵].

[۴] گویا "هیث رابینسون" در نقاشی کردن ماشین‌های پیچیده‌ای که کار ساده‌ای انجام می‌دهند، سر رشته داشته است!

[۵] این بند، ارزش دوبار خواندن را دارد.

برای مثال، فرض کنید بخواهیم برای تغذیه به ارتفاع بالاتر درخت برسیم. مزیت این کار این است که دسترسی به منابع خوراکی در بخش‌های بالایی درختان را، که سایر گیاهخواران نمی‌توانند به آن برسند، ممکن می‌سازد. یک روش ساده برای انجام این کار دقیقاً همان کاری است که زرافه انجام داده است، یعنی افزایش طول گردن. این کار را می‌توان به راحتی با تغییر ژنی [۶] که اندازه مهره‌های گردن را کنترل می‌کند، انجام داد تا بتواند کمی بزرگ‌تر شود: زرافه‌ها به اندازه دیگر جانوران، مهره گردن دارند [۷ مهره]، اما هر کدام از آن مهره‌ها بلندتر است و گردن را بلندتر می‌کند. با این حال، مقدار ماهیچه مورد نیاز برای نگه داشتن گردن، به طور مستقیم افزایش می‌یابد، که به نوبه خود به این معنی است که زرافه باید خوراک بیش‌تری بخورد تا این ماهیچه‌ها را تغذیه کند. هم‌چنین به این معنی است که زرافه به قلب بزرگ‌تری، برای پمپ کردن خون به ارتفاع بالاتر و رو در رویی با گرانش نیاز دارد. و در عین حال، این بدان معناست که زرافه به دریچه‌های به‌تر در رگ‌ها نیاز دارد تا از خروج مجدد خون از مغز به اندام‌های پایینی در اثر گرانش جلوگیری کند. زرافه هم‌چنین به سازوکاری برای جلوگیری از سرازیر شدن خون به مغز و ترکیدن آن هنگام دراز کشیدن نیاز دارد. می‌بینید که یک مشکل ساده به سرعت به مجموعه‌ای از مشکل‌های اضافی تبدیل می‌شود که باید حل شوند، و این جور مشکل‌ها ممکن است دلیلی باشد برای این که چرا بسیاری از گونه‌ها این راه‌برد خاص را گزینش نکرده‌اند. در یک کلام، بالا رفتن از درختان، مانند بوزینه‌ها، ممکن است به راستی، گزینه فرگشتی آسان‌تری باشد.

[۶] نویسنده به جای "ژنی" باید می‌گفت "ژن‌هایی"، یا لوکوس‌هایی. یعنی در این‌جا هم نویسنده تصور کرده که هر صفتی، مثلاً طول مهره‌ها در گردن، یک "ژن" دارد. چنین نیست!

پرسش ۱۹ - چرا به نظر می‌رسد برخی از ویژگی‌های زیستی ضعیف طراحی شده‌اند؟

گزینش زیستاری فقط با موادی که در دسترس دارد، می‌تواند کار کند. وقتی شرایط تغییر می‌کنند، فرگشت سعی می‌کند زندگی را زیر شرایط جدید به‌بود بخشد. محدودیت‌های ناشی از نحوه طرح یک بخش خاص از بدن، یا نحوه ارتباط هر بخش با سایر بخش‌های بدن، ممکن است میزان تغییر آن را برای انجام یک کاربرد جدید، محدود کند. این امر معمولاً به سازگاری‌هایی منجر

می‌شود که از کمال برخوردار نیستند - یا حداقل از کمالی که بتوان از ابتدا در یک جان‌دار طراحی کرد، کمتر کامل هستند [۱].

[۱] همین بحث را می‌توان با تکیه بر مفهوم "محدودیت (constraint)" به پیش برد. هم‌آن‌طوری که در یک پانوش [۹]، در پیش‌گفتار این کتاب اشاره کردم ممکن است امکان به‌بود دو صفت به صورت هم‌زمان، به علت هم‌بستگی ژنتیکی منفی، وجود نداشته باشد. در این حالت، به‌بود اندازه یک صفت، می‌تواند به کم شدن اندازه صفت دیگر، منجر شود.

شاید مشهورترین مثال در این مورد توسط چشم مهره‌داران ارائه شود. اعصاب شبکیه که نشان‌های (سیگنال) یاخسته‌های گیرنده نوری شبکیه را به مناطق پردازش بینایی در مغز منتقل می‌کنند، در پشت چشم جمع شده و عصب بینایی مغز را تشکیل می‌دهند. معقول‌ترین راه برای انجام این کار آن بود که هر عصبی از هر یاخسته شبکیه از پشت چشم خارج شده و سپس به هم متصل شوند. ولی در مهره‌داران، عصب‌ها از جلوی شبکیه سر در می‌آورند و بنابراین باید پیش از رفتن به مغز از شبکیه عبور کنند. این یک حوزه کوچکی ایجاد می‌کند که در آن یاخسته‌های حساس به نور وجود ندارند - "نقطه کور"ی که در آن جا ما نمی‌توانیم چیزی را ببینیم. برای جبران این امر، چشم از پهلوی به پهلوی تکان می‌خورد، به طوری که نوری که بر روی نقطه کور می‌افتد گه‌گاه بر روی یاخسته‌های بینایی پیرامون آن می‌افتد. سپس مغز باید این حرکت را تنظیم کند تا تصویری یک‌پارچه، بر اساس میانگین ورودی‌های گوناگون دریافت شده در طول زمان، ایجاد کند. این راه حلی است که به سختی بتواند برنده جایزه‌ای در "نمایشگاه طراحی‌های آرمانی" شود.

چیزی که این موضوع را دو چندان گیج کننده می‌کند این است که لازم نیست که این جور باشد. چشم اختاپوس برعکس طراحی شده است: اعصاب گیرنده‌های نوری در پشت آن‌ها قرار گرفته‌اند و بدون نیاز به عبور از شبکیه، به صورت یک دسته از چشم خارج می‌شوند، بنابراین چشم اختاپوس‌ها، هیچ نقطه کوری ندارد. این ممکن است تنها یک مثال از موارد ۵۰:۵۰ باشد که سازوکاری بتواند به یکی از دو روش ایجاد شده باشد: این کار در خانواده اختاپوس‌ها به یک روش، و در نیاکان مهره‌داران به روش دیگری انجام شده است.

یکی دیگر از نمونه‌های معروف سازگاری نه چندان کامل، این است که در مهره‌داران (اما نه بی‌مهرگان)، عصب‌های حسی ضرب‌دری کار می‌کنند، به طوری که احساس‌ها از سمت چپ بدن، در سمت راست مغز پردازش می‌شوند، در حالی که احساس‌ها از سمت راست بدن، در سمت چپ مغز پردازش می‌شوند. این آرایش نسبتاً عجیب و نامطلوب نتیجه آن است که در مراحل نخستین رشد (اما پس از ایجاد ساختارهای اصلی عصبی)، جنین به گونه‌ای می‌پیچد که رابطه بدن و مغز برعکس می‌شوند. اگرچه این مورد از مدت‌ها پیش شناخته شده بوده است، اما هیچ کس نمی‌داند چرا این چرخش صورت می‌گیرد.

یک مثال روزمره از ناکارآمدی سازگاری، پشت انسان است. تصمیم نیاکان ما برای راه رفتن دوپایی (روی دو پا) به جای چهارپایی (روی چهار دست و پا) مانند سایر بوزینه‌ها و میمون‌ها، فشارهای قابل توجهی را روی مهره‌های پایینی پشت ایجاد کرده است، زیرا باید وزن کامل سر و سینه را

تحمل کند. البته، ما به راحتی می‌توانستیم این مشکل را با فرگشت مهره‌های پایینی ستون فقرات و ایجاد مهره‌هایی بزرگ با لبه‌هایی برای محافظت از دیسک‌ها و جلوگیری از لغزش آن‌ها (علت اصلی کمردرد) حل کنیم. اما این امر به طرز چشم‌گیری انعطاف‌پذیری ستون فقرات ما را کاهش می‌داد و از این رو بر توانایی ما در دویدن - و به ویژه در پرتاب نیزه (که طی آن کل بخش بالای بدن می‌پیچد) تأثیر منفی می‌گذاشت. در عوض، به نظر می‌رسد که ما پذیرفته‌ایم که برخی از افراد بتوانند بدون و بپرند و بهای آن، رنج از مشکل‌های کمر در [بعضی از ما] باشد - و این یادآور آن است که فرگشت بر ایجاد افراد میانگین متمرکز است، نه بر کمال برای همه.

به یک معنای مهم، طرح‌های ضعیف بدن، سندی علیه یک طراح الهی است. ما واقعاً انتظار نداریم که یک طراح دانای کل چنین طرح‌های بدی را تکرار کرده باشد. ما انتظار داشتیم که او مردی (یا زنی) باشد که مشکل‌های آینده را پیش‌بینی کرده و از همان ابتدا در مورد آن‌ها کاری انجام دهد. در برابر، چنین اشتباهاتی دقیقاً همان چیزی است که شما از نگره داروین انتظار دارید، زیرا همه تغییرها (جهش‌ها) بر اساس وضعیت فعلی جاندار ایجاد می‌شوند و نیازها یا شرایط آینده را پیش‌بینی نمی‌کنند.

پرسش ۲۰ - چرا گاهی وقت‌ها طعمه اعتیادهای واقعاً مخرب می‌شویم؟

انسان‌ها دچار بسیاری از بیماری‌هایی می‌شوند که به نام "بیماری‌های تمدن" شناخته شده‌اند، زیرا به ندرت در نیاکان شکارچی-گردآور^[۱] ما دیده می‌شوند (شیوه‌ای از زندگی، که ما هم‌چون یک گونه، ۹۹٪ از تاریخ فرگشتی خود را به آن شکل زندگی کرده‌ایم)، اما در افرادی که در جهان پسا صنعتی زندگی می‌کنند، بسیار رایج است. این موارد شامل چاقی، بیماری قند، بیماری‌های قلبی و اعتیاد به مواد مخدر و الکل است. ما ممکن است این موارد را به نام اشتباه‌های طراحی، که گزینش زیستاری کارش را ناقص انجام داده است، بیان‌گریم. در واقعیت، آن‌ها بیشتر با این واقعیت ارتباط دارند که انسان‌های مدرن در جوامع پسا صنعتی در شرایطی زندگی می‌کنند که کاملاً بدیع بوده و حداکثر چند هزار سال است که وجود دارد^[۱].

[۱] در اینجا کمی تناقض‌گویی وجود دارد. اگر این مشکل‌ها پسا صنعتی هستند، نمی‌توانند بیش از ۳۰۰ سال قدمت داشته باشند.

برخی از این بیماری‌ها، پی‌آمدهای معقول گزینش برای ترجیح قندها و کربوهیدرات‌ها (منابع اصلی انرژی) هستند. از آن‌جا که بیش‌تر در زیستار (طبیعت)، کم‌بود این مواد مشاهده می‌شود، انگیزه زیادی خوردن آن‌ها، وقتی که در دسترس باشند، برای شکارچی-گردآور مفید است، هر چند که این امر در شرایط وفور در جهان مدرن، منجر به چاقی و بیماری قند می‌شود.

الکل، مثال جالبی در این زمینه است. الکل در واقعیت یک سم است، اما، ما و پسر عموهای بزرگ آفریقایی ما (شامپانزه‌ها و گوریل‌ها)، حدود ۱۰ میلیون سال پیش توانایی استفاده از آن را پیدا کردیم. الکل‌ها در اکثر میوه‌های خراب‌شده توسط مخمرهای زیستی، که پخش آن‌ها از طریق

^[۱] Hunter-gatherer.

هوا است، تولید می‌شوند. مخمرها، قندهای میوه رسیده را به الکل (هم‌چون محصول جانبی روند تخمیر) تبدیل می‌کنند. در زیستار، میوه‌های بیش از حد رسیده حاوی ۱٪ تا ۴٪ الکل زیستاری هستند که اگر بتوان آن‌ها را دوباره به قند تبدیل کرد، منبع ارزش‌مندی از انرژی است. در ابتدا در میمون‌های بزرگ آفریقایی دو جهش ژنتیکی در دو آنزیم اصلی ایجاد شدند که به آن‌ها این امکان را می‌داد که الکل را به قند تبدیل کنند. آنزیم الکل‌دهیدروژناز (ADH) الکل را به استیل‌الدئید^(۱) تبدیل می‌کند، که سپس توسط آنزیم الدئید دهیدروژناز (ALDH)، استیل‌الدئید، به اسید استیک^(۲) تبدیل می‌شود. اسید استیک می‌تواند وارد چرخه کربس^(۳) شود، که در آن انرژی شیمیایی اسید استیک، با همان سازوکاری که قند را به انرژی تبدیل می‌کند، استخراج شود. همه چیز بستگی به سرعت کار هم‌زمان این دو آنزیم دارد. اگر ADH بسیار کند باشد، الکل تجمع می‌یابد و ما مست می‌شویم. اگر ALDH خیلی کند عمل کند، استیل‌الدئید تجمع می‌یابد، که بسیار سمی است. هیچ بوزینه‌ای (یا هیچ یک از میمون‌های آسیایی) نمی‌توانند مانند انسان و میمون‌های بزرگ آفریقایی از الکل استفاده کنند^(۲).

[۲] استدلال‌های "آنزیمی" که در این بند مطرح شده، و شکل مطرح شدن آن‌ها، نشان می‌دهد که نویسنده از مدلی استفاده می‌کند که "مدل تک جای‌گاهی ("ژنی") = Single locus (gene) model نام دارد. این "مدل" اولین، ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین مدلی است که می‌توان از آن برای شروع "فهم" و "آموزش" اثرات ژنتیکی استفاده کرد. اما این مدل ابتدایی، مثل هر مدل ابتدایی دیگری، تنها یک "ساده سازی" دور از واقعیت از زیستار است. در واژگان فلسفی، این مدل، یک مدل بسیار کاهش‌گرایانه (reductionistic) است، که باید از آن گذر کرد و به مدل‌های پیچیده‌تر رسید. متأسفانه، بیش‌ترین آدم‌ها، حتی آدم‌هایی مثل نویسنده این کتاب، و یا بخش‌های بزرگی از محققان ژنتیک، در این مدل، گیر می‌کنند و به اشتباه فکر می‌کنند که باید همه پدیده‌هایی را که به ژنتیک ربط دارد، با این مدل، یعنی یک "ژن" تنها، توضیح دهند. به نظر من شروع آموزش ژنتیک با این مدل، اثرات دراز مدت منفی دارد. ماندن در این مدل، از فهم واقعی پدیده‌های پیچیده ژنتیکی جلوگیری می‌کند. در برابر، من استفاده از "مدل بسیار جای‌گاهی" را توصیه می‌کنم (در چند پانوشت درباره این مدل توضیح داده‌ام، مثلاً در پانوشت [۳]، پرسش ۴۳).

به نظر می‌رسد دلیل این جهش نامعمول این است که [تغییرهای] شرایط اقلیمی، در دوران میوسن^(۴)، حدود ۱۰ میلیون سال پیش، باعث افت ناگهانی دما شد، که در نتیجه آن جنگل‌های بزرگ گرم‌سیری به تکه‌های جنگلی کوچک کاهش یافتند. میمون‌ها، که ۱۰ میلیون سال پیش، نخستین‌سانان اصلی بودند، ناگهان وارد رقابت بیشتری با بوزینه‌ها شدند. بطور کلی میمون‌ها (از جمله خود ما) نمی‌توانند میوه نارس را، که مملو از تانن^(۵) و سایر فنولیک‌ها^(۶) است، هضم کنند (به پرسش ۵۲ نگاه کنید). تانن و فنولیک‌ها در گیاهان برای جلوگیری از خورده شدن توسط گیاه‌خواران، پیش از جوانه زنی بذرها، طراحی شده‌اند. از آن‌جا که توانایی سم‌زدایی از میوه‌های نارس در بوزینه‌ها فرگشت یافته بود (احتمالاً هم‌چون یک سازگاری اولیه که به آن‌ها مجال خوردن برگ را می‌داد)، بوزینه‌ها می‌توانستند با خوردن میوه [در بالای درخت]، پیش از این که میمون‌ها بتوانند میوه‌ها را بخورند، آن‌ها را از میدان رقابت بیرون کنند. نتیجه آن، موجی از گونه‌مرگی

(1) Acetaldehyde.

(2) Acetic acid.

(3) Krebs cycle.

(4) Miocene.

(5) Tannin.

(6) Phenolic.

میمون‌ها بود که شمار گونه‌های میمون را به ۱۰٪ آن‌چه که پیش از آن بود، کاهش داد. با این حال، کف جنگل مملو از میوه‌های رسیده بود که از درختان افتاده بودند (یا با بی‌دقتی بوزینه‌ها موقع غذا خوردن به زمین ریخته شده بودند). جهشی که به میمون‌ها اجازه می‌داد تا الکل میوه‌ها را مصرف کنند، مزیت بزرگی را ایجاد می‌کرد، زیرا دسترسی به منبع خوراکی مهمی که بوزینه‌ها نمی‌توانستند از آن استفاده کنند را فراهم می‌آورد (هم به این دلیل که بوزینه‌ها به ندرت به زمین می‌آیند و هم به این دلیل که حتی زمانی که به زمین بیایند، ناسازگاری رو در رویی با الکل داشتند). در میمون‌های آسیایی (گیبون‌ها و اورانگوتان‌ها) این جهش وجود ندارد، زیرا پیش از به وجود آمدن این جهش‌ها در دوران میوسن، از میمون‌های آفریقایی جدا شده بودند و بوزینه‌های میوه‌خوار [۳] تا مدت‌ها پس از آن در آسیا مستقر نشدند.

[۳] نویسنده در اینجا از واژه "بوزینه‌های میوه‌خوار (fruit-eating monkeys)" استفاده کرده است، که مطمئن نیستم منظور واقعی او بوده باشد. احتمالاً منظور او "میمون‌های میوه‌خوار" است.

حرفه پزشکی تمایل دارد مصرف الکل را یک بیماری بیانگارد. در واقع، بررسی‌های گسترده اپیدمیولوژیک جدید تأیید می‌کند که مصرف بیش از حد الکل، خطر بیماری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی، سرطان، بیماری قند و فراموشی را افزایش می‌دهد. هم‌چون بخشی از راه‌برد رژیم خوراکی عمومی ما، هم‌چون میمون، این ویژگی زیستی تاریخ فرگشتی ما است و در همه جوامع بشری، هم‌چون بخشی از سازوکار پیوند اجتماعی مورد استفاده قرار گرفته است. و از این رو به نظر می‌رسد که کارکرد سازگاران بسیار مهمی داشته باشد: مصرف الکل نه تنها سازوکار اصلی داروشناسانه مورد استفاده در پیوندهای اجتماعی [۴] را شروع می‌کند (به پرسش ۸۷ نگاه کنید)، بلکه بخشی از آیین‌های مورد استفاده در پیوندهای اجتماعی در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد.

[۴] در این مرحله، عبارت "سازوکار اصلی داروشناسانه مورد استفاده در پیوندهای اجتماعی" ممکن است بی‌ربط یا عجیب به نظر برسد. اما نویسنده در فصل‌های آخر کتاب از پدیده "پیوند اجتماعی" و عامل‌های ایجاد آن، زیاد استفاده خواهد کرد.

تقریباً مانند همه مواد خوراکی (و حتی مواد شیمیایی ضروری مانند اکسیژن و آب یا عناصر کمیاب مانند آهن و فسفر)، رابطه بین مقدار مصرف شده و مزایای آن تقریباً همیشه شکل U معکوس است: تا میزان خاصی، هرچه از آن بیش‌تر مصرف کنید، به‌تر است، از آن پس، به طور فزاینده‌ای سمی می‌شود. مانند همه چیزهایی که مصرف می‌کنیم، میزان بیش از حد یک چیز خوب، هم‌واره بد است. [در واقع] این توانایی انسان‌ها برای صنعتی کردن همه چیز است که مسئول ایجاد مشکل‌ها است (از این رو که [محصولات زیستی] را قوی‌تر، قابل هضم‌تر، ارزان‌تر و در دسترس‌تر می‌کند). این هم مثالی دیگر است از این که، فرگشت نمی‌تواند شرایط آینده را پیش‌بینی کند.

فصل ۳: فرگشت و ژنتیک

پرسش ۲۱ - چرا کشف ژنتیک ^[۱] برای درک ما از فرگشت بسیار مهم بود؟

به‌رغم این واقعیت که نگره فرگشت داروین مورد پذیرش گسترده هم‌تایان دانشیک وی قرار گرفت، اما یک نقطه ضعف مرکزی داشت که راه را برای انتقاد از آن باز گذاشت. نه داروین و نه هیچ کس دیگر، درک درستی از سازوکار توارث، که برای قرار دادن نگره داروین بر بنیاد زیست‌شناسانه محکمی لازم بود، نداشتند. اگر چه او، و همه اصلاح‌گران گیاهان و جانوران در آن زمان، به خوبی می‌دانستند که صفات‌ها از والدین به فرزندان منتقل می‌شوند، اما آن‌ها نمی‌فهمیدند که چه گونه این کار انجام می‌شود، یا چرا برخی از صفات‌ها به طور بارزتری به ارث می‌رسند. برخی از نقدهای نخستین، کتاب "درباره پیدایش گونه‌ها"ی داروین را دقیقاً در باره همین موضوع مورد انتقاد قرار داده بودند.

[۱] هم آن طوری که در این پرسش و پرسش‌های دیگر این فصل خواهید دید، دانش نویسنده از ژنتیک بسیار محدود است و در طرح بسیاری از نکات ژنتیکی اشتباهات زیادی دارد. من هم به نویسنده انتقاد دارم که چرا درباره مسائلی که از آن سر رشته ندارد، مطلب نوشته است و هم از ناشر انتقاد دارم که چرا کتاب را برای بازبینی دانشیک به یکی دو کارشناس از رشته‌های دیگر نسپرده است.

داروین هرگز این مشکل را، آن طوری که خودش یا دیگران را راضی کند، حل نکرد. در واقع، در تلاش برای یافتن راه حلی، او پیش‌نهاد کرد که هر بخش از بدن گوه‌ره‌هایی ^[۱] را به فرزندان منتقل می‌کنند که به فرزند اجازه می‌دهد تا (۱) هر صفت خاصی را بازتولید کند (نگره‌ای که او پنژنسیس ^[۲] نامیده بود) و (۲) گوه‌ره‌های به ارث رسیده از والدین به نسبت مساوی در فرزندان مخلوط شوند. (نگره توارث ترکیبی ^[۳] [۲]). چیزی که او ظاهراً آن را نمی‌فهمید این بود که مخلوط شدن مواد وراثتی، نتیجه‌ای معکوس با آن‌چه او می‌خواست، ایجاد می‌کرد. اگر صفات‌های والدین با هم مخلوط شوند، فرزندان، میانگینی از دو والد خواهند بود. اگر این امر، نسل به نسل تکرار شود، سرانجام همه یک‌سان می‌شوند و تغییرهای کمی، در جمعیت پایدار نمی‌ماند تا گزینش زیستاری روی آن کار کند. روند گونه‌زایی در نهایت متوقف می‌شود.

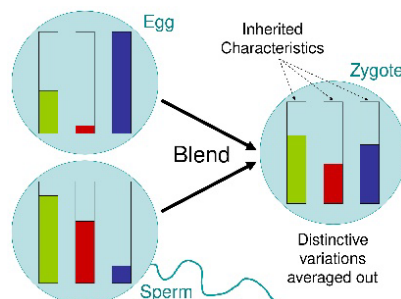
[۲] انگاره "توارث ترکیبی" به دو دلیل رد شد. دلیل اول که در بند بالا آمده یک دلیل ریاضی بود که مهندسی به نام جنکین (Jenkin) آن را مطرح کرد. جنکین چنین استدلال کرد که اگر جهشی که در یکی از والدین به وجود می‌آید و از طریق یکی از گوه‌ره‌های او به فرزندش منتقل می‌شود، بخواهد با گوه‌ره والد دیگر مخلوط شود، غلظت مخلوط دو گوه‌ره در فرزند آن‌ها، نصف می‌شود. در نسل بعد، باز هم اثر گوه‌ره فرزند آن‌ها که فقط نیمی از غلظت نخستین را

^[۱] Gemmule.

^[۲] Pangenesis.

^[۳] Blending inheritance.

دارد در ترکیب با گوه‌های معمولی دیگر، فقط به اندازه یک چهارم غلظت نخستین به نوه‌ها می‌رسد. به همین ترتیب، اثر گوه‌ه‌ جهش یافته آنقدر رقیق می‌شود که پس از چند نسل، قابل شناسایی نیست. دلیل دوم رد انگاره "توارث ترکیبی" یک دلیل زیست‌شناسانه بود به این صورت که یک جهش ممکن است در فرزندان یک فرد دیده نشود، ولی پس از دو یا سه نسل در یکی از نوادگان دیده شود که نشان از غیرترکیبی بودن "گوه‌ها" داشت. یک نمای تصویری از نگره‌ کژ "توارث ترکیبی" و استدلال جنکین در رد آن در زیر می‌آید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=62643135>

ضربه نهایی به انگاره توارث ترکیبی در سال 1892، یک دهه پس از مرگ داروین، هنگامی که فیزیولوژیست بزرگ آلمانی، آگوست وایزمن^[۱]، نگره خود در مورد بافت‌زایا^[۲] را منتشر کرد، وارد شد. وایزمن استدلال کرد که رابطه بین بدن (یا به قول او، سوما^[۳]) و بافت‌زایا (عنصری که هر یک از والدین در جنین به مشارکت گذاشته‌اند) یک روند یک سویه است: بافت‌زایا (یا آن طور که امروز ما آن را می‌شناسیم، ژن‌ها) می‌توانند بر سوما تأثیر بگذارند، اما سوما نمی‌تواند روی بافت‌زایا تأثیر بگذارد. (امروزه ما این‌ها را فنوتیپ^[۴] و ژنوتیپ^[۵] می‌نامیم.) این اصل هم‌چون دگم مرکزی وایزمن^[۶] شناخته شد. این بدان معنا بود که نگره لامارک در مورد وراثت صفات‌های اکتسابی (به پرسش ۳ نگاه کنید) کاملاً ناممکن است: نگره لامارک نیاز داشت که سوما، بافت‌زایا را تغییر دهد، تا کاربرد مکرر از سوما بتواند در اکتساب صفات تأثیر بگذارد. اگرچه وایزمن از داروین در برابر لامارک حمایت می‌کرد، اما بسیاری از مردم، به ویژه کسانی که انگیزه‌های دیگری داشتند، نظرات وایزمن را در آن زمان، هم‌چون سندی علیه نگره داروین تفسیر کردند. در واقعیت، بسیاری تا آن‌جا پیش رفتند که استدلال کردند که جنین‌شناسی و ژنتیک، فرگشت را توضیح می‌دهند و نگره داروین نالازم است. به نظر می‌رسید آن‌ها غافل از این بودند که دو مورد از چهار "چرا"ی تینبرگن را با هم اشتباه می‌گیرند (کاربرد داروینی را با رشدشناسی در شکل ژنتیکی)^[۴]. با این وجود، به همین دلیل، نگره فرگشت داروین از محبوبیت افتاد.

[۳] وایزمن آزمایش معروفتری دارد که در آن، دم شماری از موش‌ها را برای ۵ نسل می‌برد و نشان می‌دهد که نگره لامارک درست نیست. برای توضیح بیش‌تر در مورد این آزمایش به پانوش^[۶]، پرسش ۲۳ نگاه کنید.

^[1] August Weisman.

^[2] Germ plasm.

^[3] Soma.

^[4] Phenotype.

^[5] Genotype.

^[6] Weismann's central dogma.

[۴] این جمله، حداقل در این مرحله، چنان نامفهوم است که من تصور می‌کنم یک اشتباه چاپی و یا بدفهمی نویسنده باشد!

از قضا، پاسخی که داروین به آن نیاز داشت، از پیش موجود بود. در واقع، حتی ممکن است داروین از آن اطلاع داشته، اما اهمیت آن را درک نکرده باشد. بین سالهای ۱۸۵۶ و ۱۸۶۳، گرگور مندل^{۱}، کشیش آگوستینی ساعات زیادی را - بدون شک با خوشحالی - در باغ‌های صومعه خود در برنو^{۲} در سیلسیا^{۳} (که امروزه بخشی از جمهوری چک است) به کاشتن گیاه نخود^[۵] گذراند و در تلاش برای درک چه‌گونگی وراثت صفات‌های آن‌ها بود. پس از آزمایش حدود ۲۸۰۰۰ گیاه (او یک راهب [تاریک دنیا] بود، و ظاهراً وقت آزاد زیادی داشت)، مندل موفق شد اصول پایه‌ای توارث را کشف کند (به پرسش ۲۲ نگاه کنید). از شور بختی، مندل در سال ۱۸۶۸ راهب بزرگ و مسئول صومعه شد و وظایف اداری زیاد او به این معنی بود که او دیگر وقت نداشت به آزمایشات خود بازگردد، یا حتی یافته‌های خود را منتشر کند. سپس، فاجعه‌آمیزترین فاجعه‌های دانشیک به وقوع پیوست. هنگامی که مندل در سال ۱۸۸۴ درگذشت، جانشین او هم‌چون راهب بزرگ مسئول صومعه، تمام مقالات او را سوزاند. ما از کشفیات مندل فقط به دلیل خلاصه‌ای مختصر که در مجله یک انجمن دانشیک محلی، درست پیش از این‌که راهب بزرگ صومعه شود، منتشر کرده بود، مطلع هستیم (که نسخه ای از آن در کتابخانه داروین موجود بود)^[۶].

[۵] تصویری از گیاه نخود (*Pisum sativum*) که مندل از آن در آزمایش‌های خود استفاده می‌کرد.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=194762>

[۶] داستان پخش یافته‌های آزمایشی مندل از نکاتی است که هر "دانش‌مند تازه‌کار" باید آن را بشنود و از آن درس بیاموزد. مندل یافته‌های کارهای خود را برای یک گیاه‌شناس برجسته به اسم نئگلی (Nägeli) می‌فرستد که داوری کند که آیا ارزش چاپ‌شدن در یک ژورنال معتبر را دارد یا نه. نئگلی مقاله مندل را در چهارچوب اصلاح "درون آمیزی" (pure breeding) می‌بیند، در حالی که نه تنها پژوهش‌های خودش در چهارچوب اصلاح "برون‌آمیزی" (crossbreeding) بوده، بلکه تصور می‌کرده که اصلاح درون‌آمیزی اهمیت دانشیک ندارد (و به جایی هم نمی‌رسد). البته امروز ما می‌دانیم که اصلاح درون‌آمیزی هم‌سان‌گزینش زیستاری است و بسیار هم موثر است. به هر رو، نئگلی مقاله مندل را باارزش نمی‌داند. مندل هم از فرستادن مقاله به یک ژورنال مهم صرفاً‌ظ‌ر می‌کند و آن را در جلسه یک انجمن دانشیک محلی قرائت می‌کند و در ژورنال آن انجمن محلی، که بیش‌تر خوانندگان محلی داشته، چاپ می‌کند. نتیجه اخلاقی برای جوانان این است که: "هیچ وقت داوری پروفیسورهای پیرپاتیل خرفت را نپذیرید".

{1} Gregor Mendel.

{2} Brno.

{3} Silesia.

بنابراین وقتی گیاه شناس هلندی هوگو دوریس^{۱} یافته‌های آزمایش‌های خود را بر روی سازوکارهای وراثت در گل پامچال، در سال 1900، حدود ۱۵ سال پس از مرگ مندل، منتشر کرد، از این که به دلیل نادیده گرفتن کارهای مندل مورد انتقاد قرار گرفته بود، شگفت زده شد^[۷]. دوریس سرانجام ادعای اولویت مندل را پذیرفت و شاید به همین دلیل است که، به جای دوریس که نامش فراموش شده است، قوانین وراثت را به نام مندل می‌شناسیم. با این وجود، سهم دانشیک دوریس همچنان باقی است: او واژه ژن را ساخت و در ایجاد مفهوم جهش (این اندیشه که ژن‌ها می‌توانند به شکل جدیدی درآیند) سهیم بود، و در نتیجه زمینه را برای توسعه آینده ژنتیک مدرن فراهم کرد (به پرسش ۲۴ نگاه کنید).

[۷] در سال 1900 در یک فاصله کوتاه (شاید پنج ماه) سه نفر، منجمله دوریس ادعا کردند که قوانین وراثت را کشف کرده‌اند. در هنگامه‌ای که این سه نفر در حال چک و چانه زدن برای اولویت بودند، خبر می‌رسد که همین جور حرف‌ها را یک کشیش که گیاه‌شناس آماتوری بوده، ۳۵ سال پیش‌تر گفته بوده است. پس از رو شدن مقاله مندل، آن سه نفر دست از ادعا برداشته و اولویت مندل را می‌پذیرند. هستند تاریخ‌دانان بیکاری که ادعا می‌کنند که بعضی از آن سه نفر (یا حتی هر سه آن‌ها) از پیش از کار مندل خبر داشته‌اند و می‌خواسته‌اند از گمنامی او سوءاستفاده کنند و برای خود "کشفی" بسازند. افزون بر این، واقعاً شک و تردید وجود دارد که آیا این سه نفر قوانین وراثت مندلی را آن جوری که مندل فهمیده بود، فهمیده باشند.

پرسش ۲۲ - قوانین مندلی وراثت چیست؟

اکتشاف‌های مندل گاهی وقت‌ها همچون کشفی تصادفی، توسط شخصی که مسئول باغ یک صومعه بوده، انگاشته می‌شود. این برداشت، بسیار از حقیقت فاصله دارد. در واقع، مندل به خوبی با دنیای دانش در امپراتوری اتریش آشنایی داشت، زیرا هم در دانشگاه اولوموک^{۲} (در سیلیسیا و هم در دانشگاه وین، دانشجو (فلسفه و فیزیک) بود. در اولوموک، او از یوهان نستلر^{۳} الهام گرفته بود، که دل‌بستگی اصلی پژوهشی او وراثت پراکندگی در جانوران بود. وقتی به مندل اجازه داده شد تا دل‌بستگی‌های دانشیک خود را در صومعه خود دنبال کند، بررسی پراکندگی در گیاه نخود را انتخاب کرد، که به راحتی می‌توانست در باغ‌های گسترده صومعه پرورش دهد. او مسئول باغ‌ها نبود. او فقط مجاز بود از آن‌ها برای آزمایش‌های خود استفاده کند.

مندل اندک اندک، طی یک سری آزمایش‌های طولانی و سخت، متوجه شد که هر گیاه والد باید برای هر صفتی یک "عامل"^{۴} به فرزندان خود منتقل کند (ما اکنون از آن عامل‌ها به نام آلل یا ژن نام می‌بریم)، به طوری که هر نتاج [فرزند]، دو عامل، از دو والد، دریافت می‌کند^[۱]. او تشخیص داد که هر یک از این دو عامل در بست^[۲] به نتاج منتقل می‌شوند: هنگامی که دو والد دارای صفت‌های ناهم‌گونی بودند (برای مثال میوه‌های سبز و میوه‌های زرد) نتاج [فرزندان]، ترکیبی از این دو صفت را نشان نمی‌دادند، بلکه معمولاً بطور کامل همانند یکی از والدین خود بودند. مهم‌تر از همه، با نگاه کردن به همه نتاج تولید شده توسط یک جفت والد از انواع گوناگون (برای مثال،

{1} Hugo de Vries.

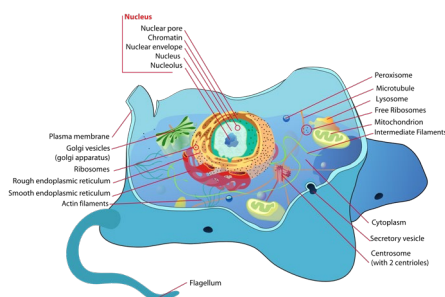
{2} Olomouc.

{3} Johann Nestler.

{4} Factor.

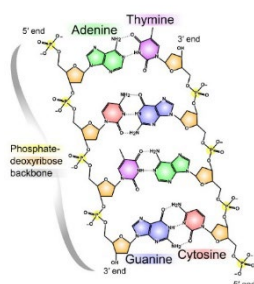
دارای میوه‌های سبز در برابر زرد)، متوجه شد که آن‌ها به طور شگفت‌انگیزی نسبت ثابتی از دو صفت را نشان می‌دهند: یک چهارم از نتاج همانند یکی از والدین (آن‌ها که میوه‌های زرد رنگ داشتند) و سه چهارم آن‌ها همانند والد دیگر (آنها که میوه‌های سبز داشتند) بودند، این نسبت در هزاران درهم‌آمیزش^(۱) و نسل‌های پشت سر هم ثابت بود.

[۱] جمله اول این بند، به صورت غیرمستقیم، تعریفی از "فاکتورهای مندلی" یا "ژن‌ها، از دیدگاه مندلی، و تا حدی از دیدگاه ژنتیک مندلی، ارائه می‌دهد. خوب است، برای کسانی که ژنتیک نخوانده‌اند، توضیحی عمومی ارائه کنم، تا کار خواندن بخش‌های دیگر این کتاب راحت‌تر بشود. بدن هر یک از ما، از شمار زیادی واحد ساختمانی که به آن یاخته (سلول=cell) می‌گویند، که مانند یک کیسه بسته می‌ماند، ساخته شده است. درون هر یاخته، شمار زیادی اندامک (organelle) وجود دارد. یک تصویر تقریبی از یک یاخته جانوری را در زیر نگاه کنید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4266142>

یکی از این اندامک‌ها (اگر بشود اسم آن را اندامک گذارد)، که در تصویر بالا با رنگ نارنجی نشان داده شده، هسته نام دارد. نزدیک به ۹۹٪ از یاخته‌های ما، هسته دارند. درون هسته، شماری کروموزوم (chromosome) وجود دارد. هر کروموزوم، یک رشته بلند نردبانی است (مانند تصویر زیر، که شرح بیشتری از آن را پس از پرسش ۷ و ۲۸ آورده‌ام).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1848174>

هر پله از این نردبان را نوکلئوتید (nucleotide) می‌نامند. شمار کروموزوم‌ها در جانداران گوناگون، که آن را عدد هپلوئید (haploid number) می‌نامند، ناهم‌گون است. مثلاً عدد هپلوئید در انسان ۲۳، در شامپانزه ۲۴، در گاو ۳۰، در مرغ ۳۹ و در مگس سرکه ۴ است. جاندارانی مثل انسان از هر کروموزومی، یک جفت دارند، و به همین دلیل به آن‌ها دیپلوئید (diploid) می‌گویند. دو کروموزوم موجود در هر جفت، هم‌اندازه یک‌دیگر و بسیار همانند هم هستند. اندازه کروموزوم‌ها هم متغیر است. مثلاً در انسان کوتاه‌ترین کروموزوم، که کروموزوم شماره ۲۲ باشد، نزدیک ۵۱ میلیون نوکلئوتید (شبه پلکان یک نردبان) دارد و بلندترین کروموزوم، که کروموزوم شماره ۱ باشد، نزدیک ۲۴۹ میلیون نوکلئوتید دارد. البته شمار نوکلئوتیدهای یک کروموزوم بستگی به روش شمارش آن‌ها دارد و در گزارش‌های گوناگون دانشیک، رقم‌های گوناگونی گزارش می‌شوند. طول تمام کروموزوم‌ها در انسان، کمی بیش از ۳ میلیارد برای

^(۱) Cross.

۲۳ کروموزوم (یا کمی بیش از ۶ میلیارد نوکلئوتید برای ۲۳ جفت کروموزوم) است. آنچه که در واژگان دانشیک "ژن" نامیده می‌شود، بخشی از یک کروموزوم است. یک نام به‌تر برای "ژن"، که به بدفهمی کم‌تری می‌انجامد، "جای‌گاه" یا لوکوس (locus) است. در هر جای این کتاب که نویسنده از واژه "ژن" استفاده کرده باشد، من برای امانت در برگردانی، آن را به "ژن"، برگرداندم. اما در پانوشته‌های خودم، سعی در پرهیز از واژه "ژن" دارم!

از آن جایی‌که از هر کروموزوم یک جفت (یعنی دو نمونه) وجود دارد، بنابراین از هر جای‌گاهی در کروموزوم، دو نمونه وجود دارد. هر کدام از این نمونه‌ها را ال (allele) می‌نامند. دو ال، به راستی دو ریخت (شکل=morph) از دی‌ان‌ای (DNA) موجود در آن جای‌گاه است. در بیش‌تر متون ژنتیکی واژه "ژن" را هم به معنی جای‌گاه استفاده می‌کنند و هم به معنی ال. به نظر من این استفاده دوگانه از واژه "ژن" باعث بدفهمی می‌شود. چرا؟ برای این که مثلاً اگر بگویند "ژن مسئول تولید فلان چیز" وجود ندارد، معلوم نیست که آیا یک ال خاص وجود ندارد یا آن که آن جای‌گاه از مولکول دی‌ان‌ای حذف (deletion) شده است. وجود نداشتن یک جای‌گاه، یک نقص ژنتیکی است که می‌تواند عواقب وخیمی، منجمله سقط جنین، داشته باشد.

بنابراین، در یک لوکوس از یک فرد، امکان حضور دو ال (allele) وجود دارد. اما، در کل جمعیت بیش از دو ال می‌توانند وجود داشته باشند، زیرا افراد گوناگون می‌توانند ال‌های گوناگونی را در کروموزوم‌های خود داشته باشند. بطور کلی در بیش از ۹۹٪ جای‌گاه‌ها، فقط یک نوع ال وجود دارد، و فرد باید هوموزیگوت (homozygote) باشد. چرا؟ برای این‌که به طور مثال در انسان، حدود ۳ میلیارد نوکلئوتید وجود دارد، و هر دو انسانی (مثلاً یک ایرانی و یک چینی)، در میانگین، فقط در حدود ۴ تا ۵ میلیون نوکلئوتید، با هم ناهم‌گونی دارند (یعنی همانندی در حدود ۹۹.۸٪ است!). در بخش بسیار کوچکی از تمام لوکوس‌ها که هوموزیگوت نیست، درصد بسیار، بسیار بالایی فقط دو ال دارند. اما، به طور استثنا بعضی جای‌گاه‌ها، مانند لوکوس‌های گروه ژنتیکی MHC (Major Histocompatibility Complex)، که نقش مهمی در سامانه ایمنی بدن دارند، صدها ال می‌تواند در هر جمعیتی وجود داشته باشد. تاکید می‌کنم که گروه ژنتیکی MHC یک استثنا است. یک توضیح دیگر این‌که، همه جان‌داران از هر کروموزومی یک جفت ندارند، بلکه ممکن است یک سری یا بیش‌تر از یک جفت داشته باشند.

[۲] در جمله دوم این بند از واژگان "breed true" استفاده شده که من آن را به "انتقال دربست" برگرداندم. این واژگان معمولاً در مورد یک "فرد" و در معنی همانندی کامل والد و فرزند به کار می‌رود. در چنین مواقعی جان‌دار حتماً باید هوموزیگوت باشد تا "breed true" صورت بگیرد. در این بند، نویسنده واژگان "breed true" را برای "عامل‌های مندلی=Mendelian factor" به کار برده تا بگوید که هر ال بدون تغییر یا مخلوط شدن با ال دیگر به فرزند منتقل می‌شود. این جور استفاده از این واژگان ممکن است ایجاد آشفته‌گی کند. شما به بزرگی خودتان، نویسنده را ببخشید.

مندل استدلال کرد که اگر هر یک از والدین دارای دو عامل برای یک ویژگی خاص باشند و فقط یکی از آن‌ها در هنگام لقاح منتقل شود، ترکیبات احتمالی در فرزندان آن‌ها از یک قاعده آماری ساده پیروی می‌کند، به شرطی که عامل‌ها در طول روند [تقسیم یاخته‌ای] میوز^(۱) برای تولید کامه‌ها^(۲) (یا یاخته‌های جنسی که تنها نیمی از ژن‌های هر یک از والدین را دارا هستند)، به طور تصادفی جدا شوند [۴]. (ما اکنون می‌دانیم که این امر از طریق تفکیک کروموزوم‌هایی که همه این "عامل"ها روی آن قرار دارند رخ می‌دهد، به طوری که هر کامه تنها نیمی از کروموزوم‌های والدین را دارد). هنگامی که در حین لقاح، عامل یک والد با عامل والد دیگر جفت می‌شود، ترکیبات ممکن از دو عامل، از دو والد، می‌تواند به چهار نتیجه بیانجامد و از آن‌جا که هر چهار ترکیب به یک اندازه محتمل هستند، هر ترکیب در یک چهارم از همه فرزندان وجود خواهد داشت. [اگر دو

(1) Meiosis.

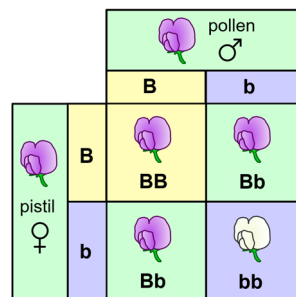
(2) Gamete.

عامل (الل) را با A و a نشان دهیم و] اگر هر دو والد Aa باشند (که A برای میوه سبز و a برای میوه زرد باشد)، هر کدام از والدین در نیمی از وقت‌ها یک عامل A و در نیمی دیگر از وقت‌ها یک عامل a را منتقل می‌کنند و فرزندان آن‌ها دارای ترکیب AA، Aa، aA، و aa، در بسامدهای برابر هستند. نتیجه این روند ۲۵٪ AA، ۵۰٪ Aa و ۲۵٪ aa خواهد بود. اگر اثر یکی از دو عامل به مشارکت گذاشته شده از یک والد، توسط عاملی از والد دیگر، مغلوب شود (مفهوم مندلی مغلوب {۱} و غالب {۲})، برای مثال، مثلاً A بر a غالب باشد، در این صورت هر ژنوتیپ Aa [۵] همیشه در فرزندان به شکل یک فنوتیپ A ظاهر می‌شود. در چنین موردی، یک قاعده حسابی ساده، نسبت ۳:۱ را به نفع عامل غالب پیش‌بینی می‌کند: ژنوتیپ‌های AA، Aa و aa همه هم‌چون فنوتیپ A ظاهر می‌شوند و فقط ژنوتیپ aa ویژگی a را نشان می‌دهد [۶].

[۳] میوز، نوعی تقسیم یاخته‌ای است.

[۴] به نظرم می‌آید که فرض نویسنده بر این است که خواننده قدری ژنتیک می‌داند (در حالی که خودش دانش ژنتیکی کافی ندارد) و او فقط نیاز دارد که یک یادآوری کوچک بکند تا خواننده همه چیز را به یاد بیاورد. حدس من این است که برای افرادی که در دانش‌های زیستی تحصیل نکرده‌اند، وجود یکی دو تصویر، به فهم بهتر مطلب کمک کند.

در تصویر زیر نمایشی از مثال بالا را می‌بینید، با این ناهم‌گونی که به جای نام‌گذاری لوکوس با حرف A، از حرف B استفاده شده است، و صفت مورد نظر، رنگ گل است. واژه (pistil) به معنای مادگی و واژه (pollen) به معنای گرده است.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2063426>

در آن بخش از ژنتیک، که ژنتیک مندلی نام دارد، فرض بر این است که هر جای‌گاه ("ژن") بخش کوتاهی از یک کروموزوم است. شاید (با مقدار زیادی اغماض) بتوان گفت کروموزوم یک رشتهٔ دراز از شمار زیادی "ژن" است. در بسیاری از موجودات، مثلاً نخود یا انسان، دو سری کروموزوم وجود دارد. بنابراین، هر موجود دو نسخه از هر جای‌گاه دارد. هر یک از این نسخه‌ها را یک الل (allele) می‌نامند. هر کدام از یاخته‌های بازآوری (تولید مثلی) فقط یک سری از کروموزوم‌ها را در خود دارند. یعنی، ما برای هر جای‌گاه، یک الل از پدر و یک الل از مادر خود به ارث می‌بریم. این دو الل به صورت "دریست" به ما می‌رسند، و به جز رخداد بسیار نادر جهش ژنتیکی، به صورت "دریست" به فرزندان ما منتقل می‌شوند. بنابراین، بر خلاف نگره‌های پیش‌مندلی، الل‌ها "با هم ترکیب" نمی‌شوند، بلکه "در ترکیبی تازه" کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند. مثالی که در این بند آمده (وجود AA، Aa، aA، و aa نشان می‌دهد که دو الل در یک جای‌گاه می‌توانند "در ترکیبی تازه" در ۴ شکل وجود داشته باشند.

{1} Recessive.

{2} Dominant.

[۵] "ژن" را مدیون دوریس هلندی هستیم. ولی تفکیک ژنوتیپ و فنوتیپ را از گیاه‌شناس دانمارکی یوهنسن (Johannsen) داریم. در زمان دوریس و یوهنسن صفتهایی را که با چشم می‌توانستند ببینند و شمارش کنند و یا با ابزاری ساده (مثل ترازو یا خط‌کش) اندازه‌گیری کنند فنوتیپ (phenotype) می‌نامیدند. در برابر، عامل‌های درونی را که خاستگاه فنوتیپ می‌دانستند، ژنوتیپ (genotype) می‌نامیدند. یک امری را که نباید فراموش کرد آن است که در ابتدای تاریخ ژنتیک، پیدا کردن رابطه "یک جای‌گاه - یک صفت" تنها کاری بود که از دست ژنتیک‌دانان برمی‌آمد. در حالی که امروزه روابط پیچیده‌تر "چند جای‌گاه - یک صفت" و یا "چند جای‌گاه - چند صفت" قابل شناسایی هستند. محض تاکید می‌گوییم که من استفاده از "مدل تک جای‌گاهی" را مربوط به دوران طفولیت دانش ژنتیک می‌دانم.

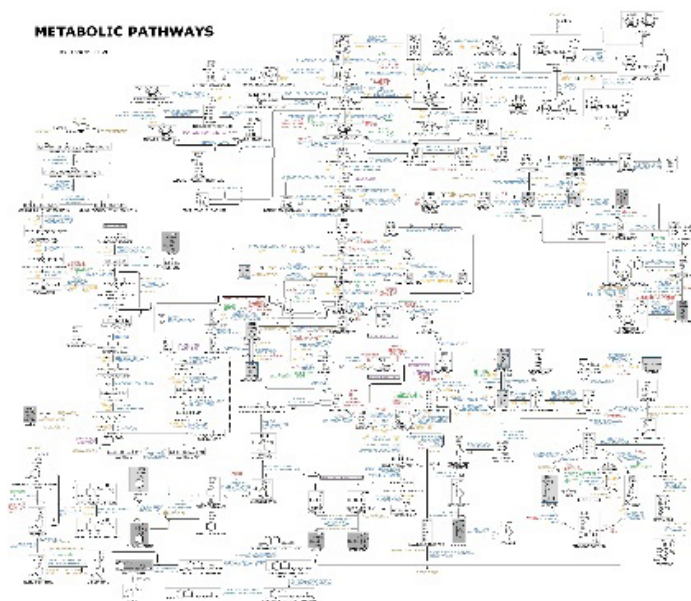
یوهنسن از مخالفان سرسخت "گزینش زیستاری" بود و آزمایش معروفی دارد که مثل آزمایش معروف پاستور مشکل‌های زیادی درست کرد! یوهنسن از لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris*) استفاده کرد. دانه‌های شماری گیاه را وزن کرد. سپس از هر گیاه فقط سنگین‌ترین دانه‌ها را کاشت و این کار را برای چند نسل تکرار کرد. در پایان آزمایش، دوباره دانه‌های گیاهان را وزن کرد و مشاهده کرد که میانگین وزن دانه‌ها فرقی نکرده است. نتیجه‌گیری او این بود که "گزینش مصنوعی" اثری ندارد و در نتیجه "گزینش زیستاری" هم اثری ندارد. در آن زمان کسی روی اصل فرگشت تردیدی نداشت، و بحث فقط بر سر سازوکار فرگشت بود. آزمایش یوهنسن باعث شد، "گزینش" در نظر دانش‌مندان اهمیت خود را از دست بدهد. بعدها معلوم شد که گیاه انتخابی یوهنسن، خودبارور (self-fertilizing) است، در نتیجه در همه جای‌گاه‌ها، هوموزیگوت است. بنابراین پراکندگی ژنتیکی در یک نمونه از گیاه وجود ندارد که گزینش بخواهد روی آن عمل کند. پاستور و یوهنسن در صدر فهرستی از دانش‌مندان قرار دارند که من از آن‌ها خوشم نمی‌آید!!

[۶] یک نکته مهم این باره این بند این است: پدیده غالب و مغلوب در ژنتیک چیست؟ این پدیده را باید در چهارچوب بیوشیمی دید. اگر فردی در یک جای‌گاه دارای دو الل گوناگون باشد، مثلاً A و a، به آن فرد هتروزیگوت (heterozygote) می‌گویند. در یک جای‌گاه که نقش کاربردی دارد، دو الل ناهم‌گون موجود در آن جای‌گاه، مثلاً A و a، دو آنزیم گوناگون را می‌سازند. اگر سرعت فعالیت آنزیمی که A می‌سازد، بسیار بیش‌تر از آنزیم ساخت a باشد، اثر آنزیم ساخت a دیده نمی‌شود، و در واژگان دانشیک می‌گوییم که A بر a غالب است. نکته مهم دیگر این است که پدیده غالب و مغلوب به ندرت "کامل" است (به این مفهوم که الل غالب، به ندرت می‌تواند به طور کامل اثر الل مغلوب را بپوشاند). در بیش‌ترین نمونه‌ها، فنوتیپ هتروزیگوت‌ها بینابینی هستند. یعنی هتروزیگوت، نزدیک یکی از هوموزیگوت‌ها هست، ولی نه کاملاً. در مورد اپیستازی (epistasis) هم همین طور است. مثال‌های غالب/مغلوب کامل و اپیستازی کامل، که در کتاب‌های درسی وجود دارند، استثناء هستند و نه قاعده!

دو نمونه انسانی آشنا از وراثت ساده مندلی، رنگ مو و رنگ چشم است که هر دو هم‌چون ژن‌های منفرد [۷] به ارث می‌رسند و رنگ‌های تیره بر رنگ‌های روشن غالب هستند. این بدان معنا است که فرزندان یک هوموزیگوت AA (تیره) (با دو نسخه یک‌سان از ژن) و یک هوموزیگوت aa (روشن)، همگی [هتروزیگوت] Aa خواهند بود و بنابراین موهای تیره (و چشم قهوه‌ای) خواهند داشت - حتی اگر یکی از والدین بور باشد (و چشم آبی) [۸]. اما در نسل پس از آن، اگر فرزندان Aa (تیره) با aa هوموزیگوت جفت شوند، آن‌ها سه فرزند بور و یک فرزند تیره تولید می‌کنند. همه این‌ها یک منطق ساده دارد.

[۷] تا حالا باید برای شما روشن شده باشد که از نظر من "مدل تک جای‌گاهی" (ژن) = single locus (gene) model مدلی است که به شدت ساده‌انگارانه است. مثال رنگ مو و چشم که در این بند آمده، مثال‌های خوبی برای نشان دادن ساده‌انگاری این مدل است. مثالی دیگر، رنگ پوست است که تا بحال حداقل ۴ جای‌گاه عمده (major gene) برای آن پیدا شده است. معلوم نیست در آینده چند جای‌گاه عمده و چند جای‌گاه جزئی (minor gene) دیگر برای آن پیدا شود. وجود درجات گوناگون از روشنایی/تیرگی پوست نشان از آن دارد که "مدل تک

جای‌گاهی" به روشنی ناپسندیده است. در مورد رنگ چشم، داستان از این هم خنده دارتر است. زیرا رنگ چشمی که قهوه‌ای نیست، نه به خاطر رنگ‌دانه آبی یا سبز است، بلکه ساختار چشم باعث می‌شود نور به نحوی بشکند که چشم به رنگ دیگری دیده شود. این را Tyndall effect می‌گویند، که همانند پدیده آبی دیدن آسمان است (Rayleigh scattering). ساختار چشم هم مثل هر ساختار کالبدشناسانه دیگر، زیر تاثیر جای‌گاه‌های زیادی است. به هر رو، در این قبیل موارد یک آزمایش کوچک همه مشکل‌ها را حل می‌کند: روبروی یک "چارت بیوشیمیایی" بایستید (مانند تصویر زیر که فقط جزیی از تمام یک "چارت بیوشیمیایی" کامل است) و سعی کنید یک آنزیمی را پیدا کنید که هیچ ربطی به آنزیم‌های دیگر ندارد. نیازی به عجله نیست. من به شما ۵۰ سال وقت می‌دهم. اگر چنین آنزیمی را پیدا کردید، آن موقع می‌توانید "مدل تک جای‌گاهی" را به کار ببرید. موفق باشید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51014735>

[۸] تاکید آخر بر بور بودن یکی از والدین، نالازم بود، زیرا در اول جمله این امر ذکر شده بود.

یک پدیده مرتبط، اما حتی جالب‌تر، در دهه ۱۹۸۰ کشف شد: نقش‌گذاری ژنومیک {۱} [۹] [۱۰]. برخلاف ال مغلوب که در ژنتیک مندلی معمولی، مهار {۲} می‌شود، نقش‌گذاری ژنومیک شامل ژن‌های یک صفت خاص از یکی از والدین است که به طور کامل از کار می‌افتد (یا "نقش‌گذارده") می‌شوند، به طوری که این صفت همیشه فقط توسط ژن‌های والد دیگر تعیین می‌شود [۱۱]. حدود ۱۵۰ ژن [۱۲] که این چنین رفتار می‌کنند، شناخته شده‌اند. برای مثال، سامانه لیمبیک {۳} (مرکز احساسات مغز) فقط توسط ژن (های) پدر، هر چه که باشند، و نئوکورتکس {۴} (مرکز "تفکر" مغز، و محل انجام کلیه فعالیت‌های آگاهانه) تنها توسط ژن (های) مادر تعیین می‌شوند. (من در برابر هرگونه وسوسه‌ای برای اظهار "نگفتم؟" مقاومت می‌کنم، اما شما اگر خواستید آن را بیان کنید.) مثال دیگر ژن "فاکتور رشد شبه-انسولینی ۲" (IGF2) است که فقط از ژن به ارث رسیده از پدر، بروز می‌یابد. در واقع، به نظر می‌رسد که ژن‌ها "می‌دانند" از کجا آمده‌اند.

{1} Genomic imprinting.

{2} Suppress.

{3} Limbic system.

{4} Neocortex.

[۹] در اینجا واژگان نقش‌گذاری ژنومیکی به کار رفته، ولی نقش‌گذاری ژنتیکی هم همین است. باید بگوییم که نقش‌گذاری = imprinting و نقش‌گذارده = imprinted.

[۱۰] نقش‌گذاری ژنتیکی/ژنومیکی را می‌توان با اپیژنتیک "epigenetics" یکی دانست، و از این راستا نقش‌گذاری پدیده‌ایی است که از دهه ۱۹۴۰ شناخته شده بوده است. برای این موضوع به کارهای Waddington نگاه کنید.

[۱۱] برای شما که ریچارد داوکینز (Richard Dawkins) را می‌شناسید باید بگوییم که تمام نگره او بر اساس وجود چنین جای‌گاه‌هایی استوار است. در عوض کسانی که با نگره او مخالفند می‌گویند که چنین جای‌گاه‌هایی استثناء هستند. دعوا بر سر چیست؟ دعوا بر سر این است که "هدف" گزینش چیست؟ "هدف" در این معنی که گزینش زیستاری در چه ترازوی کار می‌کند. آیا "ژن" هدف است، یا "فرد" یا "گروه"؟ داوکینز (و اقلیتی دیگر) فکر می‌کنند "ژن" هدف است. گروه بزرگ‌تری فکر می‌کنند "گروه" هدف است. و گروه باز هم بزرگ‌تری (مثل داروین) فکر می‌کنند "فرد" هدف است. اقلیتی هم هستند که ترکیبی از این سه را قبول دارند (مانند استیون جی گولد (S. J. Gould)). مشاهدات من حکایت از این دارند که افراد باورمند به "ژن" و "گروه" (مانند داوکینز و گولد) معمولاً ژنتیک‌دان نیستند!

[۱۲] برای درک استثناء بودن چنین پدیده‌هایی، توجه به رقم ۱۵۰ بسنده است. شمار رسمی "ژن"‌ها حدود ۲۰ هزار است. در نتیجه ۱۵۰ به معنی کمتر از ۱٪ است. البته اکنون شمار چنین جای‌گاه‌هایی به بالای ۲۰۰ (حدود ۱٪) رسیده است.

برای اکثر صفت‌ها، ال‌های به ارث رسیده از دو والد می‌توانند، در صورت نقص، یکی از آن‌ها کم‌بود دیگری را جبران کند، اما بدیهی است که با ژن‌های نقش‌گذارده، این امر رخ نمی‌دهد. در انسان، حداقل دو اختلال ژنتیکی مشهور (نشانگان پرادر-ویلی و انجلمن^[۱]) هم‌چون نتیجه‌ای از اثر نقش‌گذاری ژنومیکی به وجود می‌آیند، یکی به دلیل اثر پدری (ژن فعال، اما معیوب، ژنی است که از پدر به ارث رسیده است)، دیگری به دلیل اثر مادری است. هر دو به اختلالات رشدی، که به اختلالات ذهنی و اجتماعی قابل توجهی می‌انجامند، منجر می‌شوند. [در مثالی دیگر، ژن DIRAS3، که به نظر می‌رسد رشد تومورها (به ویژه در تخمدان‌ها و پستان‌ها) را سرکوب می‌کند، از نظر مادری نقش‌گذارده است. در مواردی که ژن معیوب از مادر به ارث رسیده است، افراد در برابر خطر بالایی از سرطان قرار دارند. دلیل‌های فرگشت این سازوکار بسیار جالب است و من در پرسش ۷۸^[۱۳] به آن برمی‌گردم.

[۱۳] اشاره دوباره به این مطلب در پرسش ۷۶ صورت می‌گیرد (و نه پرسش ۷۸).

پرسش ۲۳ - "سنتز نوین"^[۱] چیست^[۲]؟

پس از کشف مجدد قوانین وراثت مندل، شماری از ژنتیک‌دانان و نگره‌پردازان فرگشتی در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ نگره فرگشت داروین را، که نزدیک بود از یادها برود، با طرح نگره‌ای ریاضی که روند فرگشت را با قوانین مندل ترکیب می‌کرد، نجات دادند. عنوان کتاب جولیان هاکسلی چاپ ۱۹۴۲ "سنتز نوین"، نام نگره ترکیبی جدید بود^[۳].

[۱] سنتز نوین را سنتز مدرن و نئوداروینیسم هم می‌گویند.

^[۱] Prader-Willi and Angelman syndromes.

[۲] به‌تر است که مقدمه‌ای کوتاه بر "سنتز نوین" را در این‌جا بیاورم.

پدیده‌ای که ما امروز به نام "جهش" (یا موتاسیون) می‌شناسیم، به نوعی، پیش از داروین هم شناخته شده بود. برای داروین و هم زمانان او، "جهش"، پیدایش صفتی در یک فرد بود که در "پیشینه" آن فرد وجود نداشته است. مثلاً اگر در یک جمعیتی از گاوهای سیاه رنگ، یک گاو قرمز/قهوه‌ای به دنیا می‌آمد، آن گاو قرمز/قهوه‌ای را یک "جهش" به حساب می‌آوردند. پس از چاپ کتاب معروف داروین به نام "در باره پیدایش گونه‌ها" در سال 1859، تقریباً تمامی زیست‌شناسان، اصل فرگشت (تکامل) را قبول کرده بودند. ولی بحث بر سر جزئیات، به نتیجه نرسیده بود و حتی امروز هم بحث درباره جزئیات ادامه دارد. یکی از مسائلی که داروین روی آن پافشاری زیاد داشت این بود که "جهش"، که از نظر او تغییری بزرگ بود، نقش کوچکی در فرگشت دارد. در برابر، داروین فکر می‌کرد که "ناهم‌گونی‌های جزئی"، و اثر "گزینش زیستاری" روی این ناهم‌گونی‌های جزئی، به "فرگشت تدریجی" می‌انجامد. اهمیتی که او برای "فرگشت تدریجی" پیش‌نهاد می‌کرد، چنان زیاد بود که حتی خود او سرنوشت نگره‌اش را به این موضوع گره زده بود. به همین دلیل او و نگره فرگشتی‌اش شدیداً نیازمند یک "نگره توارثی" بودند که بتواند ناهم‌گونی‌های جزئی را توضیح دهد.

پس از شناخته شدن اصول توارث مندلی در سال 1900، یک "جنگ" بسیار خشن و ناخوشایندی بین دو گروه از زیست‌شناسان درگرفت. یک گروه، که به آن‌ها زیست‌سنج‌ها (biometricians) می‌گفتند، به دنباله‌روی از داروین، برای توارث مندلی، که در آن موقع به کشف "ژن‌های با اثر بزرگ محدود بود، نقش مهمی در فرگشت قائل نبودند. گروه دیگر، که به آن‌ها مندلی‌ها (Mendelians) می‌گفتند، جهش "ژن‌ها" را عامل اصلی فرگشت می‌دانستند. مندلی‌ها با تکیه به جهش‌هایی که در هر گیاه و جانوری قابل مشاهده بود، ناهم‌گونی‌های جزئی، گزینش زیستاری و فرگشت تدریجی را رد می‌کردند. روشن است، که در ظاهر، مندلی‌ها به سرعت "جنگ" را بردند. نتیجه آن شد که بیش‌ترین زیست‌شناسان، داروین را به فراموشی سپردند و مندلی شدند، هر چند که نمی‌توانستند ناهم‌گونی‌های جزئی را توضیح دهند. (مندلی‌ها در فاصله سال‌های 1902 تا 1918 ده‌ها انگاره برای فرگشت مطرح کردند که تمامی آن‌ها امروز به نظر ما خنده‌دار می‌آیند. ولی این داستانی است برای وقتی دیگر!).

به‌هر رو، داروین و نگره او در محاق رفتند، تا سال 1918، یک دانشجوی فوق لیسانس ریاضی/آمار به نام فیشر (Ronald Aylmer Fisher) مقاله‌ای منتشر کرد و در آن مقاله نشان داد که اگر "عامل‌های مندلی" ("ژن‌ها") اثر کوچکی داشته باشند، و شمار نسبتاً زیادی از "عامل‌های مندلی در بروز یک صفت تاثیر داشته باشند، "جمع اثر" آن‌ها منجر به ایجاد ناهم‌گونی‌های جزیی خواهد شد (که در یک منحنی نرمال قابل مشاهده است). به این ترتیب، فیشر موفق شد بین نگره‌های داروین و اصول مندلی آشتی برقرار کند. یافته‌های فیشر (1918) در کنار یافته‌های رایت (Wright) (1921) و هلدین (Haldane) (1924) آغاز دو شاخه جدید در ژنتیک شد (ژنتیک کمی و ژنتیک جمعیت). پژوهش‌گران ژنتیک کمی از ابتدا به اصلاح "نژاد" دام و گیاه رو آوردند. ژنتیک جمعیت به سرعت به روش مورد استفاده پژوهش‌گران فرگشتی تبدیل شد. سعی کارشناسان ژنتیک جمعیت آن بود که ببینند بسامد (frequency) ال‌هایی که اثر کوچکی روی برآزش داروینی دارند (Darwinian fitness) در اثر گزینش زیستاری (و دیگر نیروهای فرگشتی) چقدر تغییر می‌کند. رشد یافته‌های این جور پژوهش‌گران از میانه دهه 1930 تا میانه 1940 به اندازه‌ای شد که در آن سال‌ها موفق شدند دیگر زیست‌شناسان را قانع کنند که نگره‌های داروین در مورد ناهم‌گونی‌های جزئی، اثر گزینش زیستاری روی ناهم‌گونی‌های جزئی و فرگشت تدریجی، در کل، درست بوده است. کسانی که به این یافته‌ها رسیدند (امثال فیشر، هلدین، جولیان هاکسلی، دوپژنسکی، سیمپسون (G. G. Simpson)، رایت، و "داروینی‌ترین" آن‌ها از نظر من، ارنست مایر (Ernst Mayr)، اسم تلفیق نگره‌های داروین و مندلی، از طریق ژنتیک جمعیت را، "سنتز نوین" گذاشتند. پس به طور خلاصه، سنتز نوین، تلفیق ژنتیک مندلی (از طریق ژنتیک جمعیت) با فرگشت داروینی است.

[۳] پایه‌های نگره‌های ریاضی که از آن‌ها اسم برده می‌شود توسط فیشر (Fisher, 1918)، رایت (Write, 1921) و هلدین (Haldane, 1924) گذاشته شد.

در واقع، این نگرۀ تازه، ترکیبی از دو نگره بود. اول: نگره خُردفرگشت یا فرگشتِ کوچک^{1} که بر پایه ژنتیک مندلی بود. این نگره، تغییر ساختار ژنتیکی یک جمعیت، در طول زمان، در اثر گزینش را توضیح می‌دهد. دوم: نگرۀ کلان‌فرگشت یا فرگشتِ بزرگ^{2} بر پایه نگره اصلی داروین بود. این نگره، تغییر گونه‌ها برای سازگاری با محیط‌های گوناگون را توضیح می‌دهد. (به پرسش ۴ نگاه کنید و توضیح اصل ۲ (وراثت) و اصل ۳ (سازگاری) داروین را ببینید.) نکته مهم این بود که فرگشتِ کوچک، محصول یک نگره قیاسی^{3} پیچیده ریاضی [به نام ژنتیک جمعیت] بود. [در ژنتیک جمعیت] پیش‌بینی ترکیب [ژنتیکی] آیندۀ جمعیت از مجموعه‌ای از اصول در مورد الگوی وراثت و میزان گزینش، قابل استنتاج بود^{4}. نگرۀ قیاسی [ژنتیک جمعیت] قطعاً برخلاف نگره استقرایی^{5} داروین درباره فرگشت گونه‌ها بود. زیرا، داروین از سنت استنتاج از جزء به کل^{5} استفاده می‌کرد [۶] [۷].

[۴] آنچه را که نویسنده در این جمله می‌گوید می‌توان با فرمول ساده " $R=h^2 S$ " نشان داد که در آن پاسخ (ژنتیکی) به گزینش، h^2 وراثت‌پذیری صفت مورد نظر، و S مقدار گزینش است. این فرمول را می‌توان به راحتی به فرمول‌هایی عام‌تر که شرایط پیچیده‌تری را در برگیرد گسترش داد.

[۵] در ارتباط با بخش آخر این بند باید حرفی را که پیش از این در پانویشت [۲]، پرسش ۸ گفته بودم، تکرار کنم. در این‌که داروین ادعا کرده بود که از روش استقرایی فرانسویس بیکن (Francis Bacon) تبعیت کرده، تردیدی نیست. اما امروزه عقیده عمومی بر این است که روش او بیش‌تر انگاره-قیاسی (Hypothetico-deductive) است تا چیز دیگر. بعضی (مثلاً Ernst Mayr) حتی داروین را به "ویتربینی کردن=Window dressing" روش استقرایی متهم می‌کنند.

[۶] ساختار هر دو جمله این بند را با شکستن هر جمله به چند جمله تغییر دادم! در ضمن بعضی کلمات را هم، کم یا افزون کردم.

[۷] در پانویشت [۳]، پرسش ۲۱، به آزمایش وایزمن اشاره کردم. شرح کوتاه آزمایش او از این قرار است: وایزمن در آزمایش معروفش در دهه ۱۸۸۰، دم شماری موش را اندازه زد (احتمالاً ۶۸ موش) و سپس دم آن‌ها را برید و آن‌ها را آمیزش داد. او هم‌چنین دم بچه موش‌های به وجود آمده از این آمیزش‌ها را در بدو تولد برید. او این کار را برای ۵ نسل تکرار کرد. او گویا در مجموع دم ۹۰۱ موش را بریده بود. در پایانِ آزمایش، نتیجه‌گیری کرد که هیچ موشی بی دم به دنیا نیامده است و میانگین طول دم موش‌ها هم کم نشده است. بنابراین، انگاره لامارک در مورد توارث صفت‌های اکتسابی را رد کرد.

لطفاً دقت کنید که انگاره توارث ترکیبی داروین، پیش از این توسط جنکین رد شده بود. انگاره توارث صفت‌های اکتسابی لامارک را هم وایزمن رد کرد. بنابراین، پس از آزمایش وایزمن (تا سال ۱۹۰۰)، انگاره دیگری برای توارث وجود نداشت.

[یادآوری می‌کنم که مطابق "دگم مرکزی" وایزمن، ژن‌ها [ژنوتیپ‌ها] می‌توانند بر صفت‌های یک جان‌دار [فنوتیپ‌ها] اثر بگذارند، اما عکس آن صادق نیست (به پرسش ۲۱ نگاه کنید)]. با تکیه به "دگم مرکزی" وایزمن هم‌چون یک فرض اصلی و نسبت‌های ریاضی مندل، سنتز نوین نشان

{1} Microevolution.

{2} Macroevolution.

{3} Deductive theory.

{4} Inductive theory.

داد که چه گونه جمعیت‌های جانوران^[۸] در طول زمان فرگشت می‌یابند^[۹]. فرگشت گونه‌های کاملاً جدید، تنها نیاز به یک تغییر به اندازه بزرگ در شرایط محیطی^[۱۰] (بنابراین افزایش قدرت گزینش)، و زمان بسنده برای وقوع جهش^[۱۱] مناسب (به منظور ایجاد صفتی که بیشتر سازگار با نیازهای محیط جدید باشد) دارد.

[۸] تکیه نویسنده بر "جانوران" سهوی است! همین روش‌ها در مورد گیاهان و ... هم اعتبار دارد.

[۹] این جا هم ساختار هر دو جمله این بند را با شکستن هر جمله به چند جمله تغییر دادم! در ضمن بعضی کلمات را هم، کم کردم.

[۱۰] اگر "تغییر به اندازه بزرگ در شرایط محیطی"، با سرعت زیاد رخ دهد، به احتمال بیشتر به گونه‌مرگی می‌انجامد! اما اگر "تغییر به اندازه بزرگ در شرایط محیطی" با سرعت کم صورت بگیرد، ولی سمت تغییر شرایط محیطی برای مدت‌های دراز ثابت بماند، سازگاری با نیازهای محیط جدید، فرگشت می‌یابد.

[۱۱] جمله دوم این بند، که واژه جهش را در شکل مفرد به کار می‌برد، نمایشی دیگر از تکیه بیش از حد نویسنده به "مدل تک جای‌گاهی" است. این کژی، افزون بر این که در سال‌های ۱۹۰۰ تا میانه ۱۹۴۰ رایج بود، امروزه هم توسط کسانی که آشنایی کمی با ژنتیک دارند، تکرار می‌شود. هیچ جهشی به تنهایی نمی‌تواند تغییرهای بزرگ را به همراه بیاورد. چاره در این است که ترکیب مناسبی از جهش‌ها در شمار زیادی از جایگاه‌ها رخ دهد که این خود نیاز به زمان دراز دارد.

سنتز نوین، در ۷۵ سال که از زمان ایجاد آن می‌گذرد، نشان داده که چه گونه می‌تواند تغییر ساختار ژنتیکی جمعیت‌ها، زیر تأثیر گزینش زیستاری و گزینش جنسی، یا در غیبت آن‌ها (نگره گزینش خنثی^[۱۲]) را پیش‌بینی کند (به پرسش ۲۹ نگاه کنید).

[۱۲] واژگان "گزینش خنثی" جمع اضداد است و بهتر است از آن استفاده نشود. به هر رو، نویسنده در این‌جا به نگره جهش خنثی (neutral mutation theory) که بانی آن کیمورا (Kimura) است، اشاره دارد. نویسنده به‌تر بود ترکیب "جهش‌های خنثی" یا ترکیب "رانس تصادفی (ژنتیکی) random (genetic) drift" را استفاده می‌کرد. به هر رو، مطابق پیش‌نهاد کیمورا، اکثر جهش‌های ژنتیکی، اثر خاصی روی برازش ندارند و در نتیجه گزینش نمی‌شوند. نتیجه کلی آن است که در تراز مولکولی، پراکندگی زیادی وجود دارد، که لزومن در زمان به وجود آمدن جهش، به پراکندگی فنوتیپی منجر نمی‌شود.

در ربع پایانی^[۱۳] قرن بیستم، سنتز نوین هم‌چنین زمینه را برای تحولات جدید در نگره فرگشتی، مانند مفاهیم برازشِ دربرگیر^[۱۴]، گزینش خویشاوندی^[۱۵] (به پرسش ۲۶ نگاه کنید) و گزینش پایاساز فراهم کرد (در گزینش پایاساز محدودیت‌های کالبدشناسانه یا فیزیولوژیکی می‌توانند صفتی را در دامنه محدودی از پراکندگی در طول هزاران نسل حفظ کنند، زیرا افزایش یا کاهش اندازه آن صفت مضر است، و باعث می‌شود افرادی که چنین جهش‌هایی را به ارث برده‌اند، از نظر بازآوری برتری کم‌تری داشته باشند)^[۱۶]. همچنین زمینه‌های جدیدی مانند زیست-جغرافیای

^[۱] Neutral selection theory.

^[۲] Inclusive fitness.

^[۳] Kin selection.

{۱} جزیره‌ای (که به بررسی چه‌گونگی ارتباط شمار گونه‌ها با اندازه و فاصله مناطق جغرافیایی مانند جزایر اقیانوسی، واحه‌هایی در وسط بیابان‌ها یا حتی کوه‌های جداافتاده می‌پردازد) منجر شد.

[۱۳] مفاهیمی که در این بند از آن‌ها نام برده می‌شود، محققاً قدیمی‌تر از "ربع پایانی قرن بیستم" هستند.

[۱۴] در جمله اول این بند دو نکته به چشم می‌خورد. اول همان تکیه معمول به "مدل تک جای‌گاهی" و استفاده‌اش از واژه جهش در شکل مفرد است و دوم "جا به جا" استفاده کردن واژه جهش و صفت است. تو گویی که جهش و صفت یکی هستند، یا آن که، هر جهش تازه، به یک صفت تازه، می‌انجامد.

پرسش ۲۴ - کشف دی‌ان‌ای (DNA) چه‌گونه درک ما را از سازوکار ژنتیکی در فرگشت تغییر داد؟

دی‌ان‌ای، یا اسید دئوکسی ریبونوکلیک، توسط زیست‌شناس سوئیسی فردریش میشر {۲}، در سال ۱۸۶۹ هنگامی که درهسته گلبول سفید خون انسان، رشته‌هایی پروتئین مانند دید، کشف شد. او آن رشته‌ها را نوکلئین نامید (ما اکنون آن را اسید نوکلئیک می‌نامیم). نیم قرن بعد، بیوشیمیست روسی فیبوس لونه {۳} متوجه شد که رشته‌های اسید نوکلئیک شامل مجموعه‌ای از ترکیبات فسفات-قند-بازِ آلی هستند. سپس در سال ۱۹۴۴، اُوالد ایوری (Oswald Avery) و هم‌کارانش در دانشگاه راکفلر نیویورک نشان دادند که واحدهای وراثتی ژن‌ها [۱] از دی‌ان‌ای تشکیل شده‌اند. تصویری که از دی‌ان‌ای داریم در سال ۱۹۵۳ کامل شد. در آن سال، دو زیست‌شناس دانشگاه کمبریج جیمز واتسون و فرانسیس کریک {۴} [۲] از روی عکس‌های کریستالوگرافی {۵} [۳] دی‌ان‌ای که توسط موریس ویلکینز [۴] و روزالیند فرانکلین در لندن گرفته شده بود، پیشنهاد کردند که رشته‌های دی‌ان‌ای همانند یک نردبانی که دور خود پیچ خورده است، هستند. این دو نردبانِ پیچ خورده مجموعه‌ای از چهار بازِ آلی (تیمین {۶}، آدنین {۷}، گوانین {۸} و سیتوزین {۹}) هستند که در دو رشته، با پیوندهای هیدروژنی، به هم متصل شده‌اند. این چهار بازِ آلی، همیشه به طور ثابتی با هم پیوند دارند، به این صورت که تیمین با آدنین و گوانین با سیتوزین جفت می‌شود. این مدل، که ابتدا با تکه‌های مقوا روی میز کار درست شده بود، با تعییرات بسیار جزئی، بیش از نیم قرن، بدون تغییر، باز مانده است.

[۱] در جمله سوم، "واحدهای وراثتی ژن‌ها" ترکیب غریبی است! ساختار شیمیایی "ژن" همان دی‌ان‌ای است.

[۲] نویسنده به جای "فرانسیس"، نام "برنارد" را به کار برده بود. یک "برنارد کریک" معروف وجود داشت که با نگره‌های سیاسی کار می‌کرد!

{۱} Biogeography.

{۲} Friedrich Miescher.

{۳} Phoebus Levene.

{۴} Francis Crick.

{۵} Crystallography.

{۶} Thymine.

{۷} Adenine.

{۸} Guanine.

{۹} Cytosine.

[۳] "کریستالوگرافی" در اینجا به معنی عکس‌برداری به وسیله اشعه ایکس از مولکول‌های کریستال شده دی‌ان‌ای است. نخستین پیش‌نهاد برای این جور عکس‌برداری، از نیلز بور (Niles Bohr) فیزیک‌دان دانمارکی آمده است.

[۴] عکس‌ها را یکی از دانش‌جویان روزالیند فرانکلین، به نام ریموند گاسلینگ (Raymond Gosling)، گرفته بود. جزئیات داستان بماند برای یک وقت دیگر!

شکل مارپیچی، آن چیزی بود که به رشته‌های دی‌ان‌ای (یا کروموزوم‌ها) اجازه می‌داد خود را تکثیر کنند. در طول تقسیم یاخته‌ای، مارپیچ باز می‌شود و هر یک از نیمه‌ها، از مواد موجود در مایعات یاخته‌ای، نیمه دیگری برای خود می‌سازد (از این طریق که هر باز آلی، باز آلی هم‌تای خود را جذب می‌کند) [۵]. در بیش‌تر مواقع، این روند به طور شگفت‌انگیزی در تولید یاخته‌های دختر، که دارای کروموزوم‌های یک‌سان با یاخته مادر هستند، پیش می‌رود. با این حال، گاهی وقت‌ها، ممکن است یک کژی رخ دهد - یک جفت قلیایی^(۱) حذف شود، یا بخش‌هایی از دی‌ان‌ای جدا شوند و در جای دیگری قرار گیرند یا [به صورت] "سر و ته" به بقیه دی‌ان‌ای وصل شود. چنین کژی‌هایی به طور معمول فقط در یک مورد از هر ۱۰۰ میلیون مورد، باز آلی را زیر تأثیر قرار می‌دهد، و بنابراین بسیار نادر هستند. در بسیاری از موارد، این کژی‌ها هم‌ترازی شیمیایی یاخته را مختل کرده [۶] و منجر به مرگ یاخته می‌شوند، بنابراین، روند کپی‌برداری از دی‌ان‌ای یک روند خود-اصلاحی است. در ضمن به نظر می‌رسد رشته‌های دی‌ان‌ای دارای افزونگی^(۲) [به معنی قطعات تکراری] زیادی هستند، به طوری که اگر یک بخش، کارش را انجام ندهد، بخش دیگری وارد عمل می‌شود. با این حال، گاهی وقت‌ها، ترکیب جدید به اندازه خوب کار می‌کند، و هم‌چون یک جهش که پراکند جدیدی از صفت [۷] را ایجاد می‌کند، زنده می‌ماند. بنابراین، درک جدید نحوه کارکرد تکثیر یاخته‌ای، به فهم جهش هم کمک کرد.

[۵] دو جمله اول این بند، قدری بی‌معنی هستند! در ضمن، روند تکثیر دی‌ان‌ای بسیار پیچیده‌تر از این است که نویسنده، نوشته است.

[۶] این احتمال وجود دارد که نویسنده معنی دقیق "هم‌ترازی شیمیایی یاخته" را نمی‌داند، وگر نه این جمله را این طور نمی‌نوشت! تغییر در دی‌ان‌ای تأثیری در هم‌ترازی شیمیایی یاخته ندارد. نسبت حجم دی‌ان‌ای به حجم کل یاخته به قدری پایین است که بود و نبود دی‌ان‌ای تأثیری در هم‌ترازی شیمیایی یاخته ندارد. اما، تغییر شیمیایی دی‌ان‌ای می‌تواند به از کار افتادن بخشی از سازوکارهای درون یاخته‌ای منجر شود.

[۷] نویسنده در اینجا هم قدری آشفته‌گویی کرده است و معلوم نیست که منظور او چیست. اما می‌توان به حداقل دو موضوع اشاره کرد. (۱) اگر بخشی از دی‌ان‌ای که کارکرد مشخصی ندارد تغییر کند (دچار جهش شود)، لزوماً به تغییر محسوسی نمی‌انجامد. اما اگر آن بخش از دی‌ان‌ای که جهش پیدا کرده است، کارکرد خاصی داشته باشد، و جهش در مکانی باشد که به ساخت اسید آمینه متفاوتی بیانجامد، آن موقع تغییری کارکردی "ممکن" است پیش بیاید! (۲) پدیده دیگری هم هست که در آن یک "ژن" در دو نسخه (یا بیشتر) وجود دارد. در این صورت، یکی از نسخه‌ها می‌تواند "غیر فعال" بشود. در این صورت، نسخه "غیر فعال" می‌تواند به جهش‌های دیگری دچار شود، بدون آن‌که موجود دچار اختلال کارکردی بشود.

^(۱) Base pair.

^(۲) Redundancy.

خیلی سریع مشخص شد که جفت‌های قلیایی، در ترکیباتی سه‌تایی (که امروزه به اسم رمزانه یا کودان^[۱] شناخته می‌شوند) در امتداد کروموزوم، هر یک اسید آمینه ناهم‌گونی را رمزنویسی می‌کنند و اسید آمینه‌ها به نوبه خود، پروتئین خاصی را که در روند ساخت یاخته‌های جدید استفاده می‌شود، رمزنویسی می‌کند [۸] [۹]. یک رمزانه ساده "شروع" یا "ایست" مدت زمانی را که یک روند تقسیم یاخته‌ای مجاز به تکرار است، تنظیم می‌کند، و این سازوکار بسیار ساده‌ای برای تغییر اندازه یک اندام را فراهم می‌کند [۱۰]. در واقع، ساخت یاخته‌های جدید شامل خواندن بلوک‌های سه جفت باز آلی در طول کروموزوم از یک رمزانه "شروع" تا رسیدن به یک رمزانه "ایست" است [۱۱].

[۸] اشتباه نویسنده و جا به جا گرفتن لوکوس (ژن) و رمزانه (کودان) این جا هم خود را نشان می‌دهد. رمزانه ربطی به کروموزوم و دی‌ان‌ای ندارد، بلکه به آر‌ان‌ای (RNA) مربوط می‌شود. افزون بر این، به نظر می‌رسد که گاهی وقت‌ها، بدفهمی نویسنده در باره ساختارهای ژنتیکی، باعث یک بدفهمی دیگری می‌شود که مرتب هم تکرار می‌شود. بدفهمی این است که او واژه جفت قلیایی را به نوعی به کار می‌برد که معلوم نیست آن را برای دو رشته دی‌ان‌ای و آر‌ان‌ای (RNA) دورشته‌ایی به کار می‌برد و یا برای دو (سری) کروموزوم موجود در یاخته‌ها.

[۹] پروتئین، یک یا چند زنجیره از اسید آمینه‌ها است. پروتئین‌ها افزون بر شرکت "در روند ساخت یاخته‌های جدید" در طول زندگی یاخته، و برای کارکرد یاخته، وظایف زیادی به عهده دارند. کمتر کاری در درون یاخته پیدا می‌شود که پروتئین‌ها در آن دخیل نباشند. مثلاً، آنزیم‌ها ساختار پروتئینی دارند.

[۱۰] جمله دوم این بند بسیار عجیب است. ترکیب ۴ باز آلی، در یک ترکیب سه تایی، ۶۴ (۴ × ۴ × ۴) رمزانه می‌سازد. از این‌ها، ۶۱ رمزانه، ۲۰ اسید آمینه موجود را رمزنویسی می‌کنند و ۳ رمزانه نشان "ایست" هستند. در نتیجه بعضی از اسید آمینه‌ها با بیش از یک رمزانه، رمزنویسی می‌شوند. رمزانه خاصی هم برای شروع وجود ندارد (اولین رمزانه هر mRNA نشان "شروع" است. نشان‌های "شروع" و "ایست"، شروع و پایان یک رشته را نشان می‌دهند، و نه اینکه این رشته چند بار به کار می‌رود. در نتیجه، بخش آخر جمله "این یک سازوکار بسیار ساده‌ای برای تغییر اندازه یک اندام را فراهم می‌کند" یک بدفهمی ناخوشایند است.

[۱۱] ندیده گرفتن این جمله هم کار خوبی است! منظور این بند این است که هنگام تقسیم یاخته‌های غیرجنسی، ابتدا کروموزوم‌های آن یاخته به کمک "ابزار"های درون یاخته‌ای، مانند انواع گوناگون آر‌ان‌ای (RNA)، رونوشت (دو برابر) می‌شود. وقتی رونوشت کامل شد، یاخته می‌تواند به دو بخش تقسیم شود و هر بخش، یک رونوشت از کروموزوم‌ها را درون خود حفظ می‌کند.

به نظر می‌رسد این یک راه حل فوق‌العاده ساده و زیبا برای سازوکار توارث است که به شرایط و روندهای نامعمول نیاز ندارد. ساختار سه گانه، شمار اسید آمینه‌های ممکن را به ۶۴ محدود می‌کند، اگرچه در اکثر موارد فقط حدود ۲۰ اسید آمینه توسط یاخته‌ها استفاده می‌شود. با این حال، از نظر نگره فرگشت، کشف رمزنویسی ژنتیکی فایده دیگری نیز داشت: مشخص شد که همه گونه‌ها (به جز برخی از ابتدایی‌ترین کهن‌باکتری‌ها^[۲]) از رمزنویسی ژنتیکی یکسانی استفاده می‌کنند، که از این [امر] چنین برداشت می‌شود که همان‌طور که داروین حدس می‌زد، از خاستگاه مشترکی می‌آیند.

[1] Codon.

[2] Archaeobacteria.

پرسش ۲۵ - برازش ژنتیکی چیست؟

نگره داروین، فرگشت با گزینش زیستاری، شامل سه اصل (یا پایه) و یک نتیجه منطقی است (به پرسش ۴ نگاه کنید). سومین اصل [که گزینش زیستاری باشد] نقطه اتکایی را فراهم می‌کند که همه فرگشت را ممکن می‌سازد: افرادی که دارای [اندازه‌های] خاصی^[۱] از یک صفت هستند با موفقیت بیشتری بازآوری می‌کنند. فرگشت به این دلیل رخ می‌دهد که در دراز مدت، گزینش زیستاری همواره به دنبال بیشینه ساختن توانایی یک جاندار، برای کمک به مشارکت گذاشتن رونوشت‌های ژن‌های خاص خود، به نسل‌های آینده است. این امر، نتیجه درست بودن سه اصل [داروینی] است (که پراکنده‌های ارثی در یک صفت، به طور تفریقی در [ایجاد] نسل‌های آینده مشارکت دارند). سهمی که فرد در [ایجاد] نسل پس از آن دارد، برازش ژنتیکی^[۲] آن فرد است.^۱ از لحاظ فنی، برازش، ویژگی یک ژن یا صفت است و نه یک فرد، اما زیست‌شناسان بیشتر از "برازش فرد" هم‌چون مختصرنویسی یاد می‌کنند^[۲]. با این حال، بسیار مهم است که دقیقاً مشخص شود که این امر به چه معناست: عدم درک آن‌چه که در [برازش] دخیل است علت بسیاری از بدفهمی‌ها بوده است.

^۱برازش (fitness) به طور رسمی به این معناست که یک صفت (یا ژن) در مقایسه با میانگین چقدر برای جمعیت به‌تر یا بدتر است. به طور معمول، کارکرد برخی از صفت‌های جهش یافته جدید، با میانگین صفت معمولی (که برازش آن معمولاً ۱.۰ فرض می‌شود)، مقایسه می‌گردد.

[۱] در جمله دوم، نویسنده ترکیب "نسخه خاص" را به کار برده، که من به "اندازه‌های خاص" برگردان کردم.

[۲] البته که "درستی" این جمله و این بند، به نظر یک فرد درباره "تراز گزینش" بستگی دارد! مطلبی را که در پانوشته [۱۱]، پرسش ۲۲، نوشته بودم، در این جا، با کمی پیرایش، بازنویسی می‌کنم. در تعیین تراز گزینش: گروه کوچکی فکر می‌کنند برازش "ژن" مهم است (فراموش نشود که نویسنده این کتاب "ژن و صفت" را یکی می‌داند)؛ گروه بزرگ‌تری فکر می‌کنند برازش "گروه" مهم است؛ گروه باز هم بزرگ‌تری (و احتمالاً بزرگ‌ترین گروه) فکر می‌کنند برازش "فرد" مهم است. اقلیتی هم هستند که ترکیبی از این سه را قبول دارند (ولی بین خودشان ناهم‌گونی‌های زیادی هست). نظر کلی من این است که زیستار (و مخصوصاً فرگشت) پلورالیست است و در بخش‌های گوناگون، سازوکارهای گوناگون، در سطوح گوناگون، مهم هستند. اما، بیش‌ترین درصد گزینش، در تراز فرد در جریان است. بنابراین، ناگفته پیداست که، نظر من برخلاف نظر این نویسنده است.

تا زمانی که سنتز نوین توسعه نیافته بود، زیست‌شناسان معمولاً برازش را برحسب ماندگاری تفسیر می‌کردند (نتیجهٔ واژگان "بقای اصلح"^[۳]) - که توسط یک فیلسوف سیاسی به نام هربرت اسپنسر^[۲]، و نه توسط داروین، ساخته شده بود. با این حال، بازآوری و ماندگاری (بقا) لزومن یک چیز نیستند. این امر در دهه ۱۹۶۰ توسط پرنده شناس انگلیسی و بنیانگذار بوم‌شناسی جمعیت، دیوید لک^[۳]، مورد توجه قرار گرفت. لک در یک سری بررسی‌های میدانی در مورد پرندگان آوازخوان، نشان داد که تخم‌گذاری زیاد به تنهایی لزومن شمار جوجه‌هایی را که از یک جفت به

^[۱] Genetic fitness.

^[۲] Herbert Spencer.

^[۳] David Lack.

دنیا آمده‌اند، بیشینه نمی‌کند. اگر کم‌بودِ خوراک، یا زمان، وجود داشته باشد، والدینی که بیش از حد تخم می‌گذارند، توانایی تغذیه جوجه‌ها را از دست می‌دهند. در نتیجه، بسیاری - یا حتی بیش‌ترین [شمار از جوجه‌ها] از گرسنگی می‌میرند (تو گویی اصل ملتوس در جهان زیستی در کار است) (به پرسش ۴ نگاه کنید). [چنین جفتی]، اگر فرزند زنده‌ای نداشته باشند، نمی‌توانند ژن‌های خود را برای نسل پس از آن به مشارکت بگذارند و برازش آن‌ها صفر خواهد بود. جفت‌هایی که به‌ترین نتیجه را دارند، آن‌هایی هستند که از میانگین شمار جوجه‌های پرورش یافته در منطقه خود، یک تخم بیش‌تر گذاشته‌اند: اگر یک سالی، از نظر تامین مواد خوراکی، به‌تر از میانگین باشد، تخم مرغ اضافی به یک جفت، حفاظتی ^(۱) در برابر تلفات تصادفی، و مقداری ظرفیت اضافی، برای بهره‌برداری از شرایط را می‌دهد. این امر، امروزه به نام اصل لک ^(۲) شناخته می‌شود و به ما یادآوری می‌کند که دو جزء مجزا برای برازش (ماندگاری و باروری) وجود دارد و می‌توان این دو را در توازن در برابر یک‌دیگر قرار داد (به پرسش ۵۹ نگاه کنید).

[۳] در مورد علل، و زمان، ظهور و سقوط واژگان منحوسه (!!!) "بقای اصلح (یا بقای انساب) = the survival of the fittest" من نظر ناهم‌گونی دارم. داروین در چهار چاپ اول کتاب "درباره پیدایش گونه‌ها"، که در سال‌های 1859، 1860، 1861 و 1866 چاپ شدند نامی از "بقای اصلح" نیاورده بود. اما در همین سال‌ها، این واژگان را که هربرت اسپنسر ساخته بود، چنان معروف و محبوب شده بود که بیش‌تر مردم و دانش‌مندان، آن را به راحتی به جای تعریف "گزینش زیستاری" به کار می‌بردند، و حتی آن را مساوی فرگشت می‌شمردند. داروین، اشتباه کرد و هنگام چاپ پنجم و ششم کتاب در سال‌های 1869 و 1872، این واژگان را به کار برد. این واژگان منحوسه، در میان فرگشت‌شناسان، حتی در ۲۰ سال اول سنتز نوین، از میانه دهه 1930 تا حدود سال 1959، رایج بود. یکی از اولین فیلسوفان دانش، که خیلی زود به این واژگان اعتراض کرد پوپر (Popper) بود، که در سال 1934، این واژگان را همان‌گویی (tautology) یا "دور باطل، استدلال مدور، حشو قبیح، تکرار مکررات، همان‌گونی" نامید. فرگشت‌شناسان تا سال‌ها از قبول نظر پوپر سر باز می‌زدند، تا اندک اندک درستی نظر پوپر را پذیرفتند. در کنفرانسی که در سال 1959 به مناسبت صدمین سال‌گرد نوشته شدن کتاب "درباره پیدایش گونه‌ها" برگزار شده بود، توافقی ضمنی حاصل شد که دیگر از این واژگان استفاده نشود. اما شوربختانه، این واژگان هنوز توسط افراد ناخبره در کار فرگشت (مخصوصاً ژورنالیست‌ها)، به کار می‌رود. من، با هر کس که این واژگان را به کار ببرد، گاهی بسیار معترضانه، سر شاخ می‌شوم. از نظر من، این واژگان را فقط کسانی به کار می‌برند که با متون فنی در مورد فرگشت که در طول ۶۰ سال گذشته نوشته شده باشد، آشنایی ندارند! صریح بگویم، استفاده از این واژگان منحوسه، نشانه بی‌سوادی است.

در دهه 1960، همیلتون ^(۳) خاطرنشان کرد که اگر دو نفر به دلیل داشتن نیای مشترک دارای یک ژن خاص باشند، آن ژن را می‌توان در نسل پس از آن، از طریق هر کدام از آن‌ها، تکثیر کرد. در این صورت، ممکن است در برخی شرایط، به‌تر باشد فرد به جای تلاش برای بازآوری خود، از طریق کمک به یک خویشاوند، بازآوری نسبی خود را به‌بود بخشد. بنابراین برازش از دو جزء تشکیل شده است: شمار نوه‌هایی که یک فرد مستقیماً تولید می‌کند و شمار نوه‌های اضافی، که توسط هر یک از بستگانش، در نتیجه کمک این فرد به آن‌ها، به وجود آمده‌اند. شمار نوه‌های اضافی به میزان همانندی ژنی، و به راستی، درجه خویشاوندی آن‌ها از طریق نیای مشترک بستگی دارد.

^(۱) Buffer.

^(۲) Lack's principle.

^(۳) W. D. Hamilton.

همیلتون نشان داد که این را می‌توان در یک معادله بسیار ساده، که امروزه به نام قاعده همیلتون ^{1} شناخته می‌شود، خلاصه کرد: هر زمان که فرزندان اضافی که از طریق کمک شما به دست آمده‌اند (با در نظر گرفتن درجه خویشاوندی)، بیش‌تر از شمار فرزندانی است که به خاطر کمک کردن به دیگران از دست داده‌اید، باید نسبت به دیگران دگرددوست باشید ^[4]. قاعده همیلتون را می‌توان با فرمول ^[5] زیر نشان داد:

$$rB > C$$

که در آن r درجه خویشاوندی [بین کمک‌کننده و کمک‌شونده] است (احتمال مشترک بودن یک ژن)، B شمار فرزندان اضافی خویشاوند [کمک‌شونده] است که در اثر کمک به دست آمده است، و C شمار فرزندانی است که کمک‌کننده [در اثر کمک] آن‌ها را به دست نمی‌آورد. او نام این تعریف اصلاح شده از برازش را "برازش دربرگیر" گذاشت.^۱

^۱ در واقع، او از نام "برازش هم‌سایگی‌تعدیل‌شده" ^{2} ^[6] استفاده کرد، زیرا آن را به صورت برازش ژنی در بین همه اعضای جمعیت، محاسبه می‌کرد. با این حال، او نشان داد که دیدگاه ژنی و محاسبه برازش یک فرد با استفاده از معادله ساده خودش، تقریباً به یک نتیجه می‌انجامد.

[4] از این بند، و بندهای پس از این، می‌توانید ببینید که نوعی از "اخلاق" که کاملاً مبنای ژنتیکی دارد، جلوه‌گر می‌شود.

[5] فرگشت، و مخصوصاً فرگشت کوچک، را می‌توان از زوایای گوناگون نگاه کرد. از زاویه ژنتیک جمعیت و ژنتیک کمی هر پدیده‌ای (phenomenon)، هر روندی (process) و هر الگویی (pattern) فرمول خود را دارد. در این زمینه‌ها، اصلاً چیزی بدون فرمول وجود ندارد. ولی برای کتابی که برای خوانندگان ناخبره نوشته می‌شود، نوشتن فرمول‌ها ضروری نیست.

[6] درست این واژگان "برازش هم‌سایه‌تعدیل‌شده (neighbor modulated fitness)" است.

بینش همیلتون یادآور سه چیز مهم است. اول، هنگامی که برازش یک صفت را محاسبه می‌کنیم، نه تنها باید سود فراهم شده توسط این صفت را تعیین کنیم، بلکه باید هزینه‌ای را که فرد برای ایجاد این سود پرداخت می‌کند را نیز تعیین کنیم. این امر حتی برای برازش ساده و معمولی، صادق است. دوم، ما باید سودِ خالص (سود منهای هزینه) را با آنچه که با دنبال کردن دیگر گزینه‌ها ممکن بود به دست آورد، مقایسه کنیم. این همان چیزی است که اقتصاددانان "هزینه فرصت" (یا، در طنزی تلخ، "پشیمانی" - پشیمانی از انجام ندادن کاری) نام داده‌اند ^[7]. به عبارت دیگر، ابتدا باید پرسیم آیا سودِ خالصِ انجام کاری (سود منهای هزینه‌ها) بیش‌تر از صفر است یا خیر. و سپس، با اشاره به اصل لک، باید پرسیم که آیا این سودِ خالص، بیش‌تر از سودِ خالصِ ایجاد شده توسط هر راه‌برد جای‌گزین ^{3} است؟ اگر هزینه‌های یک صفت بسیار زیاد باشد، حتی اگر مزایای قابل توجهی را نیز به همراه داشته باشد، گزینش زیستاری، [اندازه] صفت مورد نظر را

^{1} Hamilton's rule.

^{2} Neighborhood modulated fitness.

^{3} Alternative strategy.

ترجیح نخواهد داد. سرانجام، [قاعدۀ همیلتون] به ما یادآوری می‌کند که هر فردی در بستر مجموعه‌ای قرار دارد که در نهایت به تمام زندگی روی زمین گسترش می‌یابد و هر کاری که یک فرد انجام می‌دهد پی‌آمدی برای برآزش هر فرد دیگر در آن مجموعه دارد [۸]. از آن‌جا که احتمال این‌که دو نفر یک ژن مشترک داشته باشند در صورت کاهش خویشاوندی، به سرعت کاهش می‌یابد، در عمل، تأثیر آن بر برآزش افرادی که خویشاوندی کم‌تری نسبت به عمخال‌زادگان [۹] دارند، بسیار محدود است و بنابراین می‌توان آن‌ها را نادیده گرفت. با این وجود، یک یادآوری ارزشمند آن است که هر کاری که انجام می‌دهیم، پی‌آمدی برای دیگران دارد و این به نوبه خود پی‌آمدی برای ما دارد (به پرسش ۷۳ نگاه کنید) [۱۰].

[۷] در این‌جا، قدری در جمله بندی تغییر داده‌ام.

[۸] این هم یک جمله دیگر در باب اخلاق ژنتیک‌محور!

[۹] "عمخال" را مخفف "عمه، عمو، خاله و خالو (دایی)" گرفته‌ام. در نتیجه "عمخال‌زاده" برابر واژه انگلیسی cousin است.

[۱۰] این هم یک جمله دیگر در باب اخلاق ژنتیک‌محور!

پرسش ۲۶ - آیا ژن‌ها واقعاً خودخواه [۱] هستند؟

واژگان "ژن خودخواه" توسط ریچارد داوکینز، با کتابی که به همین نام در ۱۹۷۶ منتشر کرد، رایج شد. این فقط یک کنایه از روند گزینش زیستاری است: ژن‌هایی که زیر گزینش زیستاری عمل می‌کنند، گویی خودخواه هستند. ژن‌ها خودشان خودخواهانه رفتار نمی‌کنند. آن‌ها از کاری که انجام می‌دهند بیش‌تر از آن‌چه در مورد سایر مواد شیمیایی می‌توان گفت، آگاه نیستند. خود ژن‌ها واقعاً هیچ کار خاصی انجام نمی‌دهند (به غیر از رمزنویسی صفت‌هایی که در آن‌ها نقش دارند). گزینش زیستاری یک روند کور [۲] است که منجر به این می‌شود که برخی از ژن‌ها، به طور تفریقی، در نسل‌های آینده حضور پیدا می‌کنند [۳]. اما از آن‌جا که ما، بسیار در دنیای تفکر انسانی غرق هستیم، که در آن افراد دارای نیت هستند، برای ما از نظر روان‌شناسانه بسیار آسان‌تر است که روندهای هدف‌داری [۴] مثل فرگشت را از چشم ژن‌هایی ببینیم، که هدفشان بیشینه کردن بسامد خود، در نسل‌های آینده، باشد. [این امر] به نظر غایت‌گرایانه می‌آید، اما این‌طور نیست: این فقط یک نوع گفتار است.

[۱] ناگفته پیداست که من نگرۀ "ژن خودخواه" را عام نمی‌دانم. شمار محدودی از پدیده‌ها را می‌توان با آن توضیح داد. اما این نگره، حجم عظیمی از سوالات را بی‌جواب می‌گذارد.

[۲] در جمله پنجم این بند، نویسنده گزینش زیستاری را "کور" می‌خواند. به کار بردن این واژه به صورت تحقیرآمیز مناسب نیست.

[۳] در این‌جا، قدری در جمله بندی تغییر داده‌ام.

[۴] من با این حرف نویسنده که فرگشت را هدفدار می‌نامد، موافقت ندارم. در ضمن، خود او به تناقض گویی افتاده است: اگر گزینش زیستاری یک روند بی‌هدف است، فرگشت نمی‌تواند هدفدار باشد.

البته، دلیل‌های گوناگونی برای همیشه درست نبودن خودخواهی ژن‌ها وجود دارد. یکی این‌که جان‌داران چندپاخته‌ای (بیش‌تر شکل‌های زندگی که از ویروس‌ها و باکتری‌ها پیش‌رفته‌تر [۵] هستند) به تکثیر موثر سایر ژن‌هایی که یک جان‌دار را تشکیل می‌دهند، نیاز دارند [۶]. جان‌دار چند پاخته‌ای، ترکیبی از ژن‌های گوناگون [۷] است که، به راستی برای تولید فردی که بتواند بازآوری موثر داشته باشد، همکاری می‌کنند. هر ژنی که به خاطر منافع خود، منافع سایر ژن‌ها را از بین ببرد نه تنها باعث [مرگ] خود می‌شود، بلکه دیگر ژن‌های مرتبط با خود را نیز به [مرگ] می‌کشد [۸]. در واقع، باید با ژن‌های دیگر همکاری داشته و به نیازهای آن‌ها "توجه" کند.

[۵] من نمی‌دانم معیار نویسنده برای "پیش‌رفته‌تر" بودن چیست!

[۶] حتی ویروس‌ها و باکتری‌ها هم "ژن‌های زیادی دارند. بنابراین، استدلال نویسنده می‌لنگد.

[۷] در اینجا نویسنده یک جان‌دار را برابر جمع ژن‌هایش می‌خواند (!) و این تعریف را از داوکنز گرفته است.

[۸] این هم یک جمله دیگر در باب اخلاق ژنتیک‌محور!

یک مثال کلاسیک دیگر، عامل‌های بیماری‌زا هستند. اگر آن‌ها آن‌قدر بدخیم باشند که میزبان خود را از بین ببرند، نه تنها همه ژن‌های میزبان از بین می‌روند، بلکه خود عامل بیماری‌زا نیز از بین می‌رود. آن‌چه بیش‌تر در این موارد رخ می‌دهد، این است که در اثر جهش [ها]، پراکنده‌ای با بدخیمی کم‌تر به وجود می‌آیند که می‌توانند به‌تر بازآوری کنند - زیرا میزبان خود را نمی‌کشند - و بنابراین می‌توانند بیش‌ترین مشارکت در نسل‌های آینده را داشته باشند. به عبارت دیگر، مخزن ژنی [۹] ویروس، بیش‌تر به اشکال کم‌تر بدخیم همانند است تا شکل بدخیم تر. پدیده کاهش حدت یک عامل بیماری‌زا، برای رسیدن به نوعی اجماع یا هم‌ترازی پایدار با میزبان، بسیار رایج است. بسیاری از ویروس‌هایی که خود را در دی‌ان‌ای ما جا داده‌اند احتمالاً از طریق این روند [پایدار مانده‌اند]. با گذشت زمان، حدت بسیاری از ویروس‌هایی که ما را به بیماری مبتلا می‌کنند، کاهش می‌یابد [۱۰].

[۹] سعی کنید این واژه "gene pool" را یاد بگیرید، ولی هیچ‌گاه از آن استفاده نکنید، برای این‌که یک واژه بسیار ناروشنی است! به هر رو، "مخزن ژنی" یک جمعیت یا یک گونه، جمع تمام ال‌هایی است که در آن جمعیت یا گونه وجود دارد.

[۱۰] این جمله آخر را این طوری هم می‌شود برگردان کرد (با فعل ساختن از فرگشت): "با گذشت زمان، بسیاری از ویروس‌هایی که ما را به بیماری مبتلا می‌کنند، به حدت کمتری می‌فرگردند."

دلیلی قوی‌تر، آن است که توسط بسیاری از گونه‌های اجتماعی [۱۱] ارائه می‌شود، که در آن‌ها ماندگاری و بازآوری موفقیت‌آمیز فرد، و از این رو ژن‌های تشکیل دهنده آن، به نقش سایر افراد

(1) Gene pool.

در آن گروه اجتماعی، بستگی دارد. این ممکن است شامل هم‌کاری در شکار، یا صرفاً گروه‌بندی، هم‌چون دفاع در برابر جانوران شکارگر، باشد (به پرسش ۸۱ نگاه کنید). در واقع، این یک نوع قرارداد اجتماعی ضمنی است، که در آن همه ما موافق هستیم که به قوانین پای‌بند باشیم، زیرا در این صورت همه ما کارکرد به‌تری خواهیم داشت. افرادی که نقش خود را ایفا نمی‌کنند، قرارداد اجتماعی را تضعیف می‌کنند و در نتیجه ممکن است باعث شوند که همه، کارکرد ضعیف‌تری (نسبت به آن‌چه که ممکن بود انجام دهند) داشته باشند، و بنابراین، آن‌ها را به سمت گونه‌مرگی سوق می‌دهند. انجام ندادن نقش خود به ناپایداری روابط اجتماعی می‌انجامد، اما اگر بتوان هم‌کاری را برقرار کرد، معمولاً وضعیت به‌تری برای همه به دست می‌آید (به پرسش ۷۳ نگاه کنید) [۱۲].

[۱۱] منظور از "گونه‌های اجتماعی" در این‌جا، حشراتی مثل زنبور یا مورچه است. در یکی دو دهه گذشته مدل‌های جدیدی برای این چنین پدیده‌هایی، به نام "مدل برهم‌کنش اجتماعی social interaction model" یا "مدل‌های رقابتی competition model" ساخته شده‌اند که پدیده وابستگی ارزش ژنتیکی یک فرد به اعضای آن گروه را به همه جان‌داران تعمیم می‌دهند.

[۱۲] در چند جای این جمله "ضرب و جرح" وارد کردم!

به‌رغم این مثال‌ها، وقتی به این فکر کنیم که انتظار ما از شیوه کارکردِ گزینش زیستاری چیست، این فرض که ژن‌ها در راستای منافع خود عمل می‌کنند، برای بیش‌تر اهداف، کاربرد خوبی دارد. به این طریق پیش‌بینی‌های کاملاً روشنی در مورد نحوه رفتار یک ژن، یا حداقل میزبان آن، به دست می‌آید. سپس می‌توانیم بپرسیم آیا آن‌چه که می‌بینیم، هم‌آن چیزی است که پیش‌بینی می‌کنیم؟ مطابق معمول در دانش، مواردی که نگره‌های ما در پیش‌بینی آن‌چه می‌بینیم، ناکام می‌مانند، درس‌آموز هستند، زیرا پیش‌بینی‌های غلط، شرایطی را نشان می‌دهند که ما، همه اجزای مربوطه را، نمی‌شناسیم. این باید ما را مجبور کند درپیش‌فرض‌های خود در مورد نحوه کارکرد جهان تجدید نظر کنیم، و بپرسیم چه چیزی ممکن است، با ناآگاهی [یا ناخواسته]، از معادله بیرون مانده باشد؟ این هسته مرکزی روش دانشیک است.

پرسش ۲۷ - اما جانوران چه‌گونه می‌دانند که خویشاوندان آن‌ها چه کسانی هستند؟

کلید فهم مفهوم همیلتون دربارهٔ برآزش دربرگیر، آشکارا، خویشاوندی (میزان ارتباط بین افراد) است. اما برای محاسبه نهفته در قاعده همیلتون، یک جانور [۱] باید بداند که به چه کسی و با چه درجه‌ای ارتباط دارد. ما انسان‌ها می‌توانیم به یک‌دیگر بگوییم چه کسی با چه کسی ارتباط دارد، اما جانوران چه‌گونه این کار را می‌کنند؟ این در واقع، کار بسیار آسانی است. آن‌ها از شماری نشانه بسیار ساده استفاده می‌کنند - نشانه‌هایی که ما انسان‌ها نیز از آن‌ها استفاده می‌کنیم.

[۱] به کار بردن واژه "جانور" قدری نامناسب است، زیرا همین قاعده در مورد گیاهان یا جان‌داران دیگر هم کاربرد دارد.

یکی از این موارد این است که آیا در یک لانه، بزرگ شده‌اند یا نه (یا حداقل در زمان بزرگ شدن هم‌دیگر را مرتب ملاقات می‌کرده‌اند). اگر در یک لانه بزرگ شده‌اند، به احتمال زیاد با هم رابطه دارند. این حتی در باره انسان هم کار می‌کند. ما حتی فرزندخوانده‌ها را هم هم‌چون بخشی از خویشاوندان پذیرفته‌ایم. با این حال، فرزند خوانده‌ها در مقایسه با خویشاوندان واقعی بسیار نادر هستند، بنابراین اگر شما با هم بزرگ شده‌اید، احتمال زیادی وجود دارد که شما به راستی خویشاوندان ژنتیکی باشید. در یکی از بررسی‌ها، نشانه‌ای که به به‌ترین وجه تمایل افراد برای تحمل درد را، برای پرداخت پاداش نقدی به دیگران پیش‌بینی می‌کرد، این بود که آن‌ها در ۱۰ سال اول زندگی خود چه قدر هم‌دیگر را دیده بودند. این به مقدار زیادی با رابطه واقعی آن‌ها هم‌بستگی داشت.

سازوکار دیگر برای شناسایی خویشاوندان، شکل ظاهری است. خویشاوندان نزدیک به احتمال بالا [زیاد] همانند یک‌دیگر هستند، به این دلیل ساده که آن‌ها هم همان ژن‌هایی را، که قیافه ظاهری را تعیین می‌کنند، دارا هستند [۲]. به دلیل‌های کاملاً روشن، این روش ما را بر آن می‌دارد که جفت را از همان گونه خودمان گزینش کنیم، نه این‌که بخواهیم با هر جان‌داری که می‌جنبد، جفت‌گیری کنیم. همانند جسمانی نیز به طرز شگفت‌انگیزی نشانه‌ای خوب از درجات بسیار نزدیک‌تر خویشاوندی است. در بابون‌های همدریاس^(۱)، برادران به طور گروهی طایفه‌هایی را ایجاد می‌کنند که سعی می‌کنند ماده‌ها را در انحصار خود درآورند، و اعضای نر طایفه در یک گروه (گروه اجتماعی که با هم غذا می‌خورند و با هم استراحت می‌کنند) بیش‌تر می‌توانند با همانندی چهره خود شناخته شوند.

[۲] این جمله هم قدری "ضرب و جرح" شده است.

همانندی صورت و حتی گاهی همانندی در سایر صفت‌های بدنی، نشانه‌هایی است که ما نیز از آن‌ها استفاده می‌کنیم. در یک بررسی، لیسا دبروین^(۲) نتیجه‌گیری کرد که مردم در بازی‌های اقتصادی کامپیوتری، اگر عکس فردی غریبه را که روی صفحه کامپیوتر می‌بینند، دست‌کاری شده باشد تا بیش‌تر همانند خودشان شده باشد، سخاوت‌مندتر می‌شوند. در واقع، کاری که بازدیدکنندگان از یک نوزاد تازه متولد شده انجام می‌دهند، این است که در مورد ظاهر نوزاد و این که بیش‌تر همانند کیست، نظر بدهند. مخصوصاً خانواده مادر، بیش‌تر بر همانندی فرزند به پدر تأکید می‌کنند.

به دلیل‌های روشن، مادران همیشه می‌دانند بچه از کیست، اما پدران هرگز نمی‌توانند ۱۰۰٪ مطمئن باشند. بنابراین، از آن‌جا که پدر باید اعتقاد داشته باشد که کودک متعلق به خود او است تا بتواند روی کودک سرمایه‌گذاری کند (در غیر این صورت او با مشکل دگردوستی ژنتیکی^(۳) روبرو می‌شود: سرمایه‌گذاری روی نوزاد شخص دیگر)، به نظر می‌رسد که خویشاوندان همسرِ وی، به سختی تلاش می‌کنند تا او را متقاعد کنند که بچه واقعاً از اوست. اگر من را باور ندارید، دفعه

(۱) Hamadryas baboon.

(۲) Lisa DeBruine.

(۳) Genetic altruism.

دیگر که می‌بینید کسی بچه‌دار شده با دقت به حرف‌ها گوش دهید. همیشه چنین مکالماتی وجود دارد.

سازوکار سوم، بوی بدن است. بسیاری از گونه‌ها، برای تشخیص خویشاوندان، به بویایی تکیه می‌کنند. این امر، تا حدی، به این دلیل است که جانورانی که با هم زندگی می‌کنند (به ویژه در یک لانه) بوی خانوادگی دارند. اما، در واقع، بو یک شاخص بسیار خوب، برای ارتباط ژنتیکی است زیرا بوی طبیعی شما توسط ژن‌هایی تعیین می‌شوند که سامانه (سیستم) ایمنی شما را تعیین می‌کنند (ژن‌های گروه هم‌سازگاری بافتی (MHC) ^[۱]). حتی قورباغه‌ها می‌توانند خویشاوندان را از طریق بوی آن‌ها تشخیص دهند. به‌رغم این واقعیت که حس بویایی در نخست‌سازان بسیار ضعیف‌تر از تقریباً همه پستان‌داران دیگر است، حتی انسان‌ها به طرز شگفت‌آوری در تشخیص افراد از طریق بوی آن‌ها خوب عمل می‌کنند. و در این‌جا نکته دیگری وجود دارد که باید آن را در نظر داشته باشید: شیوه‌ای که به ویژه زنان خانواده، نوزاد تازه متولد شده را برمی‌دارند و آن را نزدیک صورت خود می‌گیرند، و مخفیانه بو می‌کنند. (این کار خیلی سریع رخ می‌دهد، بنابراین حواستان جمع باشد! ^[۳]) انگار آن‌ها در حال بررسی این هستند که بچه واقعاً متعلق به کیست، اگرچه معمولاً با گفتن این که بوی نوزادان جدید را دوست دارند، آن را توجیه می‌کنند. به هر حال، این یک عادت قدیمی نخست‌سازان است: بوزینه‌ها و میمون‌ها نیز این کار را انجام می‌دهند. مثال دیگر، هونگی مائوری ^[۲] است - سلامی که معمولاً غربی‌ها آن را به نام مالیدن بینی می‌شناسند. در واقعیت، مائوری‌ها فقط بینی خود را در کنار یک‌دیگر قرار داده و نفس ژرفی می‌کشند تا "ها" (نفس زندگی) - به عبارت دیگر، بوی شما را، مبادله کنند.

[۳] بسیار دیده‌ام که بو کشیدن سر نوزاد، خیلی آشکار صورت می‌گیرد.

[۴] مائوری‌ها، ساکنین نخستین (و غیراروپایی) نیوزیلند هستند.

البته انسان‌ها از زبان نیز استفاده می‌کنند تا بگویند چه کسی، با چه کسی، چه نسبتی دارد. مردم‌شناسان بیش‌تر شکایت می‌کنند که سیستم‌های نام‌گذاری خویشاوندی انسان، همانندی چندانی با خویشاوندی زیست‌شناسانه ندارند، بخشی به این دلیل که در برخی جوامع، از خویشاوندان مادر هم‌چون "مادر" یاد می‌کنند و بخشی به این دلیل که برای غریبه‌ها هم به طور دائم، جای‌گاهی در حد مجموعه خویشاوندی، تعیین می‌شود. در واقعیت برای ساختار خویشاوندی، در بین در حدود ۶۰۰۰ زبانی که در حال حاضر وجود دارند، تنها شش سیستم اصلی نام‌گذاری وجود دارد، و به طور کلی همه آن‌ها خویشاوندی زیست‌شناسانه را نسبتاً خوب نشان می‌دهند ^[۵]. مهم‌تر از همه، در تحلیلی الهام‌بخش اما کم‌شناخته شده، زیست‌شناس فرگشتی آستین هیوز ^[۳] نشان داد که همه این شش سیستم اساساً بر این مبنا است که یک مرد، چقدر می‌تواند مطمئن باشد، که پدر فرزندان متولد شده از همسرش می‌باشد^۱.

^[۱] Major Histocompatibility Complex.

^[۲] Maori hongi.

^[۳] Austin Hughes.

^۱ از جنبه‌های گوناگون، بینش او بسیار مهم‌تر از این است. او این‌طور استدلال کرد که مفهوم همیلتونی از برازش دربرگیر به این معناست که اگر می‌خواهیم برازش خود را بیشینه کنیم، باید به سرنوشت نسل در حال بلوغ کنونی (نسلی که در شرف زادآوری است) دل‌بسته باشیم. ما نه تنها در دل‌بستگی خود به آن‌ها، با خویشاوندان ژنتیکی خود شریک هستیم، بلکه خود را در سرنوشت آن‌ها [نسل آینده] با خویشاوندان همسر شریک می‌دانیم، زیرا آن‌ها نیز در پیروزی [نسل آینده] بهره‌ای دارند، بنابراین، یک فرد باید دل‌بستگی‌های آن‌ها را نیز در نظر بگیرد. یک بررسی بر روی شبکه‌های اجتماعی انسانی تأیید کرد که ما انسان‌ها، واقعاً هم‌آن‌طور که بینش هیوز پیش‌بینی می‌کند، دقیقاً مانند خویشاوند ژنتیکی رفتار می‌کنیم.

[۵] در اینجا قدری در جمله‌بندی تغییر داده‌ام.

به طور خلاصه، سازوکارهای گوناگونی وجود دارد که جانوران (از جمله انسان) برای شناسایی خویشاوندان نزدیک خود استفاده می‌کنند. البته هیچ یک از این سازوکارها کامل نیستند. اما به هر رو، فرگشت، نیازی به کامل بودن امور ندارد، همین که امور در بیشینه وقت‌ها خوب کار کنند، بسنده است (به شرطی که هزینه کارکرد آن‌ها زیاد نباشد). البته استفاده از چندین شاخص برای پیدا کردن اثر، احتمال کژ را کاهش می‌دهد، که ممکن است به خوبی توضیح دهد که چرا ما از شاخص‌های بسیار استفاده می‌کنیم.

پرسش ۲۸ - آیا غیر از دی‌ان‌ای، انواع دیگری از انتقال زیست‌شناسانه وجود دارد؟

بیش‌تر مواد ژنتیکی دخیل در وراثت در کروموزوم‌های تشکیل دهنده هسته^{۱} هر یاخته وجود دارند. یک یاخته معمولی انسان دارای ۲۳ جفت کروموزوم (شامل کروموزوم‌های جنسی X و Y) است، که نیمی از پدر و نیمی از مادر آمده‌اند، و در مجموع ۴۶ کروموزوم [انسان] را شامل می‌شوند. در آن‌ها، حدود شش میلیارد جفت قلیایی^[۱] (یا دو میلیارد رمزان^[۲]) وجود دارد. با این حال، مشخص شده است که در انسانها، فقط حدود ۲۰ هزار از این رمزانها (حدود ۱.۵٪^[۳]) کاربردی هستند (یعنی رمزنویس یک پروتئین^[۴])، تقریباً مساوی شمار [ژن‌ها] در مگس سرکه^{۲} یا کرم گرد. به نظر می‌رسد بقیه هیچ کار خاصی انجام نمی‌دهند، که منجر به نام‌گذاری آن‌ها به اسم دی‌ان‌ای بنجل^{۳} [۵] شده است.

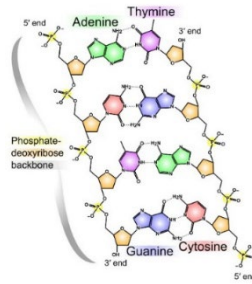
[۱] اول این که، معمولاً شمار نوکلئوتیدهای یک دست از کروموزوم را، به کار می‌برند. مثلاً در مورد انسان می‌گویند در ۲۳ کروموزوم، ۳ میلیارد نوکلئوتید وجود دارد. دوم این که، در این‌جا ممکن است که نویسنده دو "جفت" را با هم قاطی کرده باشد.

"جفت اول": هر کروموزوم یک مار پیچ دو رشته‌ای است. در هر جای‌گاهی در این دو رشته، یک "جفت" نوکلئوتید برابر هم نشسته‌اند و با پیوندهای مولکولی به هم متصل هستند. این "جفت" همیشه مکمل هم‌دیگر هستند. یعنی ادنین با تیمین جفت می‌شود و سیتوزین با گوانین جفت می‌شود. بنابراین در یک جای‌گاه می‌توان ادنین-تیمین، یا تیمین-ادنین، یا سیتوزین-گوانین، و یا گوانین-سیتوزین داشت. در تصویر پایین ساختار بخش کوچکی از یک کروموزوم (یک مولکول دی‌ان‌ای) دیده می‌شود.

{1} Nucleus.

{2} Drosophila.

{3} Junk DNA.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1848174>

"جفت دوم": در بسیاری از جانداران، مثلاً انسان، از هر کروموزوم دورشته‌ای، یک "جفت" وجود دارد. در تصویر پایین، ۲۳ جفت کروموزوم انسانی دیده می‌شوند. هر جفت کروموزوم با رنگی ناهم‌گون نشان داده شده است.



<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=24195901>

"جفت-نوکلئوتیدهایی" که در یک کروموزوم دو رشته‌ای قرار دارند، می‌توانند برابر هر "جفت-نوکلئوتید" کروموزوم دیگر قرار بگیرند. مثلاً اگر در یک کروموزوم اَدنِین-تیمین وجود داشته باشد، در کروموزوم دیگر می‌تواند اَدنِین-تیمین، یا تیمین-اَدنِین، یا سیتوزین-گوانین، و یا گوانین-سیتوزین قرار داشته باشد.

[۲] در این جا هم، نویسنده تصور کرده که تمام شش میلیارد نوکلئوتید را می‌تواند در گروه‌های سه‌تایی قرار دهد و به آن‌ها رمزان (کودان) بگوید. یک گروه سه‌تایی از نوکلئوتیدها، فقط و فقط، وقتی که در کار رمزنویسی پروتئین (و مخصوصاً انتقال اسید آمینه) در آر‌ان‌ای (RNA) باشند، "کودان = رمزان" نامیده می‌شوند.

[۳] این جا یک اشتباه محاسباتی وجود دارد. پیش از این دیده‌ایم که نویسنده به اشتباه فکر می‌کند که یک رمزان یک "زن" است. رمزان (یعنی سه نوکلئوتید) فقط یک اسید آمینه را منتقل می‌کند. در حالی که برای ساختن یک پروتئین، به شمار زیادی اسید آمینه نیاز است. میانگین اندازه "زن" در پستانداران حدود ۱۶۶۰۰ نوکلئوتید است (در واژگان دانشیک ۱۶.۶ کیلونوکلئوتید یا جفت قلیایی (16.6 kb or kbp (kilo base pair)). از این مقدار حدود ۲۲۰۰ نوکلئوتید، نهایتاً در کار رمزنویسی پروتئین‌ها هستند و دیگران یا نقشی در پروتئین سازی ندارند و یا نقش‌های دیگری دارند. بنابراین حدود ۲۰ هزار "زن" با اندازه ۱۶۶۰۰ نوکلئوتید می‌شود ۳۳۲ میلیون نوکلئوتید یا حدود ۱۱٪ از سه میلیارد.

[۴] تکرار مکررات می‌کنم! دی‌ان‌ای رمزنویسی پروتئین را انجام نمی‌دهد. آر‌ان‌ای رمزنویسی پروتئین را انجام می‌دهد.

[۵] این تصور که بخش بزرگی از دی‌ان‌ای هیچ نقشی ندارد تا چند سال پیش پذیرفته بود. ولی اکنون می‌دانیم که تقریباً تمام بخش‌های دی‌ان‌ای می‌توانند آر‌ان‌ای بسازند، هر چند که این آر‌ان‌ای‌ها ممکن است نقش رمزنویسی نداشته باشند. از سوی دیگر، آن بخش‌هایی از دی‌ان‌ای که نقش آن‌ها را نمی‌دانیم، حداقل در تعیین ریخت سه‌بعدی مولکول دی‌ان‌ای دخالت دارند. در هنگام فعالیت معمولی یاخته‌ها، آن بخش‌هایی از دی‌ان‌ای که در عمق ساختار

سه‌بعدی دی‌ان‌ای قرار دارند، کمتر امکان بروز دارند. بنابراین، کم و زیاد شدن دی‌ان‌ای "بنجل" می‌تواند جای "ژن"‌ها را در ساختار سه‌بعدی تغییر دهد و فعالیت "ژن"‌های را که در کار ساخت آران‌ای رمزنویس هستند را کم و زیاد کند.

در واقع، این مناطق غیررمزنویس شامل عناصر گوناگونی هستند که برخی از آن‌ها کارهای مهمی را، در زمینه‌ای که آشکارا دیده نمی‌شود، انجام می‌دهند. برخی برای آران‌ای (اسید ریبونوکلیک) رمزنویسی می‌کنند که رابط بین دی‌ان‌ای و پروتئین‌هایی که دی‌ان‌ای آن‌ها رمزنویسی می‌کند، هستند و برخی رشته‌های تنظیم‌کننده ^[۱] یا تکرار رمزانه‌های ^[۶] خاص هستند. با این حال، بخش‌های دیگر، شبه‌ژن ^[۲] هستند (رمزانه‌هایی که با دوبرابر شدن ژن‌ها تولید می‌شوند و دیگر پروتئین تولید نمی‌کنند، زیرا در آن‌ها جهش‌هایی وجود دارد که باعث غیر فعال شدن آن‌ها می‌شود): حدود ۱۳۰۰۰ مورد از آن‌ها در ژنوم ^[۷] انسان وجود دارد. در انسان، ژن‌های گیرنده بو، دارای شمار نسبتاً زیادی شبه‌ژن است (حدود ۶۰٪، در مقایسه با موش که فقط ۲۰٪ شبه‌ژن دارد)، که احتمالاً حس بویایی نسبتاً ضعیف ما را، در مقایسه با سایر پستان‌داران، توضیح می‌دهد. ژن‌های تنظیم‌کننده می‌توانند بسیار مهم باشند (فعال شدن ژن‌های کاربردی را کنترل می‌کنند) و حدود ۸٪ از ژنوم انسان را تشکیل می‌دهند. بسیاری از این‌ها، در رده‌های گوناگون، پایسته ^[۳] هستند، و بیش‌تر برای برآورد میزان نزدیکی دو گونه استفاده می‌شوند (به پرسش ۳۰ نگاه کنید) ^[۸].

[۶] این جا هم به کار بردن واژه رمزانه (کودان) غلط است و باید بگویید "رشته تکراری".

[۷] این اولین باری است که واژه "ژنوم" در این کتاب به کار می‌رود. "ژنوم" نامی نسبتاً جدید برای تمام رشته (تواتر) نوکلئوتیدی یک جان‌دار است. از این واژه، هم برای یک فرد می‌توان استفاده کرد، و هم برای یک گونه.

[۸] نیمهٔ دوم این بند حاوی نکاتی است که در صورت "مته به خشخاش گذاشتن"، می‌توان در مورد آن سوال‌های زیادی را مطرح کرد.

حدود ۵۰٪ درصد از ژنوم انسان شامل تکرارهای تصادفی یک رمزانه ^[۹] (معروف به ردیف‌های پشت‌سرهم ^[۴] است زیرا به شمار زیاد، در امتداد کروموزوم جمع می‌شوند) ^[۱۰]. این رقم می‌تواند در افراد گوناگون بسیار فرق کند و همچنین بیش‌تر در آزمایش ارتباط خویشاوندی یا پزشکی قانونی استفاده می‌شود ^[۱۱]. حدود ۴۴٪ از ژنوم ما شامل عناصر متحرک است (که گاهی وقت‌ها به نام ژن‌های جهنده ^[۵] شناخته می‌شوند) که می‌توانند خود را جدا کرده، و مجدداً خود را در جای دیگری ^[از کروموزوم] قرار دهند. به نظر می‌رسد بسیاری از این‌ها، رتروویروس‌هایی ^[۶] هستند که در گذشتهٔ دور فرگشت ما، پس از حمله به بدن میزبان، خود را وارد ژنوم ما کرده‌اند. اکنون اکثر این موارد از نظر کاربردی خنثی هستند، عمدتاً به این دلیل که آن‌هایی که اثرات مختل‌کننده

^[۱] Regulatory genes.

^[۲] Pseudogene.

^[۳] Conserved.

^[۴] Tandem repeats.

^[۵] Jumping genes.

^[۶] Retrovirus.

داشته‌اند، منجر به مرگ میزبان خود می‌شوند و عامل گونه‌مرگی خود نیز، هستند (به پرسش‌های ۲۶ و ۳۵ نگاه کنید) [۱۲].

[۹] این جا هم به کار بردن واژه رمزانه غلط است و باید از واژگان "ردیف کوتاه پشت‌سرهم = short tandem repeats" استفاده کند.

[۱۰] این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

[۱۱] نویسنده در این جا به تکنیک‌های گوناگون انگشت‌نگاری ژنتیکی (genetic fingerprinting) اشاره دارد.

[۱۲] تمام این بند وضعیتی مشابه نیمه دوم بند پیش دارد!

یک گروه مهم از سازوکارهای غیرژنتیکی توارث [۱۳]، آن‌هایی هستند که زیر عنوان "اثرات مادرانه" {۱} یا "اثرات سیتوپلاسمی" {۲} شناخته می‌شوند، زیرا معمولاً در مواد غیرژنتیکی موجود در سیتوپلاسم تخمک وجود دارند [۱۴]. در گونه‌های با بازآوری جنسی (به پرسش ۵۶ نگاه کنید)، جنسی که اسپرم (یا برابر آن) را فراهم می‌کند، تنها دی‌ان‌ای هسته‌ای آن را تامین می‌کند، در حالی که جنسی که تخمک را تامین می‌کند، هم مواد هسته‌ای و هم سیتوپلاسم پیرامون هسته سلول و میتوکندری‌های موجود در آن را تامین می‌کند. (به پرسش ۳۶ نگاه کنید). در نتیجه، مادر، گاهی می‌تواند با مشارکت آران‌ای پیام‌رسان {۳} شناور آزاد، پروتئین‌ها یا حتی هورمون‌ها، بر فنوتیپ فرزندان خود تأثیر بگذارد. اثرات مادری حتی هم‌چون توضیحی برای چاقی دوران کودکی مطرح شده است: نشان داده شده است که نقص در کنترل متابولیک یاخته‌ای مادری باعث تغییر در پانکراس، یاخته‌های چربی و یاخته‌های ماهیچه‌ای جنین می‌شود که همه آن‌ها می‌توانند بر چاقی موثر باشند [۱۵].

[۱۳] در این جا، به کار بردن واژه "توارث" قدری مسئله دار است.

[۱۴] "ها، چه خوب آمد به یادم!" نویسنده در این کتاب در بسیاری از موارد مرتکب "غلطش منطقی" می‌شود. یعنی، بدون آن‌که متوجه باشد، از یک موضوع به موضوع دیگر، می‌گلتد. اکثر این مواقع، وقتی رخ می‌دهد که دو واژگان همانند هم را با هم اشتباه می‌گیرد و از یکی شروع کرده و سپس به آن یکی می‌پردازد. در این مورد خاص، گمانم بر این است که نقش‌گذاریِ مادرانه (maternal imprinting) و اثر مادرانه (maternal effect) را با هم اشتباه گرفته است! تشخیص این جور بدفهمی‌ها هم سخت است و هم پانویسی بر آن‌ها طاقت‌فرساست. نقش‌گذاریِ مادری، هم از نوع ژنتیکی وجود دارد، و هم از نوع روان‌شناسانه. نوع ژنتیکی آن در پرسش ۲۲ بحث شده است. نوع روان‌شناسانه آن از موضوع این کتاب خارج است. اثر مادری، مجموعه اثرهای غیرتوارثی مادر است.

[۱۵] در پستان‌داران اثرات مادری شامل اثرات "محیطی" مادر، مثلاً رحم، بر جنین، در دوران آبستنی و شیرخواری هم می‌شوند.

{1} Maternal effects.

{2} Cytoplasmic effects.

{3} Messenger RNA.

سایر سازوکارهای مهم انتقال [غیر ارثی] ممکن است صرفاً رفتاری باشند. رفتار والدین می‌تواند تأثیر روشنی بر امکانات فرزندان برای بزرگ شدن و بازآوری موفق داشته باشد، و این ممکن است به ویژه برای گونه‌های اجتماعی [۱۶] که در آن مهارت‌های اجتماعی باید از طریق رونویسی از والدین به فرزندان منتقل شود (وراثت فرهنگی)، اهمیت داشته باشد (به پرسش ۹۱ نگاه کنید). شکل دیگری از وراثت غیرژنتیکی، ممکن است ساخت رخنه باشد، که به موجب آن گونه‌ای محیط زندگی خود را تغییر می‌دهد تا بتواند ماندگاری خود یا فرزندان را تسهیل کند. برای مثال می‌توان به سدهای ساخته شده توسط سگ آبی^(۱)، و تپه موریانه، اشاره کرد. اما شاید مهم‌ترین شکل ساخت رخنه، تشکیل گروه‌های اجتماعی در گونه‌های شدید اجتماعی، مانند بوزینه‌ها و میمون‌ها و البته خود ما باشد: این‌ها نسبت به هر چیز دیگری تأثیر بیش‌تری بر ماندگاری فرزندان دارند (به پرسش ۸۱ نگاه کنید). وراثت مالکیت و ثروت در انسان نیز نوعی وراثت غیرژنتیکی است، زیرا ثروتی که از والدین به ارث برده می‌شود در بیش‌تر جوامع، به فرزندان اجازه می‌دهد در یک برتری نسبی اجتماعی قرار بگیرند و بدین ترتیب، بازآوری آن‌ها را راحت‌تر کند [۱۷].

[۱۶] در این‌جا منظور از گونه‌های اجتماعی، گونه‌هایی است که نتاج (فرزندان)، زمانی نسبتاً دراز را با والدین می‌گذرانند.

[۱۷] در این‌جا قدری در جمله‌بندی تغییر داده‌ام.

پرسش ۲۹ - آیا فرگشت می‌تواند در غیاب گزینش رخ دهد؟

فرگشت به معنای تغییر است [۱]، و بنابراین نیازی به تغییر سمت‌دار که گزینش زیستاری ایجاد می‌کند، ندارد. روند درگیر در چنین مواردی بیش‌تر رانش [تصادفی] ژنتیکی نامیده می‌شود، عمدتاً به این دلیل که در ابتدا تصور می‌شد که ترکیب ژنتیکی جمعیت به طور تصادفی حرکت می‌کند نه این‌که در سمت خاصی رانده شود. رانش [تصادفی] ژنتیکی به دو امر کلیدی بستگی دارد: میزان جهش [ژنتیکی] پس‌زمینه‌ای و عدم گزینش [۲]. این امر باعث ایجاد نگره فرگشت مولکولی خنثی در اواخر دهه ۱۹۶۰ توسط ژنتیک‌دان ژاپنی موتو کیمورا^(۲) شد [۳]. این نگره استدلال می‌کند که بیشینه جهش‌ها، در تراز مولکولی، هیچ تأثیری بر برآزش ندارند (یعنی در تأثیر خود خنثی هستند) و صرفاً به صورت تصادفی (اگر حذف نشوند) در بازه‌های زمانی درازی، در مخزن ژنی گونه‌ها، تجمع می‌یابند.

[۱] تعریف خودم از فرگشت را در این‌جا تکرار می‌کنم: "فرگشت، دانش بررسی پراکندگی زیست‌شناسانه در طول زمان و مکان است."

[۲] من با این جمله مخالفم! اول آن که رانش تصادفی ژنتیکی مستقل از میزان پس‌زمینه‌ای جهش است. حتی اگر، به فرض محال، در یک جمعیتی جهش وجود نداشته باشد، در حضور پراکندگی موجود (standing variation)، رانش تصادفی ژنتیکی وجود خواهد داشت. دوم آن که، رانش تصادفی ژنتیکی تنها به یک امر کلیدی بستگی دارد و آن هم اندازه جمعیت است. هر چه جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش تصادفی ژنتیکی بزرگ‌تر (قوی‌تر) است. البته از این موضوع که رانش تصادفی ژنتیکی بخشی از یک نیروی فرگشتی است که نام مناسب‌تر آن، روندهای تصادفی

^(۱) Beaver.

^(۲) Motoo Kimura.

(random processes) است، می‌گذرم. بنابراین، به‌تر بود این جمله را چنین می‌نوشت: "رانش تصادفی ژنتیکی به دو امر کلیدی بستگی دارد: اندازه جمعیت، و عدم گزینش."

[۳] این هم توصیف مناسبی نیست! چرا؟ برای این‌که نویسنده جای علت و معلول را عوض کرده است! به قول اروپایی‌ها، نویسنده "اسب را عقب گاری بسته است!" در دهه ۱۹۶۰، و خصوصاً از سال ۱۹۶۶، میزان کشف پراکنده‌های (variant) ژنتیکی، در اثر اختراع روشی جدید (الکتروفورز ژلی) دوبعدی (two-dimensional gel electrophoresis)) بالا رفت. سوالی که آن موقع پیش آمد این بود که گزینش زیستاری چه‌گونه مجال حضور مقدار زیادی از پراکنش (variance) ژنتیکی را می‌دهد؟ پاسخ کیمورا بسیار ساده بود: پراکنده‌های ژنتیکی که مشاهده می‌شوند، لزوماً اثری مثبت یا منفی ندارند، بلکه بیشینه آن‌ها خنثی هستند.

جهش‌ها یک پی‌آمد عادی روند رونویسی ژنتیکی هستند که در آن اشتباه‌های رونویسی، هنگام تولید نسخه‌های جدید یک ژن [۴]، در حین تقسیم یاخته‌ای بوجود می‌آیند (به پرسش‌های ۲۱ و ۲۴ نگاه کنید). اشتباه‌ها می‌توانند از منابع گوناگون ناشی شوند. بخش‌هایی از دی‌ان‌ای می‌توانند جدا شده و مجدداً در کروموزوم به صورت سر و ته، یا در مکان نامناسب قرار گیرند. یا هنگامی که رشته مارپیچ دی‌ان‌ای، نیمه مکمل خود را می‌سازد، ممکن است اشتباهی در قرار دادن جفت‌های قلیایی رخ دهد. با توجه به نحوه "خواندن" ژن‌ها (در مجموعه‌های رشته‌ای سه تایی [نوکلئوتیدها] در طول کروموزوم) در طول روند ساختن یک جان‌دار، هرگونه تغییر جزئی در ترتیب یا هویت جفت‌های قلیایی به ایجاد رمزان‌های کاملاً جدید منجر می‌شود و در نتیجه پروتئین‌های گوناگون ایجاد می‌شوند [۵] (به پرسش ۲۴ نگاه کنید).

[۴] به‌تر بود می‌گفت: "هنگام تولید نسخه‌های جدید کروموزوم‌ها (یا دی‌ان‌ای)".

[۵] اول این که این جمله را قدری دست‌کاری کردم. دوم آن که باز هم واژه رمزان (کودان) به اشتباه به کار رفته است. سوم آن که هر جهشی (که تغییر یک نوکلئوتید به نوکلئوتید دیگر باشد) به تغییر اسید آمینه، و در نتیجه پروتئین نمی‌انجامد. چرا؟ برای اینکه معمولاً تغییر در جای‌گاه سوم، و گاهی وقت‌ها تغییر در جای‌گاه دوم، به تغییری در اسید آمینه نمی‌انجامد، زیرا برای انتقال ۲۰ اسید آمینه ۶۳ رمزان (ترکیبی از ۳ نوکلئوتید) وجود دارد. برای مثال، برای انتقال آلانین (Alanine) هر کدام از چهار رمزان (GAG)، (GCA)، (GCC) و (GCU) می‌تواند استفاده شود.

اشتباه در رونویسی ممکن است به بی‌دقتی در فرگشت نسبت داده شود، اما به راستی بخشی از طراحی فرگشت است. از نظر تئوریک، این امکان وجود دارد که گزینش زیستاری یک روند رونویسی ۱۰۰٪ دقیق ایجاد کند. در آن صورت، پراکنده‌گی بین افراد، وجود نخواهد داشت که گزینش زیستاری روی آن‌ها عمل کند. و اگر چنین بود، هیچ فرگشتی رخ نمی‌داد. بنابراین، ناسازانه [۱] به **طور متناقض**، گزینش زیستاری باعث می‌شود سیستم کامل نباشد. البته، اشتباه بیش از حد نیز مضر خواهد بود، بنابراین ممکن است انتظار داشته باشیم که سیستم به یک سازش برسد: هم‌ترازی بین دقت زیادتر-از-حد یا کم‌تر-از-حد در رونویسی (این هم نمونه‌ای دیگر از گزینش پایاساز [۲] می‌باشد). با این حال، یک منبع جهش وجود دارد که حتی گزینش زیستاری نیز از عهده آن برنمی‌آید و آن تأثیر پرتوهای کیهانی ناشی از خورشید است [۶]. برخورد پرتوهای کیهانی با بدن

[1] Paradoxically.

[2] Balancing selection= stabilising selection.

معمولاً باعث جهش می‌شود (این یکی از دلایل‌هایی است که آفتاب گرفتن زیاد برای شما مضر است: آسیب به دی‌ان‌ای می‌تواند باعث سرطان پوست شود).

[۶] به این جمله دو اعتراض دارم! اعتراض کوچک‌تر آن است که پرتوهای خورشیدی بخش کوچکی از پرتوهای کیهانی است (که به علت نزدیکی خورشید به زمین، اثر قوی‌تری دارند). اعتراض بزرگ‌تر این است که برای سازوکارهای فرگشتی فرقی نمی‌کند عامل جهش چیست. به هر رو، در رونویسی (کپی‌برداری) از ۳ میلیارد نوکلئوتید که باید، در دو نوبت، و برای بیش از ۳۵ تریلیون یاخته‌ای (که مثلاً در بدن یک انسان وجود دارد)، اشتباه پیش می‌آید! صرفاً از عامل جهش، سازوکارهایی برای بازسازی اشتباه‌های رونویسی نوکلئوتیدها وجود دارند، ولی این سازوکارها نمی‌توانند تمام اشتباه‌ها را درست کنند.

صرف نظر از هر چیزی، جهش‌های جدید به آهستگی در جمعیت انباشته می‌شوند، مگر این‌که ناگزینش شوند، و در نتیجه پراکنش^[۱] جمعیت را در طول زمان افزایش می‌دهند. از آن‌جا که افرادِ خویشاوند، بیش‌تر معمولاً در نزدیکی یک‌دیگر زندگی می‌کنند، بنابراین احتمالاً جمعیت‌های گوناگون از یک گونه، دارای ترکیب ژنتیکی اندکی ناهم‌گون هستند^[۷]. هنگامی که اندازه جمعیت کوچک است، احتمال انتقال برخی از این جهش‌ها می‌تواند به طور قابل توجهی ناهم‌گون باشد، به این دلیل که [۱] یا احتمال این‌که فرزندی از یک پراکند، نوعی [الل] را به جای [الل] دیگری به ارث برده باشد فرق کند؛ [۲] یا یک جمعیت خاص [به جای جمعیت دیگر] باز مانده باشد^{[۸] [۹]}. در نتیجه، ترکیب ژنتیکی دو جمعیت هم‌سایه به آهستگی می‌تواند واگرایی پیدا کند. این یک شاخص معمولی از همانندی ژنتیکی دو گونه به ما ارائه می‌دهد، که به نوبه خود، ما را برای رسیدن به واژگان ساعت مولکولی آماده می‌کند^[۱۰].

[۷] ربط این جمله به جمله‌های پیشین ضعیف است. در تمام جمعیت‌ها، قدری پراکندگی وجود دارد، و تمام جمعیت‌ها، مخصوصاً جمعیت‌های کوچک، هم‌گون‌تر هستند و ترکیب ژنتیکی نسبتاً ناهم‌گونی با جمعیت‌های کوچک دیگر دارند. این هم ربطی به جهش ندارد. هم‌این‌طور میزان جهش در افراد یک جمعیت، ناهم‌گونی نشان‌آری (significant) با یک‌دیگر ندارد.

[۸] در این جمله دو نکته وجود دارد که باعث می‌شود نویسنده با یک زنجیره استدلالی اشتباه به یک نتیجه درست برسد! این عبارت که "هنگامی که اندازه جمعیت کوچک است، احتمال انتقال برخی از این جهش‌ها می‌تواند به طور قابل توجهی ناهم‌گون باشد" غلط است. چه جمعیت کوچک باشد و چه بزرگ، "احتمال انتقال" جهش‌ها یا هر الی مساوی است. اما در یک جمعیت بزرگ، و در حضور گزینش، حتی اگر گزینش بسیار ضعیف باشد، جهش‌های مضر، یا کمی مضر، از جمعیت حذف خواهند شد. اما در یک جمعیت کوچک، و در غیبت گزینش، یا اگر گزینش بسیار ضعیف باشد، یک جهش خنثی، یا کمی مضر، ممکن است در جمعیت باز بماند. چرا؟ برای این‌که در چنین شرایطی باید به برابری دو نیرو توجه کرد: نیروی گزینش و نیروی رانش تصادفی ژنتیکی. در یک جمعیت بزرگ، نیروی رانش تصادفی ژنتیکی پایین (ضعیف) است و نمی‌تواند بر نیروی گزینش فائق آید. حتی اگر گزینش ضعیف باشد، یا اصلاً وجود نداشته باشد، نیروی رانش تصادفی ژنتیکی، به دلیل تصادفی بودن سمت آن، نمی‌تواند تغییرهای بسامد جهش‌ها را در جمعیت بزرگ، به یک سمت خاص هدایت کند. حالا تصور کنید در همان زیست‌گاهی که یک جمعیت بزرگ زندگی می‌کرده، ده‌ها و یا حتی صدها جمعیت کوچک زندگی کنند. در هر یک از این جمعیت‌های کوچک، نیروی رانش تصادفی ژنتیکی بالا (قوی) خواهد بود، و در غیبت گزینش، یا در حضور گزینش ضعیف، نیروی رانش تصادفی ژنتیکی ممکن است بتواند با نیروی گزینش، برابری کند. در اکثر جمعیت‌های کوچک، جهش‌های تازه، یا به دلیل تصادفی بودن سمت نیروی رانش تصادفی ژنتیکی، حذف می‌شوند، و یا به دلیل مضر بودن، یا حتی کمی مضر

^(۱) Variance.

بودن، ناگزینش می‌شوند. اما، هر از گاهی، در یکی از این جمعیت‌های کوچک، و در غیبت گزینش، یک جهش خنثی، یا کمی مضر، ممکن است بر حسب تصادف باقی بماند. خلاصه می‌کنم. در جمعیت‌های کوچک، احتمال تثبیت جهش‌ها، چه خنثی باشند و چه کمی مضر، وجود دارد، چون که شمار چنین جمعیت‌های کوچکی، بسیار زیاد است.

[۹] این جمله بسیار آشفته بود. ساختار آن را قدری تغییر دادم.

[۱۰] به طور کلی به نظر می‌رسد که جمله‌های این بند، بسیار بی ربط به یکدیگر باشند.

پرسش ۳۰ - ساعت مولکولی چیست؟

ساعت مولکولی برای اولین بار در دهه ۱۹۶۰ مطرح شد و می‌توان گفت که مفیدترین نتیجه‌ای است که از ژنتیک مولکولی پدید آمده است [۱]. این نتیجه مستقیم نگره فرگشت مولکولی خنثی است (به پرسش ۲۹ نگاه کنید). با مقایسه دی‌ان‌ای در دو فرد در تراز تک‌تک بازهای آلی، می‌توانیم شمار جهش‌های نقطه‌ای (یعنی جفت‌های قلیایی) که آن دو گونه (یا حتی آن دو فرد) در آن‌ها ناهم‌گونی دارند را، تعیین کنیم [۲].

[۱] فکر می‌کنم دوستان شاغل در زمینه ژنتیک مولکولی، جسارت نویسنده را خواهند بخشید!

[۲] در این جمله هم مشخص نیست که منظور نویسنده از "جفت" چیست!

کلید فهم ساعت مولکولی این است که احتمال تغییر از یک جفت قلیایی به جفت بازی قلیایی دیگر در یک نسل چه مقدار است. فقط دی‌ان‌ای غیررمزنویس (یا جهش‌های خاموش به این دلیل که هیچ تاثیری بر ظاهر جان‌دار، فنوتیپ، ندارند) باید شمارش شوند، زیرا این‌ها فقط (کم یا بیش)، محصول نرخ عادی ثابت جهش هستند [۳]. با شمارش شمار جفت‌های قلیایی که دو فرد با هم، ناهم‌گونی دارند، می‌توانیم میزان مستقیم ارتباط ژنتیکی آن‌ها را اندازه‌گیری کنیم. از این رو، ما می‌توانیم شمار نسل‌های مورد نیاز برای تولید این شمار ناهم‌گونی را حساب کنیم. این محاسبات بسیار پیچیده هستند، زیرا ما باید این احتمال را در نظر بگیریم که ممکن است یک جفت قلیایی از یک حالت به حالت دیگر عوض شود، و پس از آن، اگر فاصله زمانی به اندازه دراز باشد، دوباره به حالت سابق برگردد [۴].

[۳] در این جا نویسنده قبول می‌کند که میزان پس‌زمینه‌ای جهش ثابت است.

[۴] این جمله را قدری دست‌کاری کرده‌ام.

برخی از عامل‌های دیگر که می‌توانند دقت زمانی ساعت را از بین ببرند عبارتند از: تغییر در بازه نسلی (جهش‌های خنثی در گونه‌هایی که با سرعت کم بازآوری می‌کند به کندی جمع می‌شوند که این ناشی از بازه نسلی دراز است) [و ساعت را کند می‌کند] و گلوگاه^(۱) جمعیتی، هنگامی که تنها یک جمعیت کوچک زنده می‌ماند تا به نسل پس از آن تبدیل شود (که می‌تواند سرعت [ساعت] را افزایش دهد). گلوگاه‌ها می‌توانند در اثر جدا شدن جمعیت کوچکی از گونه اصلی، هنگام اشغال

^(۱) Bottleneck.

زیست‌گاهی جدید (اثر بنیان‌گذار ^(۱)) (به پرسش ۴۳ نگاه کنید)، و یا از سقوط عمده در اندازه جمعیت ناشی شود [۵]. در هر مورد، تنها بخش کوچکی از مخزن ژنی گونه باز می‌ماند، و بیش‌تر باعث می‌شود گونه‌ها به طور چشم‌گیری به سوی یک انتها از توزیع فنوتیپی خود بروند. به طور کلی، این اشتباه‌ها بسیار ناچیز هستند و برآورد زمان‌های واگرایی هنوز به مراتب به‌تر از هر روش دیگری است (شاید، به غیر از تاریخ‌گذاری رادیومتری سنگ‌ها و مواد - که متکی بر سرعت فروپاشی بسیار دقیق روندهای اتمی است). در هر صورت، ما می‌توانیم محدودیت‌های سوگیری ^(۲) آماری را در پیرامون برآورد از تاریخ داده‌شده توسط ساعت مولکولی تعیین کنیم، تا به ما بگوید که ساعت در هر مورد چقدر دقیق است.

[۵] از نظر بسامد ال‌ها و ژنوتیپ‌ها، گلوگاه جمعیتی و اثر بنیان‌گذار یک‌سان هستند.

شاید دیدنی‌ترین مثال استفاده از ساعت، در محاسبه تاریخ خاست‌گاه گونه‌ها، انسان‌های مدرنی که از نظر کالبدشناسی مثل ما هستند ^(۳) باشد. این شامل تعیین شمار ناهم‌گونی‌های جفت‌های قلیایی در دی‌ان‌ای یک نمونه بزرگ از افراد زنده از بیشینه جمعیت‌های انسانی و سپس استفاده از ساعت مولکولی برای محاسبه این است که نیای مشترک آن‌ها چه موقع زندگی می‌کرده است (معروف به هم‌گرایی تاریخ ^(۴)). برآوردهای جداگانه با استفاده از دی‌ان‌ای میتوکندری (mtDNA)، که فقط از طریق مادر به ارث می‌رسد (به پرسش ۳۶ نگاه کنید) و دی‌ان‌ای کروموزوم Y (که فقط از طریق پدر به ارث می‌رسد) محاسبه شده است (به پرسش ۵۷ نگاه کنید). برای mtDNA، میزان تغییر (یا جایگزینی یک جفت قلیایی با دیگری) حدود ۰.۰۲ در هر جفت قلیایی در میلیون سال است. این ۵ تا ۱۰ برابر دقیق‌تر از دی‌ان‌ای هسته‌ای است، بنابراین [دی‌ان‌ای میتوکندری] یک ساعت نسبتاً دقیق‌تر ارائه می‌دهد. طبق برآوردهای گوناگون با استفاده از ساعت mtDNA، سن برآورد شده برای گونه‌ها ۱۰۰ هزار سال تا ۱۶۰ هزار سال و برای ساعت کروموزومی Y بین ۱۲۰ هزار سال تا ۱۵۶ هزار سال است. به عبارت دیگر، گونه‌ها تنها حدود ۱۵۰ هزار سال قدمت دارد. با توجه به این‌که میانگین طول عمر گونه‌ها در دودمان ما، تا نیای مشترک با سایر میمون‌های بزرگ، حدود نیم میلیون سال است (برای مثال نئاندرتال‌ها بیش از ۴۰۰ هزار سال زنده ماندند) (به پرسش ۶۲ نگاه کنید)، ما در یک مقایسه فرگشتی فقط نوجوان به حساب می‌آییم.

^(۱) Founder effect.

^(۲) Bias.

^(۳) Homo sapiens.

^(۴) Convergence date.

فصل ۴: فرگشت زندگی

پرسش ۳۱ - آیا می‌توانیم بگوییم زندگی بر روی زمین چه‌گونه آغاز شده است؟

پیدایش زندگی بر روی زمین باید، هم پیش از اولین فسیل‌ها بوده باشد، و هم احتمالاً از نظر ریخت‌شناسی، حتی از اولین فسیل‌ها هم ساده‌تر باشد. بسیار دشوار است که ما بتوانیم بدانیم که اولین ریخت‌های زندگی چه بوده‌اند یا در چه زمانی زندگی می‌کرده‌اند، به این دلیل که آن‌ها کوچک‌تر و شکننده‌تر از آن بوده‌اند که اثری از خود به جا گذارند. اولین نشانه‌ها در مورد زندگی مربوط به حدود ۳.۵ میلیارد سال پیش است (حدود یک میلیارد سال پس از برخورد زمین با سیاره دوقلوی کوچک خود تیا^[۱]، که ماه از مواد پخش شده در زمان برخورد این دو سیاره، شکل گرفته است^[۲]). ریخت‌های باستانی زندگی، سیانوباکتری‌ها^[۳] هستند. سیانوباکتری یک میکروب تک‌یاخته‌ای است که می‌تواند فتوسنتز کند. سیانوباکتری‌ها فسیل‌هایی را به ریخت استروماتولیت^[۴]، مانند آن‌چه در سواحل غرب استرالیا یافت می‌شود، به جا گذاشته‌اند. استروماتولیت، گُپه‌های لایه‌لایه سنگی تولید شده توسط جرگه‌های^[۴] جان‌داران تک‌یاخته‌ای مانند سیانوباکتری‌ها است^[۵].

[۱] در سراسر این کتاب، شمار زیادی "جمله معترضه" وجود دارد که جمله‌ها را چند عبارتی و بسیار دراز کرده‌اند. من به اسم امانت، این‌ها را نگه داشته‌ام. ولی گاهی وقت‌ها میل به حذف آن‌ها داشتم! در این مورد خاص، این که زمین و تیا، حدود ۴.۵ میلیارد سال پیش با هم برخورد کرده‌اند، هیچ اطلاعات مفیدی برای موضوع بحث ندارد. این جور "جمله‌های معترضه" خواندن متن را بسیار سخت می‌کنند.

[۲] سیانوباکتری‌ها به راستی نوعی جلبک هستند. اما از آن جایی که "هسته‌دار" نیستند، ممکن است جزو جلبک‌های امروزی هم به حساب نیایند.

[۳] بد نیست بگوییم که بسیاری از واژه‌های دانشیک (و غیردانشیک) که در زبان انگلیسی به کار می‌روند ریشه لاتین دارند. اگر ریخت مفرد این واژه‌ها با "rium" تمام شود، ریخت جمع آن‌ها با "ria" خواهد بود. بنابراین، مثلاً، "bacterium" به معنی باکتری و "bacteria" به معنی باکتری‌ها است.

[۴] نویسنده واژه "colony" را استفاده کرده که وقتی در ارتباط با باکتری‌ها به کار می‌رود باید به "پرگنه" برگرداند. در ادامه متن، نویسنده واژه "colony" را برای جان‌دارانی غیر از باکتری‌ها هم به کار برده است. در نتیجه من انتخاب می‌کنم که در همه جا از یک واژه، آن هم "جرگه" استفاده کنم. اگر پس از این، واژه به‌تری پیدا کردم، جرگه را عوض خواهم کرد. در ضمن واژه جرگه را می‌توان، مطابق دهخدا و معین، هم جرگه و هم جُرگه خواند.

^[۱] Theia.

^[۲] Cyanobacteria.

^[۳] Stromatolite.

[۵] این جمله را در چند جا شکسته‌ام!

با این حال، ما می‌توانیم بر مبنای اطلاعات موجود، در مورد چه‌گونه‌ی پیدایش زندگی بر روی زمین، حدس‌هایی بزنیم. اول آن که، تنها دو گزینه وجود دارد: یا زندگی در این‌جا روی زمین فرگشت یافته است (و ممکن است یک روی‌داد منحصر به فرد در جهان باشد) یا از جایی دیگر، شاید از طریق یک ستاره دنباله‌دار یا شهاب‌سنگ یا به ریخت مولکول‌های آلی بسیار ساده از طریق غبار کیهانی، به این‌جا رسیده است [۶]. اگر پاسخ دوم درست باشد، در عین این‌که جالب است، اما سوال را به جای دیگری برمی‌گرداند: چه‌گونه زندگی در هر جایی از جهان، فرگشت یافته است؟ یک پیش‌نهاد این است که، شرایط تشکیل مولکول‌های [زیستی] ممکن است در دیسک غبار سیاره‌ای، که خورشید جوان را، پیش از متراکم شدن سیارات احاطه کرده بود، وجود داشته است. در این صورت، ممکن است زندگی در پیرامون بسیاری از ستارگان دیگر نیز فرگشت یافته باشد، و ما ممکن است منحصر به فرد نباشیم.

[۶] این هم از آن "تخم لق"هایی است که یک نفر بدون آن‌که به‌اندازه فکر کرده باشد در میان می‌گذارد، و دیگران هم بدون آن‌که به‌اندازه فکر کنند آن را تکرار می‌کنند! این تصور که زندگی در جای دیگری به وجود آمده و پس از آن به زمین منتقل شده از این‌جا ناشی می‌شود که خورشید ما، یک خورشید جوان و "نسل چندی" است! به این معنی که اولین خورشیدها شاید حدود ۱۲ تا ۱۳ میلیارد سال پیش به وجود آمده باشند. پس از آن، اولین خورشیدها، در پایان عمر خود، عناصر شیمیایی سنگین را ساخته‌اند. بنابراین، زندگی پس از پایان عمر خورشیدهای نسل اول یا در طول وجود خورشیدهای نسل دوم، به وجود آمده است! در نهایت این‌که خورشید ما که نسل ۳، ۴ یا ۵ (یا بیش‌تر است) از توده‌ای ستاره‌ای به وجود آمده که هسته نخستین زندگی را در خود داشته است! هیچ کدام از جمله‌های این بند در برابر سوالات انتقادی، تاب نمی‌آورند! "عقب انداختن" سوال به زمانی در گذشته، مشکلی را حل نمی‌کند! سوال این است: این فرم از زندگی که ما می‌شناسیم، چه در روی زمین به وجود آمده باشد و چه در جای دیگر، چه‌گونه می‌توانسته به وجود بیاید؟

این واقعیت که امروزه همه ریخت‌های زندگی بر روی زمین، دارای زیرمجموعه‌ای از ۳۵۵ ژن و سیتوکروم-C هستند (به پرسش ۷ نگاه کنید) نشان می‌دهد که خاست‌گاه مشترکی وجود داشته که زنجیره‌های شیمیایی را از این اجزا، هم‌چون اولین نوع زندگی آلی، تشکیل داده است. البته، کاملاً محتمل است که این اولین باری نبوده که ماده آلی فرگشت یافته است. ممکن است چندین شروع ناموفق وجود داشته که از بین رفته‌اند و دنیای زنده ما بر روی زمین، تنها چیزی است که موفق بوده، در این معنا که تمام مواد در حال حاضر زنده، از آن ناشی می‌شوند [۷].

[۷] این جمله را در چند جا "ضرب و جرح" کرده‌ام!

تمام زندگی روی زمین به چهار ماده شیمیایی کلیدی بستگی دارد: لیپیدها (چربی‌ها)، کربوهیدرات‌ها (قندها و سلولوز)، اسیدهای آمینه (متابولیسم پروتئین‌ها) [۸] و اسیدهای نوکلئیک (مولکول‌های خود تکثیر کننده). هر توضیحی در مورد ریشه‌های زندگی باید توضیح دهد که چه‌گونه این چهار ماده شیمیایی ساخته شده‌اند. آن‌چه روشن است این است که شرایط مورد نیاز برای زندگی کاملاً محدود است: یک محیط آبی، که آن قدر سرد نباشد که آب یخ بزند، به علاوه در دست‌رس بودن گسترده عناصر شیمیایی (نیتروژن، کربن، آمونیاک [۹]) که اساس دی‌ان‌ای هستند. مهم‌تر از همه، این مولکول‌ها باید بتوانند در غیاب اکسیژن شکل بگیرند، زیرا

کره زمین خیلی دیرتر (در حدود ۲.۵ میلیارد سال پیش) اکسیژن دار شد (به پرسش ۳۲ نگاه کنید).

[۸] توضیحی که نویسنده در پرائتز آورده، بیشتر از بی‌اطلاعی او در این زمینه حکایت می‌کند تا چیز دیگر. این غرغره‌های من، مرا وادار می‌کند که یک امر عمومی را پیش بکشم. اگر این کتاب این قدر ایراد دارد و اگر نویسنده‌اش این قدر بی‌سواد است که این همه اشتباه می‌کند، (۱) او چه‌گونه موفق شده که این کتاب را چاپ کند و (۲) من به چه دلیلی انتخاب کرده‌ام که آن را به فارسی برگردانم؟ در مورد سوال اول باید بگویم که این کتاب، یک کتاب از یک مجموعه بزرگ به نام "آن چه هر کس نیاز دارد بداند" است. بسیاری از ناشران، چنین مجموعه‌هایی را منتشر می‌کنند و می‌خواهند درباره هر موضوعی، کتابی در مجموعه خودشان داشته باشند. در این مورد خاص به نظر می‌رسد ناشر، این نویسنده را به دلیل پژوهش‌هایش در باره حالت‌ها و بیماری‌های روان‌شناسانه/اجتماعی که به روشنی ریشه فرگشتی داشته‌اند، انتخاب کرده است. نویسنده "بیچاره" هم خود را مجبور دیده که مطالبی را که خارج از خبرگی او باشد در کتاب بگنجاند (و یا حتی شاید ناشر از او خواسته باشد که به چنین سوال‌هایی هم پاسخ بدهد). متأسفانه، نویسنده اشتباه کرده و بدون بررسی بسنده در زمینه‌هایی که در آن‌ها خبرگی ندارد، دست به نوشتن مطلب کرده است. افزون بر آن، به نظر می‌رسد که نه نویسنده و نه ناشر، کتاب را برای بررسی دانشیک هم‌گنان (peer review)، و ویرایش دانشیک، به کسی عرضه نکرده‌اند. در مورد سوال دوم، دلیل من برای انتخاب این کتاب برای برگردانی این بود که نویسنده، فرگشت را به زندگی و مشاهدات روزانه ما آورده است. کار نویسنده در انتخاب ۱۰۰ پرسش که بتواند کنج‌کاوی‌های عمومی، در زمینه فرگشت را، جمع‌بندی کند، کاری ارزنده و بسیار مشکل است. کم‌تر کسی این توان را دارد که بتواند این همه مطالب متنوع را در چنین حجم کوتاهی در کنار هم بیاورد. کوتاه این‌که، من این کتاب را به خاطر نقاط قوتش انتخاب کردم (و نه به خاطر نقاط ضعفش).

[۹] اجزاء مجموعه "نیتروژن، کربن، آمونیاک" نه ترتیب دارند و نه از یک جور هستند. بی‌ترتیبی در آن است که اجزاء را به ترتیب وزن نیاورده است. ناجوری در آن است که دو جزء اول، اسم اتم هستند، ولی جزء سوم، اسم یک مولکول است. این "سهو" که اسم‌ها بی‌ترتیب و ناجور کنار هم گذاشته شوند، در جای‌جای این کتاب تکرار می‌شود.

یک پیش‌نهاد نخستین ("انگاره سوپ نخستین"^(۱)) این بود که برخورد صاعقه در جو متلاطم اولیه زمین، انرژی [لازم] برای ترکیب مواد شیمیایی را فراهم کرده تا مولکول‌های آلی ساده‌ای تشکیل شوند. در مرحله پس از آن، این مواد شیمیایی با هم ترکیب شده و آران‌ای (اسید ریبونوکلیک، که معمولاً اسید نوکلئیک تک‌رشته‌ای است، در ریخت آران‌ای پیام‌رسان mRNA) که بین دی‌ان‌ای و کد ژنتیکی و تولید پروتئین‌های تشکیل دهنده یاخته‌ها ارتباط برقرار می‌کند) و سپس زنجیره‌های دی‌ان‌ای را، می‌سازند [۱۰]. آزمایش معروف میلر-یوری در سال ۱۹۵۲ سعی کرد این را در آزمایش‌گاه نشان دهد: با استفاده از جرقه‌های الکتریکی برای همانندسازی صاعقه و جو دارای آب، متان، آمونیاک و هیدروژن، که تصور می‌شد جو نخستین زمین را می‌ساخته‌اند: نتیجه اسید آمینه‌ها از نوعی که می‌تواند دی‌ان‌ای [۱۱] را تشکیل دهد، بود.

[۱۰] به نظر می‌رسد که نویسنده نقش مولکول‌هایی مانند آران‌ای (RNA)، دی‌ان‌ای و پروتئین‌ها در (۱) مراحل نخستین زندگی و در (۲) یاخته‌های امروزی را، با هم یکی دانسته است! در ضمن این جمله را قدری دست‌کاری کردم.

[۱۱] نه! نه! نه! "اسید آمینه‌ها از نوعی که می‌تواند دی‌ان‌ای را تشکیل دهد" غلط است! غلط! دی‌ان‌ای در کار ساخت آران‌ای است و آران‌ای با کنار هم گذاردن اسید آمینه‌ها، پروتئین‌ها را می‌سازد.

(۱) Primordial soup hypothesis.

با این حال، یک پیش‌نهاد جای‌گزین این است که مولکول‌های آلی نخستین در محیط‌های بسیار داغ و آب‌های ژرف در دریچه‌های گرمابی [آتش فشان] فرگشت یافته‌اند، جایی که گازهای داغ به صورت حباب از پوسته زمین درآمده و یک محیط گازی-آبی را می‌سازند که دمای آن ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد (برابر ۲۱۲ تا ۳۰۰ درجه فارنهایت) (یعنی بالاتر از نقطه جوش آب) است. حتی امروزه، این محیط‌های ژرف دریایی مملو از باکتری‌های بسیار گرمادوست ^[۱] هستند که به نظر می‌رسد توانایی زنده ماندن در محیط‌های بسیار گرم غنی از متان، آمونیاک، دی‌اکسید کربن و سولفید هیدروژن دارند، که بیشتر آن‌ها برای اکثر جان‌داران، سمی هستند.

به تازگی ^[۱۲]، اخت‌فیزیک‌دانان دریافته‌اند که ماه با سرعت حدود چهار سانتی‌متر (۱.۵ اینچ) در سال از زمین دور می‌شود. یک محاسبه ساده به ما می‌گوید که ماه اکنون حدود ۱۷ برابر نسبت به زمان شکل‌گیری اولیه از زمین فاصله دارد. ماه با آن فاصله کم می‌توانست تأثیرات شگرفی بر اقیانوس‌ها داشته باشد: سیاره ما دو بار در روز جزر و مدی در حدود سه کیلومتر (تقریباً دو مایل) را تجربه می‌کرد، در حالی که امروزه میزان جذر و مد به طور متوسط در حدود ۱۰ متر (۳۳ فوت) است. جذر و مدهای به آن بزرگی، سطح زمین را در مناطق گسترده‌ای می‌شسته و خاک‌های غنی از مواد معدنی را در بستر دریا قرار می‌داده و مواد شیمیایی (به ویژه آهن) مورد نیاز برای فرگشت مولکول‌های زنده در دریچه‌های گرمابی را، تأمین می‌کرده است. به عبارت دیگر، زندگی روی زمین ممکن است تصادفی، ناشی از اندازه و فاصله‌ای باشد که در آن ماه با وجود آمده است، و بنابراین می‌تواند منحصر به فرد باشد ^[۱۳].

[۱۲] من نمی‌دانم منظور نویسنده از "به تازگی" چیست. به هر رو، برآوردها حکایت از این دارد که ماه در ابتدا حدود ۲۲۰۰۰ کیلومتر از زمین فاصله داشته و اکنون این فاصله به حدود ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر رسیده است. اگر اعدادی که من در ذهن دارم درست باشند، ماه با سرعتی حدود ۸ سانتی‌متر در سال از زمین دور می‌شود.

[۱۳] این بحث که زندگی در زمین، منحصر به فرد است یا نه، یک بحث بی‌موردی است. از این رو که نتیجه چنین بحثی تأثیری بر مسیر فرگشت در زندگی روی زمین ندارد. نظر من این است که هر نگرانی که بخواهد "ما" را "تافته‌ای جدا بافته" بداند، ناشی از "کم‌اندیشی" است. برای مثال، آیا نویسنده با استفاده از استدلال "ماه" می‌خواهد بگوید که در میان این چندصد میلیارد خورشیدی که در هر کدام از این چندصد میلیارد کهکشان قرار دارند، هیچ کدام یک سیاره ندارند که یک ماه نزدیک، ولی دور شونده، داشته باشد؟ حرف این است: آیا دلیلی وجود دارد که روندهای فیزیکی / شیمیایی / زیست‌شناسانه در جاهای گوناگون جهان (یا جهان‌ها) فرق کنند؟

پرسش ۳۲ - زندگی بر روی زمین که ما آن را می‌شناسیم چه‌گونه از این شرایط بسیار بدوی فرگشت یافت؟

نخستین ریخت‌های زندگی که حدود ۳.۵ میلیارد سال پیش ظاهر شدند، به راستی رشته‌های برهنه آران‌ای بودند که در سوپ داغ و غنی از مواد مغذی، شناور بودند ^[۱]. هنگامی که رشته‌های آران‌ای، و رشته‌های نردبانی ^[۲] دی‌ان‌ای ایجاد شدند، توانستند خود را به طور موثر بازآوری کنند، و به سرعت متنوع شدند. اما هنوز هم، این جهان عمدتاً یک جهان بی‌هوازی بود که در محیطی بدون اکسیژن، کار می‌کرد. امروزه اکسیژن حدود ۲۰٪ از جو زمین را تشکیل می‌دهد و سوخت مهمی است که همه زندگی‌های چندیاخته‌ای - من و شما - به آن وابستگی دارد. اما همیشه چنین

^[۱] Hyperthermophilic.

نبوده است. به نظر می‌رسد تاریخ فرگشتی زمین‌شناسانه زمین شامل مجموعه‌ای از مراحل اصلی بوده که در آن شرایط، کره زمین در مدت زمان نسبتاً کوتاهی دچار تغییرهای چشم‌گیری شده است.

[۱] برای شروع زندگی در زمین انگاره‌های گوناگونی وجود دارد. دنیای آران‌ای (RNA world) یکی از این انگاره‌ها است.

[۲] نردبانی را به جای double-helix استفاده کردم. حتی آران‌ای تک رشته‌ای هم می‌تواند ساختار نردبانی بسازد!

اولین مورد [از مراحل اصلی] با نام روی‌داد اکسیژن رسانی بزرگ^(۱) شناخته می‌شود که حدود ۲.۵ میلیارد سال پیش (بنابراین حدود یک میلیارد سال پس از نخستین ظاهر شدن زندگی) رخ داده است. به نظر می‌رسد سیانوباکتری‌ها در اقیانوس‌ها، ظرفیت استفاده از پرتوهای خورشیدی را، برای ایجاد انرژی با فتوسنتز، فرگشت داده‌اند: این روند هنگامی که دی‌اکسید کربن و آب را به گلوکز (هم‌چون منبع انرژی) تبدیل می‌کند، اکسیژن آزاد را هم‌چون یک محصول جانبی، تولید می‌کند. این برتری بزرگی به این باکتری‌ها می‌دهد و به آن‌ها اجازه می‌دهد بسترهای متراکم زنده‌ای، روی سطح دریا، یا درست زیر آن، ایجاد کنند، درست مانند شکوفه‌های جلبکی که امروزه شاهد آن‌ها هستیم. می‌توانیم مطمئن باشیم که شمار بسیار زیادی از این باکتری‌ها وجود داشته‌اند، زیرا برای تولید اکسیژن بسنده برای تغییر جو زمین، به آن شیوه‌ای که انجام شده، نیاز به پخش مقدار زیادی اکسیژن داشت. مقدار کم اکسیژن آزاد، منجر به اکسیژن‌دار شدن اتمسفر نمی‌شود، زیرا مقدار کم اکسیژن، به سرعت توسط مولکول‌های آهن، جذب می‌شوند (برای ایجاد سنگ آهن، که به همین دلیل اکنون در پوسته زمین به فراوانی دیده می‌شود)^[۳].

[۳] ساختار این جمله را قدری تغییر دادم.

یک محیط اکسیژن‌دار، چه در لایه‌های سطحی اقیانوس‌ها و چه در خود جو زمین، برای باکتری‌های بی‌هوازی بسیار سمی است. مهم‌تر این‌که اکسیژن آزاد، متان (یک گاز گل‌خانه‌ای) را در جو زمین خنثی کرده، و لایه‌ای از اوزون ایجاد می‌کند که میزان برخورد نور خورشید به زمین را کاهش می‌دهد. این در نهایت منجر به یخ‌چالی شدن زمین گردید که بسیار شدید و فراگیر بود به طوری که زمین به طور موثر، به یک گلوله برفی غول‌پیکر^(۲) تبدیل شد و منجر به مرگ عمده ریخت‌های زندگی گردید. زیر فشار شدید گزینشی، ظرفیت بهره‌برداری از اکسیژن، هم‌چون عامل کاهنده^(۳) روندهای شیمیایی، در برخی از دودمان‌های باکتریایی پدیدار شد، و منجر به ایجاد ترکیب جوی هم‌تراز، و مسیری کاملاً جدید برای فرگشت، شد. توضیح این‌که چه‌گونه این رخ‌داد پیش آمده است، هنوز یک چالش بزرگ است. با این وجود، جو زمین غنی از اکسیژن، باعث گسترش ناگهانی ریخت‌های جدید زندگی شد (به پرسش ۱۱ نگاه کنید).

^(۱) Great Oxygenation Event.

^(۲) Snowball earth.

^(۳) Reducing agent.

[۴] "عامل کاهنده" را برابر "reducing agent" نوشتیم. این را در ایران "عامل احیایی" هم می‌گویند. البته سواد شیمیایی من قدری زنگ زدگی دارد، ولی به هر رو، این جمله قدری غریب است. اکسیژن، کار اکسیده کردن را انجام میدهد. بنابراین، شاید در این‌جا منظور نویسنده این باشد که مصرف اکسیژن به کم شدن اثر اکسیده‌شدن و در نتیجه بیش‌تر شدن اثر کاهنده بیانجامد؟

دومین مرحله گذار مهم در تاریخ زندگی روی زمین، حمله گیاهان به سطح زمین در حدود ۴۷۰ میلیون (نیم میلیارد) سال پیش بود. این امر نیاز به فرگشت دیواره‌های یاخته‌ای مقاوم در برابر پوسیدگی دارد، تا از خشک‌شدن ماده زنده شکندنده، در شرایط بسیار خشک‌تر، در خشکی، جلوگیری شود. با بهره‌مندی از میکروسکوپ‌های الکترونی فوق‌العاده قدرت‌مند، می‌توانیم هاگ‌های گیاهان آن موقع را که در سنگ‌ها حفظ شده‌اند، حتی اگر قطر آن‌ها ۳۰ میکرومتر (کم‌تر از ۰.۰۱ میلی متر) باشد، ببینیم. سرعت فرگشت و گسترش گیاهان در سطح زمین قابل توجه بود: تا پیش از ۴۷۰ میلیون سال پیش، نشانه‌های فسیلی کمی برای گیاهان در خشکی وجود دارد، اما پس از آن تاریخ، آن‌ها در همه جا وجود دارند. زیست‌شناسان هنوز مطمئن نیستند که چرا این رخداد به این سرعت پیش آمده است.

از ۳۷۰ میلیون سال پیش، گیاهانی با ساقه و برگ چوبی، احتمالاً در نتیجه رقابت مستقیم گیاهان برای دسترسی به نور خورشید، ظاهر شده بودند. گیاهان، تنه را فرگشت دادند تا از رقبای خود بالاتر بروند تا بتوانند نور کامل خورشید را برای برگ‌های خود، به منظور فتوسنتز، دریافت کنند. [این، هم‌آن کاری است] که امروزه درختان در جنگل‌های گرم‌سیری انجام می‌دهند (به همین دلیل آن‌ها بسیار بلند هستند و پوشش گیاهی زیر آن‌ها خیلی تُنک است). این امر باعث ایجاد جنگل‌هایی شد، که در نهایت پس از مرگ، باعث ایجاد زغال سنگ شدند. (در برابر، چمن‌ها دیر به وجود آمدند و از ۴۰ میلیون سال پیش ظاهر شدند، زیرا شرایط آب و هوایی خشک، با غلظت بیشتری از دی اکسید کربن، به وجود آمد). گیاهان به تثبیت خاک‌های شنی بادآورده که روی زمین فراوان بودند، کمک کردند. گیاهان در خشکی، هم از طریق سامانه ^(۱) ریشه‌ای خود و هم با ایجاد خاک‌های کودی [خاک‌های دارای پوسیده‌های گیاهی]، سطح زمین را برای گیاهان دیگر غنی کرده‌اند. محیط‌های جدید در خشکی، فرصت‌هایی را ایجاد کرد که گروه‌های جدیدی از جانوران (و به ویژه خزندگان و دوزیستیان) در آن گسترش و فرگشت یافتند، و از گیاهان هم‌چون منابع خوراکی، استفاده کردند.

پرسش ۳۳ - چرا باکتری‌ها و ویروس‌ها به سرعت فرگشت می‌یابند؟

ریخت‌های زندگی بر روی زمین به دو گروه اصلی پیش‌هسته‌ای ^(۲) و هسته‌دار ^(۳) تقسیم می‌شوند. هسته‌داران یاخته‌هایی هستند که توسط غشایی احاطه شده‌اند و مواد ژنتیکی در هسته یاخته قرار دارد. در حالی که پیش‌هسته‌ای‌ها معمولاً تک یاخته‌ای هستند، گاهی وقت‌ها فقط رشته‌های برهنه آران‌ای یا دی‌ان‌ای هستند ^(۱). باکتری‌ها بخش بزرگی از پیش‌هسته‌ای‌ها را تشکیل می‌دهند. پیش‌هسته‌ای‌ها که اولین ریخت زندگی بر روی زمین بودند، هم‌چنان بخش مهمی از جانداران را

^(۱) System.

^(۲) Prokaryote.

^(۳) Eukaryote.

تشکیل میدهند. یک گرم (یک سوم اونس^{۱})^[۲] خاک، حاوی حدود ۴۰ میلیون باکتری و یک لیتر (یک کوارت^{۲}) آب، حاوی حدود ۱۰۰ میلیون باکتری است (این توضیح می‌دهد که چرا آزمایش معروف لامارکی که نشان دهندهٔ زایش خودجوش زندگی بود، بسیار قانع کننده عمل می‌کرد) (به پرسش ۲ نگاه کنید). باکتری‌ها همهٔ انواع کارکردهای ضروری و ارزشمند را، که بدون آن‌ها زندگی بر روی زمین وجود نخواهد داشت، انجام می‌دهند. این شامل تثبیت نیتروژن در خاک برای استفاده گیاهان و تجزیه اجساد مرده به منظور بازگشت مواد شیمیایی تشکیل دهنده آن‌ها به خاک است.

[۱] اطمینان ندارم که امروزه جان‌دارانی با ساختار یاخته‌ای، ولی با آر‌ان‌ای (RNA) وجود دست باشند. در ضمن، ویروس‌ها جزو پیش‌هسته‌ای‌ها نیستند، و برای خودشان در گروه جدایی قرار دارند.

[۲] اونس حدود ۲۸ گرم است. بنابراین نویسنده در اینجا مرتکب اشتباهی شده است!

به نظر می‌رسد ویروس‌ها پس از آن، احتمالاً از پلاسمیدهای شناور آزاد (قطعات کوچک دی‌ان‌ای که می‌توانند بین یاخته‌های بدن یک جاندار حرکت کنند^[۳])، یا مستقیماً از باکتری‌ها، فرگشت یافته‌اند^[۴]. ویروس‌ها در اصل بخش‌های کوچکی از آر‌ان‌ای یا دی‌ان‌ای هستند، که در یک پوشش پروتئینی قرار دارند و به طور معمول تنها زمانی می‌توانند تکثیر شوند که در داخل یاخته یک جاندار دیگر (گیاه یا جانور) باشند. ویروس‌ها در سال ۱۸۹۸ توسط زیست‌شناس هلندی مارتین بیهیرینک^{۳} در ریخت ویروس موزاییک تنباکو (که باعث لکه‌دار شدن برگ‌ها می‌شود و به محصولات آسیب زیادی می‌رساند) کشف شدند. قابلیت انتقال راحت ویروس‌ها بین جانداران گوناگون (حتی جانداران گونه‌های گوناگون: برای مثال از شته‌ها هنگام تغذیه از شیره یک گیاه، و سپس انتقال آن‌ها به گیاه دیگر) و توانایی آن‌ها برای ورود به یاخته‌های جانداران (حتی در دی‌ان‌ای هسته‌ای آن‌ها) (به پرسش ۳۵ نگاه کنید)، بدین معنی است که آن‌ها مسئول انتقال افقی زیادی از مواد ژنتیکی بین گونه‌ها هستند. توانایی آن‌ها برای وارد کردن دی‌ان‌ای خود در دی‌ان‌ای جانداران دیگر است که مهندسی ژنتیک محصولات و درمان‌های پزشکی بالقوه را ممکن می‌سازد^[۵].

[۳] توصیف به‌تر پلاسمید این است که آن‌ها قطعات غیرکروموزومی هستند که بیشتر در باکتری‌ها و به صورت حلقه‌ای وجود دارند. البته به ندرت، در هسته‌داران و آرکئیا، به صورت غیرحلقوی هم پیدا می‌شوند. حرکت آن‌ها بین یاخته‌های باکتریایی رایج است. اما من در مورد حرکت بین یاخته‌های گوناگون یک جاندار چندیاخته‌ای، گزارشی ندیده‌ام.

[۴] در ابتدای پرسش ۳۲، نویسنده به طور ضمنی مدعی شده بود که زندگی در زمین با آر‌ان‌ای (RNA) شروع شده است. از آن جایی که ساختار ویروس‌ها و مولکول‌های دی‌ان‌ای و آر‌ان‌ای فرق زیادی ندارند، به وجود آمدن ویروس‌ها از پلاسمیدها را باید نوعی تناقض‌گویی قلمداد کرد!

{1} Ounce.

{2} Quart.

{3} Martin Beijerinck.

[۵] احتمال می‌دهم که نویسنده در این‌جا به رتروویروس‌ها (retrovirus) اشاره دارد. البته، "مهندسی ژنتیک" محدود به رتروویروس‌ها نیست.

در حالی‌که هم باکتری‌ها و هم ویروس‌ها می‌توانند کارکردهای مفیدی داشته باشند (یا در بدترین حالت خنثی باشند)، آن‌ها هم‌چنین برخی از اصلی‌ترین عامل‌های بیماری‌هایی هستند که مشکل‌های زیادی را برای ما ایجاد می‌کنند. مزیت بزرگ باکتری و ویروس، نسبت به جانوران و گیاهان معمولی، این است که می‌توانند با تقسیم یاخته‌ای ساده (میتوز) به سرعت تکثیر شوند [۶]. بیش‌تر جانوران و گیاهان یک زمان نسلی [بازه نسلی] عادی دارند، زیرا بازآوری جنسی (به پرسش ۵۶ نگاه کنید) به این معنی است که دو والد، برای بازآوری، باید به نحوی با هم ملاقات کرده و جفت‌گیری کنند [۷]. تا زمانی که شرایط مناسب باشد، باکتری‌ها و ویروس‌ها می‌توانند تقسیم [۸] و تکثیر شوند. در نتیجه، آن‌ها می‌توانند از نظر عددی خیلی سریع زیاد شوند - این در اصل همان چیزی است که در هنگام بیماری رخ می‌دهد: باکتری‌ها یا ویروس‌ها بسیار سریع‌تر از آن‌چه سیستم ایمنی بدن می‌تواند آن‌ها را از بین ببرد، بازآوری می‌کنند.

[۶] در این‌جا، استفاده از مفهوم "میتوز" برای ویروس‌ها مسئله‌دار است! ویروس‌ها از ساختار یاخته‌ای میزبان خود برای تکثیر استفاده می‌کنند و خودشان به خودی خود، یاخته نیستند که تقسیم یاخته‌ای داشته باشند.

[۷] هر جان‌داری، صرفاً از اینکه بازآوری جنسی یا غیرجنسی داشته باشد، یک بازه نسلی (generation interval) عادی دارد!

[۸] اگر بخواهم مته به خشخاش بگذارم، باید بگویم که ویروس‌ها "تقسیم" نمی‌شوند. ویروس‌ها "دوبرابر" می‌شوند.

از آن‌جا که باکتری‌ها و ویروس‌ها می‌توانند به سرعت بازآوری کنند، می‌توانند صدها هزار جهش را در مدت زمان بسیار کوتاهی آزمایش کنند: آن‌هایی که کار نمی‌کنند از بین می‌روند، اما آن‌هایی که کار می‌کنند می‌توانند از غریبال ایجاد شده توسط سیستم ایمنی بدن و دانش پزشکی ما، عبور کنند. به این ترتیب، آن‌ها می‌توانند یک قدم جلوتر از تلاش ما برای از بین بردن خودشان، باشند. به همین دلیل است که، با وجود این واقعیت که ما موفق به تولید واکسن‌های ضد آنفولانزا برای ویروس‌های سال گذشته شده‌ایم، انواع کاملاً جدیدی از آنفولانزای زمستانی هر ساله ظاهر می‌شوند. هم‌چنین به همین دلیل است که میکروب‌های چندمقاوم (MRSA) [۹] فرگشت می‌یابند و با آنتی‌بیوتیک‌ها قابل درمان نیستند، حتی اگر آنتی‌بیوتیک‌ها در عفونت‌های گذشته بسیار خوب عمل کرده باشند. این ساده‌ترین روند فرگشتی است: پراکنده‌های جدید ژنتیکی هنگامی ایجاد می‌شوند که یک جان‌دار زیر تاثیر تغییر شدید محیط قرار گیرد (مانند این مورد که اختراع آنتی‌بیوتیک‌ها [یک تغییر محیطی است] که می‌تواند شمار زیادی باکتری را از بین ببرد) (به پرسش ۴۰ نگاه کنید).

[۹] حروف MRSA مخفف "استافیلوکوک آورئوس چند مقاومتی" یا حتی "استافیلوکوک آورئوس -Methicillin-resistant" است، و روشن است که در ابتدا برای این باکتری خاص به کار می‌رفت. به نظر می‌رسد که نویسنده در این‌جا و یکی دو جای دیگر، این مخفف را برای هر باکتری که در برابر چند آنتی‌بیوتیک مقاوم باشد به کار می‌برد.

پرسش ۳۴ - چرا جانداران چندیاخته‌ای فرگشت یافتند؟

جانداران چندیاخته‌ای (آنهایی که از یاخته‌های زیادی تشکیل شده‌اند و مثل یک جاندار واحد عمل می‌کنند، همان‌طور که گیاهان و جانوران زندگی می‌کنند) تنها پس از یافتن راه‌حلی در مورد چه‌گونگی تولید یک جاندار از یک یاختهٔ زایا، فرگشت یافتند. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که اکثر چنین جاندارانی از یاخته‌های متنوعی تشکیل شده‌اند که هرکدام کارکرد ناهم‌گونی را انجام می‌دهند و در نتیجه بیش‌تر، کالبدشناسی بسیار ناهم‌گونی دارند.

چندیاخته‌ای بودن به راستی ۴۶ بار در هسته‌داران و هم‌چنین در برخی از پیش‌هسته‌ای‌ها فرگشت یافته است (سیانوباکتری‌ها یک نمونه هستند). چندیاخته‌ای بودن پیچیده که شامل انواع گوناگون یاخته‌های ویژه گوناگون است، تنها در شش گروه اصلی جانداران هسته‌دار فرگشت یافته است: جلبک قهوه‌ای، جلبک قرمز، جلبک سبز، قارچ، گیاهان خشکی و جانوران. جانوران یک مورد افراطی را نشان می‌دهند زیرا دارای ۱۰۰ تا ۱۵۰ نوع یاخته ناهم‌گون هستند، در حالی که در گیاهان و قارچ‌ها فقط ۱۰ تا ۲۰ نوع یاخته وجود دارد. بسیاری از گیاهان، مهره‌داران^[۱] و برخی از بندپایان^[۲] تقسیم کار یاخته‌ای را با فرگشت جدایی بین یاخته‌های جسمانی^[۳]، یاخته‌های تشکیل دهنده بدن، که عقیم هستند (یعنی نمی‌توانند بازآوری کنند) و یاخته‌های زایا (کامه)، که می‌توانند تکثیر شوند، یک مرحله به پیش برده‌اند. یاخته‌های جسمانی در یک چرخه ساده زندگی می‌کنند و می‌میرند و فرزندی از خود باقی نمی‌گذارند^[۴]. فقط یاخته‌های زایا، توانایی تکثیر و (پس از لقاح) ایجاد یک جاندار کاملاً جدید را دارند. در واقع، یاخته‌های جسمانی، خود را قربانی می‌کنند تا خواهر-یاخته‌های زایای خود را به بازآوری توانا سازند. (البته از آن‌جا که آن‌ها ۱۰۰٪، یا نزدیک به ۱۰۰٪ با هم همانندی دارند، خوش‌بختانه قاعده همیلتون [به پرسش ۲۵ نگاه کنید] چنین امکانی را به آن‌ها می‌دهد). چندیاخته‌ای بودن نیز نیاز به فرگشت یاخته‌های بنیادین^[۴] دارد: این‌ها، یاخته‌های تمایز نیافته‌ای هستند که در بزرگ‌سالان می‌توانند خود را (معمولاً بسته به جای‌گاه فیزیکی آن‌ها در جاندار) به هر نوع یاخته‌ای تغییر دهند، تا برای یاخته‌های در حال مرگ، جای‌گزینی بسازند، و در نتیجه، عمر بدن را افزایش می‌دهند، تا زمان لازم برای بازآوری فراهم شود. (البته آن‌ها در طول رشد جنینی نیز بسیار مهم هستند، زیرا یاخته‌هایی هستند که دیگر انواع گوناگون یاخته‌ها را ایجاد می‌کنند. بگذریم از نقش احتمالی آن‌ها در پزشکی در ایجاد و رشد بخش‌هایی از بدن که در اثر تصادف یا بیماری از بین رفته‌اند).

[۱] ترکیب "گیاهان، مهره‌داران و برخی از بندپایان" یک مثال دیگر از بی‌ترتیبی و ناجوری چند اسم است!

[۲] یاخته‌های جسمانی (سوماتیک) هم تقسیم می‌شوند و هم بازآوری می‌کنند، ولی تقسیم و بازآوری آن‌ها به ایجاد یک جاندار مستقل دیگر نمی‌انجامد.

^[۱] Vertebrates.

^[۲] Arthropods.

^[۳] Somatic cell.

^[۴] Stem cells.

چندیاخته‌ای بودن، فرگشت یافته است، زیرا مزایای گوناگونی دارد، از جمله: به اشتراک‌گذاری کارآمدتر مواد خوراکی، مقاومت موثرتر در برابر شکارگران یاخته‌ای (که بیش‌تر آن‌ها به سادگی طعمه خود را می‌بلعند)، قابلیت اتصال خود به یک بستر برای ماندن در یک مکان (به ویژه در محیط‌های آبی که جریان آب می‌تواند جان‌دار را با خود ببرد)، ظرفیت بالارفتن [در ارتفاع] برای فیلتر کردن مواد خوراکی، یا به دست آوردن نور خورشید برای فتوسنتز. آن‌چه این امر را ممکن می‌سازد این است که دودمان‌های گوناگون یاخته‌ای در تقسیم کار، شرکت می‌کنند، یکی استخوان را برای اسکلت‌ها تامین می‌کند، دیگری ماهیچه‌ها را، سومی خون را می‌سازد، چهارمی بافت عصبی را و غیره. با هم‌کاری، همه آن‌ها بر اساس اصل "کل، از مجموع اجزای آن بزرگ‌تر است" [۳] سود می‌برند، زیرا می‌توانند از مزایای هم‌کاری، به نوعی یا در مقیاسی، برخوردار شوند که تک‌تک یاخته‌ها به تنهایی نمی‌توانند به آن دست یابند.

[۳] نویسنده در این جا به هم‌افزایی (synergism) و ظهور (emergence) اشاره دارد. هم‌افزایی پدیده نسبتاً روشنی است. اما تعریف ظهور خیلی روشن نیست و تعریف‌های زیادی دارد. یک تعریف معقول و مقبول از آن، بروز صفات جدیدی است که در تک‌تک صفات پیشین، نشانی از وجود آن نداشته است. در سوی دیگر، بعضی از تعریف‌های ظهور، به افراط رفته و به نوعی نیروی مرموز، به نام نیروی زندگی، یا زندگی‌باوری (vitalism) می‌رسد، که در دانش دو قرن گذشته جایی نداشته است.

با این حال، چندیاخته‌ای بودن هزینه‌هایی نیز دارد. نیاز به تنظیم رشد و ایستایی^(۱) گروه‌های گوناگون یاخته‌ای، یک روند حساس هم‌ترازی است و می‌تواند به راحتی بی‌ثبات شود. هنگامی که بی‌ثباتی رخ می‌دهد، نتیجه آن سرطان است، که در آن یاخته‌های خاصی شورش می‌کنند و زمانی که باید تقسیم یاخته‌ای متوقف شود، به تقسیم ادامه می‌دهند. به نظر می‌رسد سرطان‌ها، منحصر به جانوران هستند [۴]. به نظر نمی‌رسد که آن‌ها در گیاهان دیده شوند. معلوم نیست چرا این‌طور است. با این حال، این واقعیت که (به ویژه) مهره‌داران دارای شمار بیش‌تری یاخته نسبت به گیاهان هستند احتمالاً بخشی از پاسخ است ([زیرا] مدیریت رشد و مرگ یاخته، به یک کار پیچیده تبدیل می‌شود).

[۴] این حرف که سرطان در گیاهان وجود ندارد خیلی دقیق نیست. در پانوش [۲]، پرسش ۳۵، به مازو، که نوعی سرطان گیاهی است، اشاره کرده‌ام.

پرسش ۳۵ - هم‌زیستی چیست؟

در طول تاریخ فرگشت، گاهی گونه‌های گوناگون به یک‌دیگر نزدیک می‌شوند و هم‌کاری نزدیکی را ایجاد می‌کنند که به نام هم‌زیستی^(۲) شناخته می‌شود. از جمله مشهورترین نمونه‌ها می‌توان به گل‌سنگ‌ها اشاره کرد که نه یک گیاه، بلکه یک هم‌زیستی پایدار بین یک قارچ و یک جلبک (یا در برخی موارد سیانوباکتری) است. مانند همه قارچ‌ها، گل‌سنگ‌ها به کربن هم‌چون منبع خوراکی نیاز دارند و این از طریق فتوسنتز توسط جلبک‌ها یا سیانوباکتری‌ها تامین می‌شود. برخی از

(1) Stasis.

(2) Symbiosis.

مهره‌داران هم می‌توانند هم‌زیست ^{۱} باشند: ماهی ورس ^{۲} [۱] و گاوماهی ^{۳} و حتی برخی از میگوها، وظیفه حذف انگل را برای ماهیان غول‌پیکر اقیانوسی، مانند هامورها ^{۴}، ایگواناهای دریایی، و حتی گاهی، مرجان‌ها، انجام می‌دهند. میزبان، پوست مرده و انگل‌های سطحی روی پوست ^{۵} را هم‌چون خوراک به پاک‌کننده می‌دهد، و پاک‌کننده خدمات بهداشتی‌ای را ارائه می‌دهد که به میزبان کمک می‌کند تا پوست خود را در شرایط خوبی نگه دارد.

[۱] تصویری از یک ماهی ورس (Bluestreak cleaner Wrasse).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23788261>

در برخی موارد، تنها یکی از گونه‌ها از این چیدمان سود می‌برد، و تأثیر آن بر دیگری، خنثی یا کمینه است. این موارد گاهی وقت‌ها به هم‌خوراکی ^{۶} تعریف می‌شوند. نمونه‌های مشهور شامل مازوهای ^{۷} ^{۲} گیاهان است: مازو یک رشد توخالی از پوست درخت است که در آن گونه خاصی از مورچه‌ها، زنبورها یا حتی ویروس‌ها زندگی می‌کنند. گونه‌های مهاجم هنگام تخم‌گذاری، بیش‌تر یک ماده شیمیایی را به گیاه تزریق می‌کنند تا تشکیل مازو را تحریک کنند. بیش‌تر این‌ها برای گیاه بی‌ضرر هستند. با این حال، در برخی موارد، هم‌زیست می‌تواند با حمله به گیاه‌خواران، خدمات مفیدی برای گیاه ارائه دهد تا گیاه‌خواران را از خوردن برگ و ساقه گیاه، منصرف کند. مثال‌های دیگر عبارتند از ماهی رمورا ^{۸} (که خود را به پوست کوسه‌ها و دیگر ماهیان بزرگ می‌چسباند تا از میزبان هم‌چون وسیله نقلیه استفاده کند، و بیش‌تر از خرده خوراکی‌های میزبان خود تغذیه می‌کند)، بسیاری از گیاهان روزست ^{۹} (مانند داروش ^{۱۰} و گونه‌های متعدد ارکیده‌هایی که روی درختان رشد می‌کنند و مواد مغذی را مستقیماً از آن‌ها استخراج می‌کنند)، مورچه‌های برگ‌بر ^{۱۱} ^{۳} که در لانه خود، هم‌چون منبع خوراکی، قارچ پرورش می‌دهند - و البته سگ و گربه‌هایی که از ما سوءاستفاده می‌کنند (هرچند که ما مسلماً در فرگشت شیوه زندگی آن‌ها دخیل بوده‌ایم، و شاید بتوان گفت که در ازای دادن خوراک، سرپناه و پیاده‌روی، از آن‌ها سود می‌بریم).

^{1} Symbiont.

^{2} Cleaner wrasse.

^{3} Goby.

^{4} Grouper.

^{5} Ectoparasite.

^{6} Commensal.

^{7} Gall.

^{8} Remora.

^{9} Epiphytic.

^{10} Mistletoe.

^{11} Leafcutter ant.

[۲] بعضی، مازو را سرطان گیاهی می‌دانند. تصویری از یک نوع مازو.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=140185324>

[۳] تصویری از مورچه برگ بُر (leafcutter ant).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26449761>

هم‌آن‌طور که پیش از این اشاره شد (به پرسش ۲۴ نگاه کنید)، ژنوم اکثر گونه‌ها دارای شمار نسبتاً کمی ژن‌های کاربردی است. از دو میلیارد رمزان (ژن) [۴] موجود در ژنوم انسان، تنها حدود ۲۰ هزار آن کاربردی هستند (یعنی رمزنویسی پروتئین‌ها را انجام می‌دهند). بخش قابل توجهی از بقیه، شامل ویروس‌هایی است که طی سه میلیارد سال گذشته خود را در مراحل گوناگون در دی‌ان‌ای ما وارد کرده‌اند [۵]. از آن‌جاکه چنین ویروس‌هایی تأثیر مستقیمی بر ما ندارند، می‌توانند با تکیه بر ما، برای بازآوری، مسیر خود را با مفت‌سواری^(۱) به پیش ببرند [۶].

[۴] تکرار می‌کنم، نویسنده به اشتباه رمزان و "ژن" را یکی می‌داند.

[۵] چه مقدار از ژنوم انسان ناشی از ادغام ویروس‌ها در ژنوم انسانی است، معلوم نیست. در ضمن، خاست‌گاه عدد ۳ میلیارد سال هم معلوم نیست. آیا نویسنده تصور می‌کند که ویروس‌ها در یک مسیر خطی و افزایشی به ژنوم انسان اضافه شده‌اند؟

[۶] اول این که ساختار این جمله را قدری تغییر داده‌ام. دوم این که به کار بردن واژه "مفت‌سواری" در این جا بی‌مورد است. مفت‌سواری، یک از پی‌آمدهای گزینش است، به این صورت که بخش‌هایی از کروموزوم که در نزدیکی (فیزیکی

^(۱) Hitchhiking.

یا گاهی وقت‌ها غیرفیزیکی) یک بخش گزینش‌شده کروموزوم قرار دارد، بدون داشتن نقشی در مورد صفت گزینش شده، به بسامد بالاتری می‌رسند.

پستان‌داران نشخوارکننده (گاو، گوسفند، گوزن، غزال) نمونه‌ای از جانوران هستند که باکتری‌های هم‌زیست، خدماتی ضروری را برای آن‌ها، انجام می‌دهند. این گونه‌ها همگی هم‌چون گیاه‌خواران متخصص، فرگشت یافته‌اند و برای زندگی بر اساس تغذیه علف، و در برخی موارد برگ‌های بوته‌ای، سازگار شده‌اند. علف‌ها و برگ‌ها دارای دیواره‌های یاخته‌ای نامعمول و محکمی هستند که به آن‌ها اجازه می‌دهد در تابستان‌های خشک، از خشکی در امان بمانند، به ویژه در زیست‌گاه‌های باز که در برابر نور مستقیم خورشید قرار دارند. لیگنین‌هایی^{1} که دیواره یاخته‌ای برگ‌های علف‌ها را تشکیل می‌دهند، همانند لیگنین‌هایی است که به تنه درختان قدرت می‌بخشد، و عملاً برای جانوران قابل هضم نیستند. در عوض، همه گونه‌هایی که علف می‌خورند، از موریانه تا گاو، به باکتری‌های موجود در دست‌گاه گوارش، برای هضم دیواره‌های یاخته‌ای علف، متکی هستند. میزبان می‌تواند با هضم باکتری‌ها، یا محصولات جانبی آن‌ها، به مواد مغذی دست‌رسی پیدا کند. باکتری‌ها در بدن گیاه‌خواران محیطی مناسب پیدا می‌کنند که در آن بازآوری کرده و زیاد شوند، و گیاه‌خواران می‌توانند در زیست‌گاه‌هایی^{2} زنده بمانند که در غیر این صورت زندگی در آن‌ها ناممکن است^[7]. چه چیزی می‌تواند به‌تر از این باشد؟

[7] این جمله هم قدری دست‌کاری شده است.

پرسش ۳۶ - چه هم‌زیست‌هایی برای ما مهم هستند؟

شاید مهم‌ترین هم‌زیست ما میتوکندری باشد. میتوکندری در داخل سیتوپلاسم، ماده ای ژل مانند در داخل یاخته، زندگی می‌کند. موارد استثنا وجود دارد: برای مثال گلبول‌های قرمز خون، میتوکندری ندارند. اگرچه میتوکندری‌ها در شماری از روندهای یاخته‌ای دخیل هستند، اما مهم‌ترین وظیفه آن‌ها تأمین انرژی یاخته است، و این کار را در قالب ماده شیمیایی ای‌تی‌پی (ATP^{3}) از طریق تنفس انجام می‌دهد^[1] - کاری که خود یاخته نمی‌تواند انجام دهد. روندی که این کار را به انجام می‌رساند، به نام چرخه اسید سیتریک^{4} (یا به نام کاشف آن، هانس کربس برنده جایزه نوبل، چرخه کربس) خوانده می‌شود.

[1] این جمله خنده‌داری است. زنجیره آن استدلالی که یک مولکول ای‌تی‌پی را به تنفس وصل می‌کند، بسیار دراز است!

اگرچه پیش‌نهادهای جای‌گزینی وجود دارد، اما نظر اجماعی این است که میتوکندری‌ها، باکتری‌های پیش‌هسته‌ای بودند که در مراحل نخستین^[فرگشت]، به یک یاخته هسته‌دار حمله کرده، و با تأمین منبع مستقل انرژی برای یاخته میزبان، زنده ماندند. بر اساس همانندی‌های ژنوم، به نظر

^{1} Lignin.

^{2} Habitat.

^{3} Adenosine triphosphate.

^{4} Citric acid cycle.

می‌رسد که آن‌ها مربوط به باکتری‌های ریکتسیا^{۱} هستند، که برای ماندگاری و بازآوری به یاخته‌های جان‌داران (به طور معمول از طریق میزبان واسط مانند کنه^{۲}، کک^{۳} یا شپش^{۴}) حمله می‌کنند.

دومین گروه مهم هم‌زیست ما، باکتری‌ها و سایر میکروب‌های موجود در دست‌گاه گوارش ما هستند. برآورد شده است که به طور متوسط دست‌گاه گوارش انسان حاوی ۳۰ تریلیون باکتری از ده‌ها گونه گوناگون است - تقریباً برابر شمار یاخته‌های بدن انسان (که حدود ۳۹ تریلیون یاخته دارد^{۵}). میکروب‌های دست‌گاه گوارش شامل کهن‌باکتری‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها^{۵} و ویروس‌ها^{۳} هستند، اگرچه حدود سه‌چهارم آن‌ها فقط از یک گروه باکتری تشکیل شده‌اند. دی‌ان‌ای موجود در تمام جان‌داران درون دست‌گاه گوارش، ۱۰۰ برابر دی‌ان‌ای خود ما است. در واقع، دست‌گاه گوارش ما میدان نبرد میکروارگانیسم‌ها است، زیرا گونه‌های گوناگون برای دسترسی به بهشت موعود (نیروانای^{۶}) باکتریایی واقعی، با یک‌دیگر رقابت می‌کنند.

[۲] توجه داشته باشید که هر رقمی که در این جا، یا هر جای دیگری، در ارتباط با جان‌داران می‌بینید، یک برآورد (estimate) است و هر برآوردی، یک کثرتی (deviation) دارد. در همه جا، بهتر است که میانگین برآورد و کثرت برآورد را بنویسند. نویسنده، در این‌جا میزان میانگین برآورد را ذکر کرده (۳۹ تریلیون یاخته)، ولی کثرت این برآورد را ذکر نکرده است. ولی برآورد دیگری که من دیده‌ام، (<https://doi.org/10.3109/03014460.2013.807878>)، حکایت از این دارد که میانگین و کثرت برآورد شمار یاخته‌های بدن انسان $۰.۸۱ + ۳۷.۲$ تریلیون یاخته است. یعنی در این پژوهش، میانگین شمار یاخته‌ها ۳۷.۲ تریلیون یاخته محاسبه شده است. میزان کثرت آن هم ۰.۸۱ تریلیون یاخته بوده. یعنی چه؟ معنی این اعداد آن است که میانگین واقعی شمار یاخته‌ها مقداری بالاتر یا پایین‌تر از ۳۷.۲ تریلیون یاخته است. چقدر بالاتر یا پایین‌تر؟ در یک آزمایش فرضی، اگر کار این پژوهش را در شمار بسیار زیاد تکرار کنیم، ۹۵٪ از برآوردهای میانگین در حد فاصل بین $(۰.۸۱ \times ۱.۹۶) - ۳۷.۲$ و $(۰.۸۱ \times ۱.۹۶) + ۳۷.۲$ تریلیون (یعنی بین ۳۵.۶ تریلیون تا ۳۸.۸ تریلیون یاخته) خواهد بود. تفسیری که در بالا به آن اشاره کردم، و استفاده از عدد ۱.۹۶، نوعی تفسیر آماری است که از یک مکتب آماری، به نام "آمار بسامدی" (frequentist statistics) ناشی می‌شود. من از این نوع خاص از تفسیر آماری استفاده کردم، زیرا پژوهش‌گران مقاله مزبور، از این روش استفاده کرده بودند. اگر پژوهش‌گران مقاله مزبور، از آمار بیسین (Bayesian statistics) استفاده کرده بودند، من هم تفسیر بیسین اعداد آن‌ها را ارائه می‌دادم. چرا این‌ها را می‌گوییم؟ برای این‌که نشان دهم در دانش، همه چیز در چهارچوب خاصی معنی دارد. حتی یک چیز ساده، مثل شمار یاخته‌های بدن انسان، یا حتی از آن هم ساده‌تر، مثلاً قد انسان، در یک چهارچوبی معنی دارد، و روش‌های اندازه‌گیری آن، و تفسیر اندازه آن، به چهارچوب پژوهش، بستگی دارد. هیچ چیزی به آن سادگی که به نظر می‌آید، نیست! در بیان مطالب دانشجوی هم، هر نویسنده‌ای، مثل نویسنده این کتاب، مجبور است که ساده‌نویسی‌هایی بکند. متأسفانه بسیاری از ساده‌نویسی‌ها می‌توانند به ایجاد بدفهمی در خواننده بیانجامند. یکی از دو کار عمده‌ای که من در این پانویشت‌ها می‌کنم این است که بعضی از ساده‌سازی‌ها را که فکر می‌کنم به بدفهمی می‌انجامد، باز کنم. کار دیگر آن است که کژی‌های "روشن" نویسنده را گوش‌زد کنم.

[۳] "میکروب" یک واژه غیرتخصصی است، اما عموماً برای موجودات دارای ساختار یاخته‌ای (سلولی) به کار می‌رود. ویروس‌ها ساختار یاخته‌ای ندارند. از آن گذشته، شمارش باکتری‌ها، کار نسبتاً آسانی است، اما شمارش ویروس‌ها

{1} Rickettsia.

{2} Tick.

{3} Flea.

{4} Lice.

{5} Protozoan.

{6} Nirvana.

چنین نیست. بنابراین، می‌توان دقت کرد که نویسنده در ارائه ارقام و نام‌آوردن از گروه‌های مختلف هم‌زیست‌های ما "بی‌دقتی" به خرج داده است!

اکثر باکتری‌های موجود در دست‌گاه گوارش ما، برای ما کاملاً ضروری هستند. بدون آن‌ها، نمی‌توانیم مواد خوراکی مورد نیاز برای ادامه زندگی را بدست آوریم. مانند میکروب‌های دست‌گاه گوارش نشخوارکنندگان که به آن‌ها اجازه می‌دهند برگ‌ها را هضم کنند (به پرسش ۳۵ نگاه کنید)، میکروب‌های دست‌گاه گوارش انسان، به پردازش مواد خوراکی، به شکلی که بتوانند از طریق دیواره دست‌گاه گوارش جذب شوند، کمک می‌کنند. برای گونه‌ای مانند انسان، که دارای مغز بسیار بزرگی است که انرژی فراوان لازم دارد، این امر بسیار مهم است. باکتری‌ها، هم‌چنین به سامانه (سیستم) ایمنی کمک می‌کنند تا بین باکتری‌ها و ویروس‌های مفید، و باکتری‌های بیماری‌زایی که روزانه به بدن ما حمله می‌کنند، تمایز قائل شوند. بدون آن‌ها، ما از نظر روان‌شناختی ناقص، از نظر عاطفی ناپایدار، و در برابر بسیاری از بیماری‌هایی هستیم که دائماً به ما حمله می‌کنند.

جرگه‌های اولیه میکروب‌پوش ^(۱) [۴] دست‌گاه گوارش، در طول روند تولد از طریق تماس پوست به پوست با واژن مادر در هنگام تولد به دست می‌آید ^[۵]. البته، ما در طول زندگی با خوردن غذا و تماس بدنی نزدیک با سایر افراد، این مجموعه را تغییر می‌دهیم ^[۶]. برآورد می‌شود که در طول یک بوسه ۱۰ ثانیه‌ای ۸۰ میلیون باکتری مبادله می‌شود. با این وجود، مجموعه‌ای که برای اولین بار در هنگام تولد ایجاد می‌شود، تأثیری ژرف بر رشد اولیه ما دارد. نوزادانی که با جراحی رستم‌زاد (سزارین ^(۲)) به دنیا می‌آیند، دارای مجموعه پوشش میکروبی نابسند دست‌گاه گوارشی هستند، و این منجر به رشدی می‌شود که از نظر روان‌شناختی، به طور قابل توجهی به تأخیر می‌افتد، یا حتی ناهنجار است.

[۴] واژه microbiota یک واژه جدید است و تعریف آن مجموعه میکروب‌های موجود در یک "محل" است، و محل ممکن است یک رودخانه، یا یک بستر ساحلی، و یا دست‌گاه گوارش یک انسان باشد. دو واژه مشابه این، از پیش موجود بوده است: flora و fauna که پوشش گیاهی و پوشش جانوری، برابری برای آن‌ها می‌باشد. بنابراین استفاده از میکروب‌پوش [پوشش میکروبی] برای microbiota به نظر مناسب آمد. برای flora و fauna دو واژه گیاه‌پوش و جانورپوش را هم دیده‌ام. بنابراین میکروب‌پوش می‌تواند هم‌عرض و هم‌ارز آن‌ها باشد.

[۵] من دو عکس‌العمل "متضاد" به این جمله، و ادامه این بند، دارم. عکس‌العمل اول آن است که این موضوع جدی است و نشانه‌هایی در این زمینه موجود است. نکته عجیب‌تر این است که بچه‌هایی که با جراحی رستم‌زاد (سزارین) به دنیا آمده‌اند هم، پوشش میکروبی همانند واژن مادر دارند (حدود ۴۱٪ همانندی میکروبی در کودکان رستم‌زاد در برابر ۷۲٪ همانندی میکروبی در کودکان با زایمان طبیعی). عکس‌العمل دوم آن است که با توجه به جدید بودن این شاخه از دانش، باید در پذیرش یافته‌های پژوهش‌های اولیه محتاط بود.

[۶] گفته می‌شود که پوشش میکروبی دست‌گاه گوارش انسان، در شناسایی افراد، از اثر انگشت دقت بیشتری دارد.

^(۱) Microbiota.

^(۲) Caesarean.

شاید جالب‌ترین ریزجان‌دارانی^[۱] که با ما زندگی می‌کنند باسیل سل (TB) باشد که معمولاً با ترس و هراس هم‌چون یک قاتل مهم در نظر گرفته می‌شود. در واقعیت، باسیل سل ممکن است، بیش از آن‌چه فکر می‌کنیم، دوست ما باشد. باسیل سل منبع مهم نیاسین^[۲] (ویتامین B3) است که محصول جانبی متابولیسم آن است. نیاسین، از طریق تأثیر بر پردازش چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها، برای رشد و نگهداری مغز ضروری است. بدون نیاسین، ما به سرعت دچار انحطاط مغزی در قالب بیماری‌هایی مانند پلاگرا^[۳] [۷] می‌شویم. حتی کم‌بودهای خفیف با تهوع، خشکی پوست، خستگی و سردرد همراه است.

[۷] پلاگرا نوعی کم‌خونی است.

نیاسین در گیاهان به وفور موجود نیست (اما در بسیاری از ادویه‌هایی که می‌خوریم وجود دارد!). به منظور دریافت مقادیر مورد نیاز برای حمایت از مغز فوق‌العاده بزرگ خود، ما به خوردن گوشت وابسته‌ایم، که به طور نامعمول نیاسین زیادی دارد. گوشت در طبیعت، به سختی به دست می‌آید، و منابع آن می‌تواند نامنظم باشد. خوش‌بختانه باسیل سل مقادیر زیادی نیاسین را، هم‌چون یک محصول جانبی، تولید می‌کند. نیاسین برای باسیل سل، سمی است (مصرف بیش از حد نیاسین، یکی از اولین درمان‌های موفق سل بود)، بنابراین آن را به دست‌گاه گوارش و سایر بافت‌های محل زندگی خود دفع می‌کند. سپس، ما می‌توانیم از آن [نیاسین] بهره‌برداری کرده و آن را به نفع خود به کار ببریم. البته مانند همه چیز در زیست‌شناسی، هر چیزی ممکن است اشتباه پیش برود، و وقتی اشتباه بشود، نتیجه این می‌شود که باسیل شورش می‌کند و در نتیجه گاهی علائم کشنده سل را نشان می‌دهد.

پرسش ۳۷ - چه زمانی یک فرد، یک یاخته، یک فرد یا یک جرگه است؟

این سوال به راستی بزرگ‌ترین معمای فلسفی در کل زیست‌شناسی است^[۱]. نگره فرگشت داروین با گزینش زیستاری بر فرد هم‌چون واحد گزینش متمرکز شده است^[۲]. فرد برای ما معنی‌دار است، زیرا ما خود را هم‌چون یک فرد تجربه می‌کنیم و در محیطی که در آن زندگی می‌کنیم افراد زیادی را می‌بینیم که در حال قدم زدن یا رشد هستند. اما به نظر می‌رسد که همه جان‌داران به این راحتی در قالب ساده فرد-ساخته-از-ژن‌ها قرار نمی‌گیرند. در برخی موارد، چیزها می‌توانند بسیار پیچیده‌تر باشند.

[۱] در پانوش [۳]، پرسش ۵ اشاره کردم که در فلسفه زیست‌شناسی بحث دامنه‌داری برای تعریف فرد (individual) وجود دارد. دیوید هول (David Hull) استدلال کرده است که گونه (species)، یک فرد است. در این بخش که به موضوع اصلی مفهوم "فرد" رسیده، شاید ناچار شوم در بعضی جاها به جای واژه معمولی "افراد"، از واژه نامعمول "فردها" استفاده کنم، تا به‌اندازه روی این مفهوم تکیه شود. نکته دیگر این است که نقطه شروع بحث "فرد"، در این کتاب، با نقطه شروع بحث توسط دیوید هول، فرق دارد. هول از تعریف گونه شروع می‌کند، در ادامه به نقش فرد در یک گونه اشاره دارد. سپس، در ادامه به نقش بازآوری (reproduction) فرد می‌رسد، و سپس پدیده

[1] Microorganism.

[2] Niacin.

[3] Pellagra.

گونه‌زایی (speciation) در یک گونه را، به بازآوری در یک فرد تشبیه می‌کند، و در نهایت به این نتیجه می‌رسد که شاید "گونه" هم یک "فرد" است. هم‌آن‌طوری که خواهیم دید، کاری که نویسنده این کتاب می‌کند این است که از مشکل‌های تفکیک فرد و گروه (جمعیت) شروع می‌کند، و نتیجه‌گیری می‌کند که در بعضی موارد می‌توان این دو مفهوم را جا به جا کرد. من از این جور بحث‌ها، مانند صنوبر لرزان، بر خود می‌لرزم، ولی دیوید هول بیدی نیست (نبود) که از این باده‌ها بلرزد.

[۲] امیدوارم که خواننده متوجه تناقض‌گویی نویسنده باشد. در این‌جا نویسنده آشکارا در حمایت از اهمیت "فرد" هم چون تراز (level) گزینش نام می‌برد. اما در جاهای دیگر کتاب به تراز "ژن" بهای بیش‌تری می‌دهد.

قارچ‌لجن ^(۱) [۳] می‌تواند از زندگی به سان یاخته‌های جداگانه (هنگام فراوانی خوراک) به زندگی هم‌چون یک جان‌دار چند یاخته‌ای با یاخته‌های ویژه [کارهای گوناگون] (هنگام کمبود خوراک) تبدیل شود. مرحله چندیاخته‌ای، معمولاً با یک نشانه شیمیایی که توسط برخی از یاخته‌ها داده می‌شود، آغاز می‌شود. در این مرحله، تک‌تک یاخته‌ها در یک کیسه بزرگ سیتوپلاسم با هسته‌های ژنی متعدد (معروف به پلاسمودیوم ^(۲) [۴]) در هم ادغام می‌شوند که در جستجوی شرایط به‌تر زندگی در طول، یا درون، یک بستر حرکت کند. پلاسمودیوم می‌تواند به سرعت‌های بالا، حتی تا ۸ متر در ساعت، برسد. اگرچه قارچ‌لجن‌ها در این مرحله، از نظر اندازه بسیار ناهم‌گون هستند، اما برخی از آن‌ها می‌توانند به طول ۱ متر برسند.

[۳] دقت کنید که "قارچ‌لجن" جان‌داری تک یاخته‌ای است. سابقن جزو قارچ‌ها رده‌بندی می‌شد، ولی اکنون جزو پروتیست‌ها (protista) قرار دارد. به هر رو، وقتی شمار زیادی از آن روی سطحی رشد می‌کنند، همانند کپک دیده می‌شود. پروتیست‌ها، جان‌دار هسته‌داری هستند که جانور، گیاه و یا قارچ نیستند.

[۴] به کار بردن واژه پلاسمودیوم در این‌جا "مسئله‌دار" است، زیرا این نام گروهی ویژه از جان‌داران است. برای چشم ناآزموده ممکن است مرحله چندهسته‌ای قارچ‌لجن، در زیر میکروسکوپ، همانند پلاسمودیوم (و آمیب) باشد. بنابراین به‌تر بود می‌گفت "پلاسمودیوم مانند".

هنگامی که شرایط خوراکی کاملاً بد می‌شود، قارچ‌لجن‌ها در مرحله چندیاخته‌ای، ساقه‌های ویژه‌ای را تشکیل می‌دهند که اجسام باردهی را تولید می‌کنند که شمار زیادی هاگ ^(۳) آزاد می‌کنند. این هاگ‌ها، به امید یافتن جایی به‌تر برای استقرار، در باد یا روی پوشش ^(۴) [۵] جانوران در حال گذر، منتقل می‌شوند. سپس ساقه‌ها می‌میرند و یاخته‌های آن‌ها بازآوری نمی‌کنند. در انجام این کار، قارچ‌لجن مانند یک جان‌دار چندیاخته‌ای واقعی، با یاخته‌های تخصصی نابازآور، رفتار می‌کند. در همین حال، هنگامی که هاگ‌ها شرایط مناسبی پیدا می‌کنند، به آمیب‌های ^(۵) [۶] تک یاخته‌ای جدید "جوانه می‌زنند"، و چرخه دوباره شروع می‌شود. [در این صورت اگر یک بخش از این یاخته بزرگ] از نظر فیزیکی جدا شود، این دو نیمه می‌توانند راه بازگشت خود را پیدا کرده و مجدداً متحد شوند ^(۷). آیا این یک فرد است یا یک مجموعه هم‌کاری کننده؟ جواب روشن نیست و تجربه روزمره ما هیچ معیار آماده‌ای برای تصمیم‌گیری به ما نمی‌دهد ^(۸).

(1) Slime mold.

(2) Plasmodium.

(3) Spore.

(4) Coat.

(5) Amoebae.

[۵] برای واژه coat از واژه پوشش استفاده کردم، که مو، پشم، پر، فلس و غیره را شامل شود.

[۶] استفاده از واژه آمیب در این جا اشتباه است. زیرا آمیب نام یک گونه خاصی است. بهتر بود می گفت "آمیب مانند" یا "پلاسمودیوم مانند"!

[۷] این جمله را دستکاری کردم!

[۸] چه در این جا و چه در چند جای دیگر، نویسنده برای یک مفهوم نسبتاً ساده، از مثالی ناروشن استفاده می کند. اگر در مورد مفهومی، مثالی نسبتاً ساده پیدا نمی شود، بهتر است از شرح آن مفهوم در کتابی که برای عموم نوشته می شود، صرفاً نظر کرد!

دنیای گیاهان، نمونه های بسیار گیج کننده دیگری نیز به ما ارائه می دهد. بسیاری از گیاهان، خود را با بیرون فرستادن ریشه هایی که گیاهی تازه از آن جوانه می زند - یا وقتی از بالا به آن نگاه می کنیم، همانند یک گیاه تازه است - قلمه میزنند. اما در واقع، در زیر خاک، تمام آن، یک گیاه عظیم است. بسیاری از گیاهان معمولی باغچه ای، مانند توت فرنگی و بسیاری از علف ها به این روش بازآوری می کنند. حتی بعضی از درختان، این گونه رفتار می کنند. کاج هون ^(۱) تاسمانی ^(۲)، که از نظر ژنتیکی نر است، با فرستادن ریشه های زیرزمینی که ساقه های تازه ای از آن جوانه می زند، بازآوری می کند. یکی دیگر از درختان تاسمانی به نام کینگز هولی ^(۳)، تنها شامل یک جرگه زیستی با ۶۰۰ ساقه جداگانه است که مساحت آن ۱.۲ کیلومتر طول (۰.۷۵ مایل) دارد ^(۴). این درخت، به طور نامعمول، به جای دو دسته کروموزوم عادی، سه دسته کروموزوم دارد، و بنابراین عقیم است. این درخت به صورت رویشی تکثیر می شود: هر زمان که شاخه ای جدا شود، این ظرفیت را دارد که ریشه هایی را بیرون فرستاده و خود را هم چون فردی جدید تثبیت کند. اما از نظر ژنتیکی، مشابه والد خود است. در کوه های وسچ ^(۴) در یوتا ^(۵)، جمعیتی از ۴۷ هزار درخت صنوبر لرزان وجود دارد که به نظر می رسد یک جرگه واحد باشند. این یک "فرد" مساحتی برابر ۴۳ هکتار (۱۰۶ جریب فرنگی) را در بر می گیرد و قدمت آن حدود ۸۰ هزار سال برآورد می شود.

[۹] در سال تحصیلی ۱۹۷۷ تا ۱۹۷۸، من در یک کالج کوچک امریکایی به اسم Mitchell College درس می خواندم. از قضای روزگار، در کلاس درس رسم فنی (مرا چه به خواندن رسم فنی؟!) از ۱۸ دانشجو، ۱۵ نفرش ایرانی بودند. روز امتحان، مدرّس مربوطه، سوال ها را داد و گفت که پس از ۲ ساعت برمی گردد تا ورقه های امتحانی را جمع کند. این را گفت و رفت! پس از رفتن او، بلبشویی در کلاس (محل امتحان) به راه افتاد که نگو و نپرس. هفته بعد، مدرّس مربوطه گفت که ادعا نمی کند که ما دانشجویان تقلب کرده ایم، فقط متعجب است که چرا ما همگی یک جور اشتباه کرده ایم. او سپس سوالات امتحانی جدیدی به ما داد، و گفت در کلاس خواهد ماند تا ما جواب سوالات را بدهیم. یکی از سوالات این بود که کتاب درسی که در طول ترم تحصیلی به کار گرفته شده بود، چندمین چاپ کتاب بوده است؟ من از تمام جواب های درستی که در طول امتحانات گوناگون داده ام، بیش تر از همه، از این جواب خوشحالم: "چاپ چهارم!" نویسنده این کتاب در این جا، نوشته که "مساحت آن ۱.۲ کیلومتر طول دارد!" جالب آن که در ویکی پدیا

(۱) Huon.

(۲) Tasmania.

(۳) King's Holly.

(۴) Wasatch.

(۵) Utah.

هم همین اشتباه وجود دارد!! نویسنده دقت نکرده است که "مساحت" را، برای مثال، با "کیلومتر" اندازه نمی‌زنند، بلکه با "کیلومتر مربع" اندازه می‌زنند.

باکتری‌ها و سایر پروکاریوت‌ها چالش دیگری را ایجاد می‌کنند. وقتی به آن‌ها نگاه می‌کنیم، در هر لحظه، همانند فردا به نظر می‌آیند. اما هنگامی که آن‌ها، با تقسیم [یاخته‌ایی]، به دو یاخته جداگانه (فردا) به صورت غیرجنسی تکثیر می‌شوند، مفهوم فردیت، بار دیگر، رنگ می‌بازد [۱۰]: همه فرزندان یک یاخته اجدادی، کم و بیش، مشابه آن هستند (به جز گاه‌گاهی که جهش رخ می‌دهد)، و بنابراین آن‌چه را که ایجاد می‌کنند، ممکن است هم‌چون یک جرگه ناپایدار در نظر گرفت - شاید کمی همانند قارچ‌لجن در مرحله انفرادی خود. همین امر در مورد بسیاری از بی‌مهرگان که به صورت غیرجنسی تولید مثل می‌کنند، صادق است. [از سوی دیگر]، کاج‌های هون و صنوبر لرزان در انتهای دیگر یک پیوستار هستند: آن‌ها فقط دوست دارند همه فرزندان خود را متصل نگه دارند.

[۱۰] این جمله کمی دست‌کاری شده است!

این مثال‌ها، مفاهیم روزمره ما درباره فردیت را به چالش می‌کشند. اما آن‌ها زیست‌شناسان را خیلی شگفت زده نمی‌کنند. اگرچه داروین در مورد فردا، هم‌آن‌طور که ما معمولاً آن‌ها را درک می‌کنیم، فکر می‌کرد، در واقعیت، در ریشه نگره او دودمان‌های ژنتیکی نهفته است، که پس از آن توسط همیلتون (به پرسش ۲۵ نگاه کنید) و بنیان سنتز نوین مورد توجه قرار گرفت [۱۱]. من متعلق به دودمان ژنتیکی‌ای هستم که شامل همه اجداد و خانواده بزرگ من است، که از طریق نوادگان ما ادامه خواهد یافت. هم‌چون یک جان‌دار از پستان‌داران، ما ترجیح می‌دهیم ژن‌های خود را با ژن‌های دیگر فردا مخلوط کنیم (هرچند، مانند همه جانوران، ما معمولاً فرداهایی را که تا حد امکان همانند ما هستند، ترجیح می‌دهیم). اما این به راستی یک وجه تصادفی از تخصص‌هایی است که با فرگشت دودمان‌های ژنتیکی، و پیچیده‌تر شدن راه‌های رو در رویی با چالش‌های زیست‌محیطی، فرگشت یافته‌اند.

[۱۱] این جمله، و سه جمله پس از آن، آشفته‌گویی است! بنیان سنتز نوین هم پیش از همیلتون بوده‌اند.

پرسش ۳۸ - بنابراین آیا من یک فرد هستم یا یک جرگه؟

این واقعاً سوال بسیار خوبی است. این واقعیت که اکثر ما موزاییک عجیبی از انواع گوناگون یاخته‌ها هستیم (به پرسش‌های ۳۴ و ۳۶ نگاه کنید) سوالات فلسفی ژرفی را در مورد این که واقعاً چه کسی هستیم، ایجاد می‌کند. آیا ما [یا به‌تر است بگوییم، من] یک فرد واحد هستیم [هستیم] (هم‌آن‌طور که به نظر می‌رسد ذهن خودآگاه ما، به ما، می‌گوید) یا بیش‌تر همانند جرگه‌های مرجانی هستیم، مجموعه‌ای از یاخته‌های جداگانه، که توسط نوعی سیمان زیست‌شناسانه، به هم متصل شده‌اند؟

در واقعیت، بیشتر بدن ما دائماً در حال بازسازی خود است زیرا یاخته‌ها، در پایان یک زندگی با مدیریت دقیق، از بین می‌روند، یا حتی خودتخریبی می‌کنند. یاخته‌های لایه سطحی پوست (اپیدرم

(۱) دائماً در حال از بین رفتن هستند و یاخته‌های جدیدی از زیر آن‌ها جای‌گزین می‌شوند، به طوری که پوست سطح شما به طور متوسط هر ۲۷ روز تعویض می‌شود. (وانگهی این در مورد لایه داخلی پوست (درم^(۲)) صادق نیست. به همین دلیل است که خال‌کوبی‌هایی که با تزریق جوهر به داخل پوست ایجاد می‌شوند، بیشتر از آن‌چه که معمولاً دوست دارید، باقی می‌مانند.) در واقع، هنگام خواندن این جمله، ۵۰ میلیون یاخته در بدن شما مرده، و جای‌گزین می‌شوند. به استثنای چند مورد، اکثر یاخته‌های بدن شما هر ۷ تا ۱۵ سال یک بار، جای‌گزین می‌شوند. به طور خلاصه، شما به راستی همان شخص فیزیکی ۱۰ سال پیش نیستید، حتی اگر احساس کنید که هستید.

واقعیت این است که شما موزاییک پیچیده‌ای از یاخته‌ها هستید: برخی از آن‌ها بسیار تخصصی هستند در حدی که تنها آینده آن‌ها این است که با شما بمیرند، برخی از آن‌ها پتانسیل جاودانگی دارند (به شرط آن که شما بازآوری داشته باشید) و حدود نیمی (باکتری‌های موجود در دست‌گاه گوارش شما) (به پرسش ۳۶ نگاه کنید) حتی به شما مربوط نمی‌شوند. این یک معمای فرگشتی جالب ایجاد می‌کند که در هر جان‌دار چندیاخته‌ای نهفته است: چرا همه این یاخته‌ها باید به جای کار خودشان، با یک‌دیگر همکاری کنند؟ اگر دی‌ان‌ای خودخواهانه رفتار می‌کند، هم‌آن‌طور که انگاره ژن خودخواه (به پرسش ۲۶ نگاه کنید) نشان می‌دهد، چرا این یاخته‌ها شورش نمی‌کنند و با بیش‌ترین سرعتی که می‌توانند خود را بازآوری نمی‌کنند؟

یک پاسخ آشکار این است که این یک مورد کلاسیک همکاری فرگشتی است - [این امر] در برخی موارد بین یاخته‌های بسیار نزدیک، و در موارد دیگر بین گونه‌های کاملاً ناهم‌گون، [رخ می‌دهد]. فرگشت [موجود] چندیاخته‌ای بر این واقعیت استوار است که با همکاری، دودمان‌های ژنتیکی شانس بیش‌تری برای نمایان شدن در نسل پس از خود دارد. یاخته‌های خود شما، کمی همانند زنبورهای کارگر در کندو، رفتار می‌کنند (به پرسش ۷۲ نگاه کنید). آن‌ها تقریباً ۱۰۰٪ با یک‌دیگر خویشاوند هستند (با وجود همه جهش‌های عجیب در این‌جا و آن‌جا)، بنابراین باید به سود آن‌ها باشد تا به بازآوری یاخته‌های خواهر^[۱] کامه خوش‌شانس خود، کمک کنند. اما پوشش میکروبی دست‌گاه گوارش به شما ربطی ندارد و باید دل‌بستگی بیش‌تری به سوء استفاده از شما برای اهداف خود داشته باشد. این امری است که می‌تواند رخ دهد.

[۱] توضیح واضح‌تر این که واژگان "یاخته خواهر" در مورد دو یاخته به این معنی است که آن‌ها از یک "یاخته مادر" به وجود آمده‌اند!

یکی از این موارد توسط خود آلفرد راسل والاس در طول سفرهایش برای نمونه‌برداری از جنگل‌های بورنئو، کشف شد. قارچی به نام اوفیوکوردیسپس^(۳) به مورچه‌های نجاری^(۴) [۲] که در درختان زندگی می‌کنند حمله می‌کند. پس از آلوده شدن به قارچ، مورچه به زیر زمین می‌رود که رطوبت و دما برای رشد قارچ مناسب است. در آن‌جا، مورچه بخش زیرین یک برگ را پیدا می‌کند و با گاز

(۱) Epidermis.

(۲) Dermis.

(۳) Ophiocordyceps.

(۴) Carpenter ants.

گرفتن برگ به نوعی خواب دراز می‌رود تا این‌که ۷ تا ۱۰ روز پس از آن می‌میرد. در همین حال، قارچ رشد می‌کند تا زمانی که هاگ‌دان‌هایی را ایجاد می‌کند که از سر مورچه بیرون می‌زنند و در نهایت هاگ‌ها را آزاد می‌کنند [۳].

[۲] مورچه نجار، نوعی مورچه نسبتاً بزرگ است که در جنگل‌های استوایی زندگی می‌کند.

[۳] این جمله را قدری تغییر دادم.

مثال دیگر یک گردکرم ^[۱] [۴] به نام میرمکونما ^[۲] (یک کرم کوچک) است. [این گردکرم] وقتی مورچه تاج‌پوش ^[۳] [۵] را آلوده می‌کند، باعث می‌شود شکم مورچه تغییر رنگ دهد و همانند میوه رسیده شود. "میوه" سپس توسط یک پرنده خورده می‌شود، سپس مدفوع پرنده، توسط مورچه‌های بیش‌تری، جمع آوری شده، و (همراه با گردکرم‌های موجود در آن‌ها) به لانه مورچه منتقل می‌شود و به گردکرم اجازه می‌دهد میزبان جدیدی پیدا کند. چقدر عجیب است؟ یک مورد آشناتر، ویروس هاری است که باعث می‌شود میزبان‌ش (در مواردی، انسان) تهاجمی‌تر شود، به طوری که کسی را (قربانی) را گاز بگیرد و باعث شود ویروس از طریق بزاق میزبان قدیمی، به میزبان جدید، منتقل شود.

[۴] در ایران برای واژه nematode، بیشتر از واژه نماتود و یا "کرم گرد" استفاده می‌شود.

[۵] اول این که مورچه تاج‌پوش (Cephalotes atratus) هم نوعی مورچه جنگل‌های مناطق استوایی است. دوم آن که واژه canopy، بستر یا فرش است که سردرخت درختان در جنگل‌های مناطق استوایی می‌سازند. واژه تاج‌پوش برابر مناسبی برای canopy است.

خوش‌بختانه این طور نیست که بسیاری از جرگه‌های میکروبی ما، بگذریم از یاخته‌های خودمان، این قدر فریب‌کار باشند. منافع شخصی آن‌ها عمدتاً در یک راستا قرار دارد، و این به نگهداری سیستم، کمک می‌کند. تا حدی، این نتیجه یک تاریخ فرگشتی درازی است که در آن، اجزای گوناگون هم‌چون هم‌زیست، با نیازهای یک‌دیگر، سازگار می‌شوند (به پرسش ۳۶ نگاه کنید).

پرسش ۳۹ - چرا ما برای همیشه زندگی نمی‌کنیم؟

همه جان‌داران از باکتری گرفته تا انسان پیر می‌شوند و می‌میرند. بنابراین یک سوال روشن این است: آیا گزینش زیستاری راهی برای این‌که به ما اجازه زندگی دائم بدهد، پیدا نکرده است؟ به هر حال، فردی که بیش‌تر عمر می‌کند، نسبت به فردی که کم‌تر عمر می‌کند، ناگزیر فرزندان بیش‌تری دارد [۱]. برخی از گونه‌های درختی هزاران سال عمر می‌کنند (به پرسش ۳۷ نگاه کنید)، پس ما چرا نمی‌توانیم؟

^[1] Nematode.

^[2] Myrmeconema.

^[3] Canopy ant.

[۱] این جمله خیلی درست نیست. بیش‌تر وقت‌ها بین بازآوری اوایل و اواخر زندگی هم‌بستگی منفی وجود دارد. نویسنده در ادامه به این موضوع خواهد پرداخت.

در واقع، ما انسان‌ها بیش‌تر، آن‌قدر به زندگی ابدی تمایل داریم که آمادگی داریم مبالغه‌های هنگفتی را صرف درمان‌های پزشکی، رژیم‌های خوراکی، و رژیم‌های ورزشی کنیم که، برای رسیدن به طول عمر بیش‌تر، طراحی شده‌اند - در برخی موارد حتی بدن خود را به امیدی واهی منجمد کرده‌ایم، به این امید که در آینده، دانش پزشکی به این نتیجه رسیده باشد که چه‌گونه می‌تواند ما را به زندگی بازگرداند. سه دلیل کاملاً روشن وجود دارد که، به‌رغم قدرت‌گزينش زیستاری برای به دست آوردن هرگونه نتیجه مطلوب، ممکن است ما را ناامید کند.

یکی این است که بین سرمایه‌گذاری در بازآوری و سرمایه‌گذاری در ماندگاری، یک تاخت‌زنی وجود دارد: یک جان‌دار می‌تواند بازآوری را در یک قمار بزرگ به بهای ماندگاری خود به دست آورد [۲]. این همان کاری است که گونه‌هایی مانند ماهی آزاد اقیانوس آرام ^(۱)، موش کیسه‌دار نر ^(۲)، نوعی از کرم‌های حلقوی دریازی ^(۳) و نخل رافیای ^(۴) آفریقای غربی انجام می‌دهند. آن‌ها همه چیز را در یک تلاش برای بازآوری تاخت می‌زنند و سپس از خستگی می‌میرند. مشکل این است که بازآوری از نظر مصرف انرژی، بسیار گران است و هیچ جان‌داری انرژی بی‌اندازه ندارد. دیر یا زود، هزینه انرژی بازآوری، جان‌دار را ورشکسته می‌کند [۳]. تستوسترون ^(۵)، هورمون جنسی، استرس قابل توجهی را بر سامانه فیزیولوژیکی مردان تحمیل می‌کند و فرسایش ناشی از آن، طول عمر مردان را به میزان قابل توجهی، کاهش می‌دهد. تجزیه و تحلیل طول عمر در خواجه‌های ^(۶) دربار پادشاهی کره در ۵۰۰ سال گذشته نشان داده که آن‌ها به طور متوسط، ۱۰ تا ۱۵ سال بیش‌تر از مردان اخته نشده، [که] موقعیت اجتماعی و اقتصادی مشابه [داشته‌اند]، زندگی می‌کردند. به طور مشابه، زایمان و پرورش فرزند، هزینه‌های قابل توجهی را به زنان تحمیل می‌کند، و حداقل یک بررسی جمعیت شناختی از جمعیت تاریخی اروپا، نشان داده است که طول عمر یک زن با شمار فرزندی که به دنیا آورده رابطه معکوس دارد [۴].

[۲] این جمله دچار "ضرب و جرح" شده است!

[۳] این جمله هم دچار "ضرب و جرح" شده است!

[۴] لطفاً توجه کنید که این جور "رابطه"ها معمولاً از طریق مفهوم آماری هم‌بستگی (correlation) به دست آمده‌اند. هر هم‌بستگی هم، مثل رابطه طول عمر و شمار فرزندان، یک برآورد از یک "جمعیت" است و میانگین و کثرت خاص خود را دارد.

^(۱) Pacific salmon.

^(۲) Male marsupial mouse.

^(۳) Bristle worm.

^(۴) Raffia palm.

^(۵) Testosterone.

^(۶) Eunuch.

دلیل دوم این است که بدن به سادگی فرسوده می‌شود. هم‌آن‌طور که پیش از این دیدیم (به پرسش ۳۸ نگاه کنید)، اعضای بدن دائماً در حال تعویض هستند. برخی از بخش‌های بدن به آسانی نسبت به سایر بخش‌ها تعویض می‌شوند و وقتی این بخش‌ها فرسوده شوند، کار زیادی در این مورد نمی‌توان انجام داد. مهم‌تر از همه، به احتمال، با هر تکثیر یاخته‌ای، جهشی به جهش‌های پیشین افزون می‌شود [۵]. افزون بر این، ژن‌هایی با پی‌آمدهای نامطلوب برای جان‌دار، که در اواخر زندگی، خود را نشان می‌دهند، کم‌تر از ژن‌هایی که در اوایل زندگی خود را نشان می‌دهند، در تیررس‌گزینش قرار می‌گیرند. [الل‌هایی که در اوایل زندگی بروز دارند] پیش از این که فرصت تکثیر پیدا کنند، حامل خود را خواهند کشت، در حالی که ژن‌هایی [که در اواخر زندگی بروز دارند] پیش از این که گزینش زیستاری زمان لازم برای عمل داشته باشد، تکثیر می‌شوند [۶]. این جور [الل‌ها] در نهایت با شما همراه خواهند شد و در این مورد هیچ‌کاری نمی‌توانید انجام دهید.

[۵] ساختار این جمله را قدری تغییر دادم. با این‌حال توضیحی لازم است. در هر تقسیم یاخته‌ای امکان جهش وجود دارد. بنابراین، اگر در یاخته‌ای جهشی وجود داشته باشد، در تقسیم پس از آن، ممکن است جهشی به جهش پیشین افزون شود.

[۶] این جمله (یا مفهوم) خوب بیان نشده است. اگر من بودم، این طور می‌نوشتیم: "بعضی از الل‌ها ("ژن‌ها)، اثرات خود را پیش از سن بازآوری (بلوغ) نشان می‌دهند و بعضی الل‌ها ("ژن‌ها) پس از سن بازآوری. اگر جان‌داری، حامل الل‌هایی با اثرات منفی باشد، که بروز اثرات آن‌ها در پیش از سن بازآوری باشد، آن جان‌دار ممکن است ناگزیده شود و در نتیجه، فرزندان از خود باز نگذارد. اما اگر بروز اثرات الل‌ها، پس از سن بازآوری باشد، آن جان‌دار ممکن است پیش از این که ناگزیده شود، فرزندان تولید کرده باشد و الل‌های با اثر منفی را به فرزندان خود منتقل کرده باشد."

دلیل سوم تصادفات ساده فرگشتی است. برخی از جان‌داران دارای ساختار مادی بسیار سختی هستند و این به آن‌ها اجازه می‌دهد تا عمر درازتری داشته باشند زیرا احتمال آسیب آن‌ها کم‌تر است. درختان یکی از ریخت‌های زندگی روی زمین هستند که طول عمر زیادی دارند. قدمت برخی از درختان سرخ‌چوب ^(۱)، [مثلاً درخت سکویا] کالیفرنیا تا ۲۰۰۰ سال برآورد می‌شود. برخی از ساقه‌های جداگانه کاج تاسمانی هون (به پرسش ۳۷ نگاه کنید) نیز ۲۰۰۰ سال قدمت دارند، در حالی که کل جرگه، ممکن است به اندازه ۱۱۰۰۰ سال قدمت داشته باشد. اما حتی این نمونه‌ها در مقایسه با هم‌سایه آن، درخت کینگز هولی، که تنها جرگه بازمانده آن حدود ۴۳۰۰۰ سال قدمت دارد، رنگ می‌بازد.

یکی از دلایل‌هایی که درختان می‌توانند تا این حد زنده بمانند این است که لیگنین‌هایی (و به ویژه سلولوز نانوکریستالی ^(۲)) که به تازگی کشف شده است و هشت برابر قوی‌تر از فولاد است) که الیاف تنه درختان را تشکیل می‌دهند، بسیار محکم هستند و می‌توانند در برابر شکستگی تصادفی و حمله توسط گیاه‌خواران مقاومت کنند. با این حال، اکثر جان‌داران این مزیت را ندارند، زیرا بدن ساخته شده از این مواد دارای دو عیب مهم است. اول، این شیوه، شما را بسیار سنگین می‌کند، که باعث می‌شود حرکت به طور فزاینده‌ای گران شود. (این یکی از دلایل‌هایی است که، به‌رغم

^(۱) Redwood.

^(۲) Nanocrystalline cellulose.

داستان ارباب حلقه‌ها^{۱}، درختان در دور و بر ما قدم نمی‌زنند. دوم، تنه درختان نسبتاً انعطاف‌ناپذیر است، به همین دلیل است که در برابر حتی شدیدترین بادهای نیز زیاد خم نمی‌شوند. اگر بخواهید توانایی چرخیدن و خمیدن هنگام فرار از دست شکارگران خود را داشته باشید، نمی‌خواهید درخت باشید^[۷].

[۷] این جمله لوس و بی معنی را کمی دست‌کاری کردم.

همه چیز در باره تاخت زدن بین گزینه‌های گوناگون است که هر کدام ممکن است راه‌حل جای‌گزین معقولی برای مشکل‌های مربوط به ماندگاری و بازآوری باشند. پیچیدگی این تصمیمات زیست‌شناسانه، یافتن یک راه‌حل کامل را که بر سایر راه‌حل‌ها چیره شود، ناممکن می‌سازد. به طور خلاصه، معمولاً روش‌های گوناگونی برای بیشینه کردن برازش وجود دارد. به‌ترین کاری که گزینش زیستاری می‌تواند انجام دهد، به‌ترین کارِ بد است^[۸].

[۸] در پایان این پرسش، باید بگویم که بهتر بود که نویسنده اول یک بحث کلی در مورد مفهوم "پیری=senescence" ارائه می‌کرد و سپس به سازوکارهای آن می‌پرداخت. به هر رو، پیری زیست‌شناسانه، پدیدهٔ ناکارایی تدریجی کارکرد هر سامانه (سیستم) زنده است. در این مورد نگره‌های زیادی وجود دارد که در پیوستار گسترده‌ایی از نگره‌های سازگارانه (adaptive theories) تا نگره‌های کاملاً ناسازگارانه قرار می‌گیرند. بحث مفصل در این پانویشت مختصر نمی‌گنجد. نظر شخصی من این است که پدیده پیری، صرفاً از این‌که چه قدر سازگارانه باشد، یک پدیده فرگشتی است. فرگشتی بودن پدیده پیری در این است که هر جمعیتی نیاز دارد تا در برابر تغییرهای سریع محیطی، بتواند ترکیب ژنتیکی خود را سریع عوض کند (تا شاید سازگاری در آن جمعیت صورت بگیرد). بنابراین جمعیت‌هایی که بازه‌نسلی (generation interval) آن‌ها کوتاه است، سریع‌تر می‌توانند با شرایط متغیر محیطی سازگاری پیدا کنند. به همین دلیل "پیر شدن" و مردن افراد "پیر" به ماندگاری جمعیت کمک می‌کند.

پرسش ۴۰ - حتی اگر فرگشت درست باشد، چرا يك نگره فرگشت باید امروز برای ما مناسب باشد؟

شاید مهم‌ترین دلیل عملی^[۱] برای درک روندهای فرگشتی، بیماری باشد. مهم‌ترین مشکلی که ما با آن روبرو هستیم میزان ظهور بیماری‌های جدیدی است که هیچ راه‌حل پزشکی برای آن‌ها نداریم. این امر به همان اندازه در مورد بیماری‌هایی که ما را مبتلا می‌کند (از ابولا^{۲} گرفته تا آنفولانزای مرغی و ویروس زیکا^{۳}) صدق می‌کند که در مورد بیماری‌هایی که به محصولات و جانوران کشاورزی، آسیب می‌رساند - مانند ۷۰۰۰ گونه قارچ زنگاری^{۴} که محصولات زراعی ما را از بین می‌برند، یا گردکرمی^{۵}، که سالانه ۳۰۰ میلیون دلار، خسارت به محصولات سیب‌زمینی اروپایی، وارد می‌کند.

[۱] واژه "عملی=practical" هم از آن واژه‌هایی است که در معانی گوناگون به کار می‌رود. ترجیح من این است که از این واژه پرهیز کنم.

{1} Lord of the Rings.

{2} Ebola.

{3} Zika virus.

{4} Rust fungi.

{5} Cyst nematode.

[۲] این کتاب پیش از همه‌گیری کووید 19 نوشته شده است. در طول این همه‌گیری شاهد بودیم که انواع گوناگون این ویروس فرگشت می‌یافتند و کار مبارزه با آن را دشوارتر می‌کردند.

درک روندهای فرگشتی می‌تواند به ما این امکان را بدهد که بیماری‌ها را به طور موثرتری ریشه‌کن کنیم، هم‌آن‌طور که در دهه 1970 در مورد آبله انجام شد. اما بیش‌تر وقت‌ها، مشکل ما فقط این است که با سرعتِ تغییر ویروس‌ها و باکتری‌ها، زیر تأثیر گزینش زیستاری، هم‌آهنگ شویم. سالانه بیماری‌های جدید، و نسخه‌های جدید بیماری‌های قدیمی، با نظمِ یک‌نواخت ظاهر می‌شوند. آن‌ها هم سلامتی و هم توانایی ما را برای تغذیه خود تهدید می‌کنند. درمان‌های ما معمولاً برای مدتی کار می‌کنند، و سپس گونه‌های جدیدی ایجاد می‌شوند که در برابر هر سلاحي که در برابر آن‌ها داریم، مقاوم هستند. برای مثال می‌توان به میکسوماتوز^[۱]، یک بیماری که برای کنترل خرگوش و خرگوش صحرایی در دهه 1950 مورد استفاده قرار گرفت، استافیلوکوک آورئوس چندمقاومتی (MRSA) و بسیاری از دیگر باکتری‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها، که در بیمارستان‌های ما، در دو دهه گذشته، آسیب زیادی ایجاد کرده‌اند، مالاریای مقاوم به ددت (DDT) و کلروکین^[۲] اشاره کرد. و این فهرست هم‌چنان ادامه دارد. ما همیشه در تیررس بیماری‌های جدید خواهیم بود، و بدون نگره فرگشت، برای رو در رویی با آن‌ها مشکل‌های زیادی خواهیم داشت^[۳].

[۳] نویسنده در این جمله بین فرگشت و فهم ما از فرگشت، این‌همانی برقرار کرده است. واقعیت این است که با آگاهی از فرگشت و بدون آگاهی از فرگشت "در تیررس بیماری‌های جدید خواهیم بود". اما، آگاهی از فرگشت به ما کمک می‌کند که روند بیماری را به‌تر بفهمیم، و احتمالاً در راه مبارزه با بیماری‌ها موفق‌تر باشیم.

داستان مقاومت در برابر مالاریا آموزنده است. ددت، یک ترکیب کلر، برای اولین بار در سال 1874 ساخته شد و خواص حشره‌کشی آن ۶۵ سال پس از آن، توسط دانش‌مند سوئسی، پال هرمن میولر (Paul Hermann Müller) کشف شد. این ماده به طور گسترده در طول جنگ جهانی دوم توسط ارتش‌ها، برای کنترل تیفوس و سایر بیماری‌ها، در بین نیروهای نظامی و غیرنظامی، در هرج و مرج جنگ و پی‌آمدهای سریع آن‌ها، استفاده شد. این ماده به قدری موثر بود که میولر در سال 1948 جایزه نوبل را دریافت کرد. سپس در طول دهه 1950 از آن در مناطق گرم‌سیری، برای کنترل مالاریا، با کشتن پشه‌هایی که حامل پلاسمودیوم مالاریا^[۳] بودند، استفاده شد. با این حال، در دهه 1960، مشخص شد که فارغ از این واقعیت که ددت بقیه محیط را مسموم می‌کند (به پرسش ۴۸ نگاه کنید)، پلاسمودیوم مالاریا در برابر اثرات آن، مقاوم می‌شود. تقریباً همان داستان در دهه 1980 با کلروکین پیش آمد. پس از ساخت آن در دهه 1940، کلروکین هم، هم‌چون داروی اصلی ضد مالاریا و هم، هم‌چون پیش‌گیری‌کننده، مورد استفاده قرار می‌گرفت. پلاسمودیوم یک جهش ژنی تنها^[۴]، در ژن PfcRT ایجاد کرده است که به یاخته اجازه می‌دهد به جای هضم کلروکین که باعث مسمومیت پلاسمودیوم می‌شود، آن را دفع کند. مقاومت در برابر کلروکین به سرعت، در اکثر مناطق گرم‌سیری دنیای جدید و قدیم، گسترش یافت، البته به طور عمده به دلیل سفرهای دسته‌جمعی که توسط هواپیما شدن شده است.

^[1] Myxomatosis.

^[2] Chloroquine.

^[3] Malaria plasmodium.

[۴] تابه‌حال باید برای شما روشن شده باشد که من با این توضیح‌های ساده‌انگارانه مخالفم.

دلیل دیگری که ممکن است [ما را] به پی‌آمدهای فرگشت دل‌بسته کند، درک رفتار خودمان است. ما این‌جا هستیم؛ برای حضور در این‌جا، ما باید فرگشت یافته باشیم، و نحوه فرگشت ما باید تابع روندهای فرگشتی باشد. مانند همه چیزهای زیست‌شناسانه، برخی از جنبه‌های رفتار ما به نسبت ثابت خواهند بود، و برخی دیگر بسیار انعطاف‌پذیر و آماده یادگیری، یا دست‌کاری، خواهند بود. درک این‌که کدام جنبه از رفتار و روان‌شناسی ما قابل انعطاف است - و کدام یک نه - ممکن است برای درک این‌که آیا می‌توانیم رفتار انسان را به‌بود دهیم، و این‌که چه‌گونه به‌ترین کار را انجام دهیم، مهم باشد. و اگر نتوانیم آن را تغییر دهیم، چه‌گونه می‌توانیم آن را مدیریت کنیم، تا آثار سوء آن بر جامعه را به حداقل برسانیم.

به رغم همه این کاربردهای عملی، دلیل نهایی داشتن نگره فرگشت، لذت خاص درک جهان زیستی، نحوه کار و نحوه پیدایش آن است. کنج‌کاوی، لذت را به ارمغان می‌آورد - و هم‌چنین هنگامی که ما حقایق جدیدی در مورد جهان کشف می‌کنیم، و برای توضیح آن‌ها تلاش می‌کنیم، کنج‌کاوی باعث ایجاد انگاره‌ها و نگره‌های جدید می‌شود. کنج‌کاوی می‌تواند به کشف‌های نامنتظره‌ای منجر شود که حاوی بذر راه‌حل‌های جدید، برای برخی از مشکل‌های ماندگاری و بازآوری است که ما را زیر تاثیر قرار می‌دهند. بدون نگره فرگشت، ما حتی به این فکر هم نمی‌کنیم که سوال‌های "چرا"، "چه‌موقع" و "چه‌گونه" را که باعث درک [به‌تر] می‌شوند، مطرح کنیم (به پرسش ۱۰ نگاه کنید).

فصل ۵: فرگشت گونه‌ها

پرسش ۴۱ - گونه چیست؟

داشتن راهی برای رده‌بندی جهان زیستی مهم است. این، نقطه شروع همه دانش‌ها است. از نظر زیست‌شناسی، رده‌بندی برای انجام انواع تحلیل‌های آماری بسیار پیچیده، که شامل مقایسه گونه‌ها و سرده‌های گوناگون باشد - روشی که داروین از شکل ساده‌ای از آن بهره بسیار برده بود، مهم است. وقتی چنین تحلیل‌هایی را انجام می‌دهیم، باید مطمئن باشیم که از نظر خویشاوندی، گونه‌ها را با گونه‌های مشابه مقایسه می‌کنیم. مهم این است که رده‌بندی‌های ما (ساختارهای درختواری [۱] که نحوه ارتباط گونه‌ها، سرده‌ها [۲]، خانواده‌ها [۳]، راسته‌ها [۴] و سایر گروه‌های رده‌بندی را، با یک‌دیگر توصیف می‌کند) تا حد امکان، به تاریخ فرگشت نزدیک باشد. سنجش‌های کاربردی نیز وجود دارند: اگر دو جمعیت از جان‌داران در تیررس تهدید هستند، اما ما واقع‌بینانه، فقط یکی از آن‌ها را می‌توانیم نجات دهیم، آیا باید نگران این باشیم که آن‌ها به یک گونه تعلق دارند یا به گونه‌های گوناگون؟

[۱] درختوار را به جای شجره به کار بردم.

اولین رده‌بندی رسمی توسط رده‌بند سوئدی، کارل لینه [۲]، در اواخر قرن هجدهم ایجاد شد (به پرسش ۵ نگاه کنید). رده‌بندی او بر اساس همانندی کالبدشناسانه (بر اساس این فرض معقول که گونه‌هایی که همانند نظر می‌رسند، به احتمال زیاد با یک‌دیگر ارتباط دارند) بود. او از تعریف رایجی [۳] برای گونه‌ها استفاده کرد - مجموعه‌ای از افراد که تقریباً همانند بودند. گاوها و اسب‌ها به طور روشن نوع‌های گوناگونی از جانوران هستند، اما گوسفند و بز همانندی بیش‌تری به یک‌دیگر دارند و بنابراین احتمالاً ارتباط نزدیک‌تری با هم دارند. لینه یک نوع‌نمونه [۴] [۴] برای هر گونه ایجاد کرد (او از خود هم‌چون نوع‌نمونه گونه انسان استفاده کرد!)، به این دلیل که برای هر گونه، یک ریخت‌آرمانی وجود دارد که هر یک از اعضای آن گونه، تمام تلاش خود را برای مطابقت با آن انجام می‌دهند. (مفهومی که در اصل از افلاطون فیلسوف بزرگ یونانی گرفته شده، و اکنون به نام انواع افلاطونی نامیده می‌شود). [در این دیدگاه] در واقع، هر یک از اعضای گونه، دارای الگوی اصلی یک‌سانی هستند، و ناهم‌گونی بین افراد یک گونه، تنها نقص‌های زندگی واقعی است [۵].

[1] Genera.

[2] Family.

[3] Order.

[4] Type specimen.

[۲] در پانویشت [۱]، پرسش ۵ نوشته بودم: "کارل لینهوس یا کارلوس لینهوس نام لاتینیزه اوست. نام واقعی و سوئدی او کارل لینه Carl von Linné است." این که نویسنده در یک جا نام او را Carl مینویسد و در جای دیگر Carolus نشان از آن دارد که کتاب ویراستاری نشده است.

[۳] در متن از عبارت "عقل سلیم" استفاده کرده است.

[۴] در این جا باید دو نکته مهم را یادآور شوم. نکته اول این که: واژه "type"، هم آن طوری که نویسنده خواهد گفت، ریشه در نظرات افلاطون دارد. در انگلیسی، گاهی برای واژه "type"، از واژه های دیگری هم استفاده می شود. در فارسی هم این واژه و برابره های انگلیسی آن ممکن است به "مَثَل"، "مُثَل"، "تیپ"، "گونه"، "نوع"، "عین ثابت" یا واژه های دیگر، مثل واژه جدید "کهن الگو"، برگردان شود. از آن جایی که "تیپ" فارسی نیست، و "گونه" را برای "species" استفاده می کنم، برای "type" از "نوع" استفاده خواهم کرد. اما، چون واژه "type" و "نوع" و هر کدام از برابره های آن ها، هم در معنای محاوره ای، و هم در معنای یگانه "فلسفی/افلاطونی" به کار می رود، همیشه احتمال بدفهمی وجود دارد. هیچ چاره ای نیست، مگر آن که خواننده دقت کند و استفاده محاوره ای و "فلسفی/افلاطونی" را از هم تفکیک کند. نکته دوم این که: در چهارچوب هایی، و مثلاً در چهارچوب افلاطونی، مفهومی به نام انگلیسی "archetype" وجود دارد که "مثل اعلا" شاید عادی ترین برگردانی آن باشد. در این جا، نویسنده از واژگان "type specimen" یا "نوع نمونه" استفاده می کند که واژگان نسبتاً جدیدی است و برای "نمونه ای از یک گونه، که باعث نام گذاری آن گونه شده است" به کار می رود. هرچند که همانندی هایی بین "archetype" و "type specimen" وجود دارد، باید از یکی دانستن آن ها، پرهیز کرد. آن واژه اصلی که افلاطون از آن استفاده کرده است، "فرم" (form) است که فارسی آن "صورت" است!

[۵] تاکید می کنم که این برداشت نویسنده از تفکرات قرن هجده کارل لینه است. در ضمن دقت کنید که نویسنده در جمله پس از این به این نکته که "ناهم گونی بین افراد یک گونه تنها نقص های زندگی واقعی است" برمی گردد. این با برداشت داروینی و امروزی از افراد و گونه، انطباق ندارد. نگاه افلاطون، و لینه، ذات گرایانه است، در حالی که داروین با نگره های خود، وجود ذات و ثابت بودن آن را رد کرده است. بنابراین، می توان گفت که در تفکر پیش داروینی، که لینه نماینده ای از آن بود، "نوع نمونه" برابر ذات (جوهر = essence) است و "نقص های زندگی" برابر عرض (accident). اما داروین، همه این ها را به هم ریخت!

در حالی که این تعریف افلاطونی از گونه، در دو قرن گذشته بسیار خوب عمل کرده است [۶]، اما اشکال های آن در اواسط قرن بیستم، در نتیجه دو دانسته مهم آشکار شد. یکی نشانه های فزاینده ای بود که نشان می داد جانوران از گونه های گوناگون می توانند با یک دیگر جفت گیری کنند، و گاهی وقت ها، آمیخته های بارور تولید می شوند [۷]. برای مثال، کلاغ لاشه {۱} و کلاغ ابلق {۲}، طبق تعریف هر کسی، گونه های واقعی [۸] هستند، اما در جایی که دامنه زندگی آن ها با یک دیگر هم پوشانی دارد، به راحتی آمیخته می شوند. انسان های مدرن پیش از گونه مرگی نئاندرتال ها در اروپا، با آن ها [به اندازه] قابل ملاحظه ای بین آمیز {۳} شده اند، به طوری که اکثر اروپایی ها، درصد کمی از ژن های نئاندرتال ها را دارند (به پرسش ۶۵ نگاه کنید). ظاهراً، نوع های افلاطونی آن قدرها هم که تصور می کردیم منحصر به فرد نیستند. در واقع، برخی گونه ها، موزاییک دو یا چند گونه هستند (برای مثال، گل سنگ {۴}، که ممکن است تا ۲۰ هزار گونه در آن ها وجود داشته باشد) (به پرسش ۳۵ نگاه کنید).

{1} Carrion.

{2} Hooded crow.

{3} Interbred.

{4} Lichen.

[۶] البته که این حرف درست نیست! داروین با این تعریف افلاطونی موافق نبود!

[۷] این جمله را قدری دست‌کاری کرده‌ام.

[۸] در این جا و یک جای دیگر، نویسنده واژه "good" را به کار برده، که من به "واقعی" برگردان کردم.

مشکل دوم این بود که این تعریف با نگره نوین فرگشت و ژنتیک جمعیت جدید، خوب جفت نمی‌شد. نگره فرگشت، یک جمعیت را مجموعه‌ای از افراد مرتبط می‌داند که صفات‌های آن‌ها (و البته ژن‌ها) در نتیجه جهش‌های به دست آمده از نسل‌های گذشته، تا نیای مشترک‌شان، اندک ناهم‌گونی‌هایی دارند [۹]. بنابراین، به جای آن که ناهم‌گونی‌های کوچک بین افراد، به دلیل اشتباه‌های [در طول] رشد باشد، که هیچ نفع خاصی ندارند، ناهم‌گونی‌ها در واقع، اصل موضوع هستند. ناهم‌گونی‌ها چیزهایی هستند که در آینده، گونه‌های جدیدی را ایجاد می‌کنند.

[۹] منظور نویسنده این است که ناهم‌گونی‌ها ناشی از "نقص‌های زندگی" نیست، بلکه ناشی از جهش‌هایی است که در طول نسل‌های گوناگون به وجود آمده و انباشته شده‌اند.

در طول دهه ۱۹۵۰، عقیده عمومی بر این بود که گونه باید هم‌چون مجموعه‌ای از جانوران که توانای به بین‌آمیزی^(۱)، برای تولید فرزندان ماندگار (یعنی بارور) هستند [۱۰]، تعریف شود. اسب و الاغ می‌توانند بین‌آمیزی کنند، اما فرزندان آن‌ها (قاطر) نابارور هستند، که والدین [قاطر را]، دو گونه واقعی می‌سازد. این هم‌چون "تعریف زیست‌شناسانه گونه" [۳] [۱۱] شناخته شد. مطابق این تعریف، در زیستار، ناهم‌گونی‌های ژنتیکی بین همه جانداران، یک پیوستار [۳] [۱۲] ناهموار است، تا این‌که کاملاً گسسته باشد. این واقعیت که گونه‌های گوناگون، حتی وقتی که در طبیعت بین‌آمیزی می‌کنند، همیشه آمیخته‌های بارور تولید نمی‌کنند، معمولاً به دلیل این واقعیت مکانیکی ساده است که وقتی اسپرم یک گونه، تخمک گونه دیگر را بارور می‌کند، کروموزوم‌های آن‌ها به خوبی با هم جفت نمی‌شوند. برای مثال، گیاه سیر فقط ۱۰ کروموزوم دارد، در حالی که گندم ۴۲ کروموزوم و سرخس مارزبان^(۴) بیش از ۱۰۰۰ کروموزوم دارد. در بین جانوران، شمار کروموزوم‌های گوزن فریادکش^(۵) تنها ۷ است، در حالی که انسان‌ها دارای ۴۶، شامپانزه ۴۸، سگ ۷۸ و ماهی‌خورد^(۶) [که یک پرنده است] [۱۳] [دارای] ۱۳۲ کروموزوم هستند [۱۴]. اگرچه شمار کروموزوم‌ها همیشه [برای بین‌آمیزی] یک مانع نیست، اما اگر کروموزوم‌های دو والد نتوانند جفت شوند، تخمک بارور شده معمولاً به درستی رشد نمی‌کند. وقتی این رخ بدهد، جنین به زودی می‌میرد.

(1) Interbreeding.

(2) Biological species definition.

(3) Continuum.

(4) Adder's tongue fern.

(5) Muntjac.

(6) Kingfisher.

[۱۰] "مفهوم زیست‌شناسانه گونه" (biological species concept) پیش‌تر از این (سال ۱۹۴۲) توسط ارنست مایر (Ernst Mayr) پیش‌نهاد شده بود.

[۱۱] هر دو واژه "مفهوم" و "تعریف" برای ترکیب با "... زیست‌شناسانه گونه" به کار می‌رود، ولی "مفهوم" بسیار رایج‌تر است.

[۱۲] پیوستار = طیف.

[۱۳] تصویری از ماهی‌خورد.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40585845>

[۱۴] بعضی از این ارقام ممکن است درست نباشند. مثلاً گیاه سیر ۱۶ کروموزوم، گوزن فریادکش نر ۷ کروموزوم، گوزن فریادکش ماده ۶ کروموزوم، و بعضی گونه‌های ماهی‌خورد ۸۴ کروموزوم دارند. در مورد سرخس مارزبان ارقام از ۱۲۶۲ تا ۱۴۴۰ کروموزوم را دیده‌ام.

پرسش ۴۲ - چرا تعریف گونه‌ها گاهی دشوار است؟

اگرچه تعریف زیست‌شناسانه گونه (به پرسش ۴۱ نگاه کنید) به اندازه خوب عمل می‌کند، اما کامل نیست [۱]. استثناءهای زیادی وجود دارد، به ویژه در میان گیاهان و ریخت‌های میکروسکوپی زندگی. در تعریف معمولی یک گونه، فرض بر این است که هر فردی ژن‌های خود را فقط از دو والد خود دریافت می‌کند، اما این همیشه درست نیست زیرا انتقال ژنتیکی بین دودمان‌های ژنتیکی می‌تواند از طریق باکتریوفاژها {۱} (نوعی ویروس) و پلاسمیدها {۲} (یک مولکول کوچک دی‌ان‌ای، که گاهی وقت‌ها به آن رونویسان {۳} [۲] [۳] نیز می‌گویند، که در داخل یاخته وجود دارد و جدا از دی‌ان‌ای کروموزومی تکثیر می‌شود) صورت پذیرد. این‌ها می‌توانند به یاخته‌های میزبان جدید حمله کرده، و دی‌ان‌ای بیگانه را به همراه خود وارد یاخته میزبان کنند. به نظر می‌رسد این امر به ویژه در پیش‌هسته‌ای‌ها رایج باشد. در واقع، این ممکن است سازوکار اولیه برای دستیابی به مقاومت آنتی‌بیوتیکی در باکتری‌ها باشد (به پرسش ۴۰ نگاه کنید). اما همچنین می‌دانیم که

{1} Bacteriophage.

{2} Plasmid.

{3} Replicon.

این رخداد در سخت‌پوستان (خرچنگ‌ها و دیگر جانوران همانند آن‌ها) و اکینودرم‌ها ^{۱} (توتیای دریایی ^{۲} و خیار دریایی ^{۳} [که هر دو جانور هستند]) رخ می‌دهد.

[۱] من به طور کلی با این که فقط یک تعریف از "گونه" برای تمام جانداران وجود داشته باشد، مخالفم! مگر آن که تعریف "گونه" از منطق درهم "fuzzy logic" تبعیت کند.

[۲] واژه "replicon" را به "رونویسان" برگردان کردم، زیرا "replicon" از "replicate" می‌آید، و آن هم به معنی کپی برداری و "رونویسی" است. اما اطمینان ندارم که این به‌ترین برگردانی باشد. تمایل دارم تمام واژه‌هایی که از "replicate" ریشه می‌گیرند، مشابه هم باشند.

[۳] نویسنده در مورد این همانی پلاسمید و رونویسان "بدهمی" دارد!

موارد عجیب حتی در بین مهره‌داران با اندام بزرگ وجود دارد. در مورد گونه‌های فسیلی در زمان دراز دوران‌های زمین‌شناسی، ممکن است تعیین زمانی که یک گونه‌ای آن قدر تعبیر کرده باشد، که احتمالاً باید هم‌چون یک گونه جدید در نظر گرفته شود ^[۴]، بسیار دشوار است. "حلقه‌گونه‌ها" ^{۴} [۵] منبع دیگری از مشکل‌ها هستند. یکی از مشهورترین نمونه‌های آن کاکایی (مرغ دریایی ^{۵}) شمال اروپا است ^[۶]. در اروپای غربی، این‌ها با کاکایی پشت سیاه کوچک ^{۶} شروع می‌شوند. اما به سمت شرق، به کاکایی سیبری ^{۷}، سپس به کاکایی شرق‌سیبری [یا کاکایی مغولی] ^{۸} در شرق سیبری، آن سوی تنگه برینگ ^{۹} به [کاکایی شاه‌ماهی‌خوار آمریکایی یا] کاکایی سمیتسونین ^{۱۰} و در نهایت به کاکایی شاه‌ماهی‌خوار اروپایی ^{۱۱}، که برای خودش هم‌چون یک گونه مجزا و جداگانه است، و در آخر به کاکایی پشت‌سیاه ^{۱۲} در غرب اروپا می‌رسد. با این حال، هر جفت از گونه‌های مجاور، با گونه‌هایی که در سمت شرق قرار دارند، کاملاً توانای به بین‌آمیزی هستند. تصور می‌شود که این حلقه، به این دلیل ایجاد شده است که بادهای در پیرامون قطب شمال، از غرب به شرق می‌وزند، به طوری که پرندگان به طور عادی به سمت شرق رانده می‌شوند. از آنجایی که آن‌ها به راحتی با گونه‌های [همانند] خود در شرق، بین‌آمیزی می‌کنند، جریان ژنی به سمت شرق وجود دارد، به طوری که تا زمانی که از طریق آمریکا به اروپا بازگردد، واگرایی انباشته شده ژنتیکی به اندازه‌ای وجود دارد، تا بین‌آمیزی برای گونه‌های دو سر این حلقه، ناممکن باشد.

[۴] "گونه‌ای آن قدر تعبیر کرده باشد، که احتمالاً باید هم‌چون یک گونه جدید در نظر گرفته شود" را "anagenesis" می‌نامند. در برابر، "گونه‌ای که به دو یا چند گونه تبدیل/تقسیم شود، را "cladogenesis" می‌نامند. هنوز برای این

^{1} Echinoderm.

^{2} Sea urchins.

^{3} Sea cucumber.

^{4} Ring species.

^{5} Seagull.

^{6} Lesser black-backed gull.

^{7} Siberian gull.

^{8} Vega gull.

^{9} Bering Strait.

^{10} Smithsonian gull.

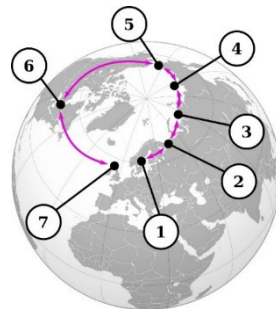
^{11} Herring gull] European.

^{12} Black-backed gull.

دو واژه برابره‌ای مناسبی پیدا نکرده‌ام. واژه‌هایی که روی آن‌ها فکر می‌کنم از این قرارند: برای "anagenesis" گونه‌گردیسی، بازپدیدایی، بازخاستی، و برای "cladogenesis" شاخه‌گردیسی، گونه‌شاخکی، شاخه‌پدیدایی، شاخه‌خاستی.

[۵] واژه "species" هم مفرد است و هم جمع.

[۶] پیش از خواندن جمله بعد، به تصویر زیر نگاه کنید. این تصویر، هفت گونه‌گون از پرندۀ کاکایی (مرغ دریایی) را که دور قطب شمال زندگی می‌کنند نشان داده است. هر گونه‌ای می‌تواند با گونه‌ای که در شرق خود زندگی می‌کند، بین‌آمیزی داشته باشد، به استثنای گونه ۷ و گونه ۱. در جمله بعد، پنج گونه از این هفت گونه را نام برده است. شرح بیش‌تر در مورد این مثال را می‌توانید در ویکی پدیا ببینید.

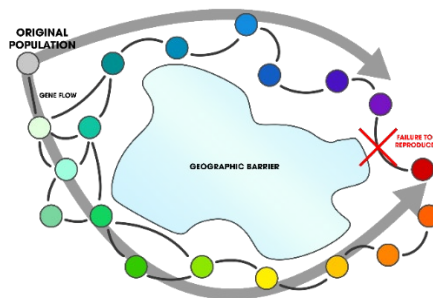


<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9675510>

نام سرده (genus) هفت جمعیتی که در تصویر بالا آمده‌اند Larus است و نام کامل آن‌ها از این قرار است:

1: L. fuscus, 2: Siberian population of L. fuscus, 3: L. heuglini, 4: L. vegae birulai, 5: L. vegae, 6: L. smithsonianus, 7: L. argentatus

تصویر زیر، سازوکار پیش‌نهادی برای حلقه‌گونه‌ها را نشان می‌دهد.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=58637281>

پیش‌نهاد این است که بین جمعیت‌های مجاور "جریان ژنی" وجود دارد. اما هر چه فاصله جمعیت‌ها از هم زیادتر می‌شود، همانندی ژنتیکی آن‌ها کم‌تر می‌شود، تا جایی که جمعیت‌های دور از هم نمی‌توانند بین‌آمیزی داشته باشند (حتی اگر از نظر فاصله جغرافیایی به هم نزدیک شده باشند).

تصویری از کاکایی پشت سیاه کوچک:



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=723467>

تصویری از کاکایی سیبری:



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17051240>

تصویری از کاکایی شرق سیبری:



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5400793>

تصویری از کاکایی شاه ماهی خوار امریکایی:



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2632810>



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2303577>

هدف من، از کش دادن این مثال، آن بود که بگویم که حتی "مفهوم" ها، "نگره" ها، "انگاره" ها، و خیلی چیزهای دیگر، می‌توانند مانند گونه‌ها اندک اندک تغییر کنند، تا جایی که دو ریخت از یک "مفهوم" به قدری از هم فاصله بگیرند که دو "مفهوم" بشوند. یک مثال آن است که آن چه که من "فرگشت" می‌نامم، ممکن است با آن چه که شما "فرگشت" می‌نامید، خیلی فرق داشته باشد! مثال دیگر که خیلی هم رایج است واژه "دیالکتیک" است، که درباره آن یک مقاله سه‌قسمتی مفصل نوشته‌ام. نگاه کنید به:

<https://hosseinjorjani.com/dialectic/>

راستش این است که ما با یک جهان زیستی روبه رو هستیم که پیوسته است: در واقعیت، همه چیز با تبار، از یک نیای مشترک، به همه چیز ارتباط دارد، حتی اگر زنجیره ارتباط، گاهی چندین میلیارد سال طول داشته باشد. مشکل ما این است که ما هنوز سعی می‌کنیم پیوستار این پراکندگی زیستی را در جعبه‌های چهارگوش نوع‌شناسی افلاطونی جا دهیم. این عمده‌تاً پی‌آمد روان‌شناسی انسان است: برای ما، فکر کردن نوع‌شناسانه، آسان‌تر است. برخورد با پیوستار بسیار دشوارتر است. اما دنیای واقعی جانوران و گیاهان، متشکل از افرادی است که، کم یا بیش، با یک‌دیگر ارتباط نزدیکی دارند [۷]. بنا بر این تعریف، جمعیت‌های جداگانه هم‌چون گونه‌ها یا سرده‌ها، یا سایر گروه‌های بالاتر رده بندی، به همان اندازه سخت‌گیری زیست‌شناسانه است، که یک امر راحت‌طلبانه است. زیست‌شناسان باید بتوانند به جان‌دارانی که مورد بررسی قرار می‌دهند، بازبرد [ارجاع] دهند، و نیاز دارند بدانند که جان‌دارانی که مورد بررسی قرار می‌دهند (تقریباً) با جان‌داران دیگری که توسط شخص دیگری مورد بررسی قرار گرفته‌اند، یک‌سان هستند یا خیر، و اگر نه، چه قدر به هم مرتبط هستند. مفهوم گونه برای این کار مفید است، اما، ما نباید خیلی در آن زیاده روی کنیم. حتی می‌توان استدلال کرد که این کم‌جذب‌ترین چیز در زیست‌شناسی است (هرچند که اگر بخواهیم یک زندگی دراز و شاد داشته باشیم، این را به یک رده‌بند نمی‌گوییم [۸]).

[۷] به نظرم به‌تر بود که نویسنده بگوید "اما در دنیای واقعی جانوران و گیاهان، ارتباط افراد با یک دیگر از بسیار کم تا بسیار زیاد نوسان دارد".

[۸] در بر خورد اول به نظرم آمد که این جمله هم باید از آن شوخی‌های لوس و نثر این نویسنده باشد! ولی پس از قدری تأمل، به یادم آمد که گزارش‌های زیادی از دعوای بین کارشناسان رده‌بندی، دیده‌ام!! البته کارشناسان رده‌بندی، مثل فیلسوفان وینی، کارشان به قتل نکشیده است!!!

با وجود همه این اشکال‌ها، تعریف زیست‌شناسانه گونه، بیش‌تر وقت‌ها خوب کار می‌کند. باکتری‌ها با انسان‌ها، بیش‌تر از پرندگان با پستان‌داران، جفت‌گیری نمی‌کنند. هنگامی که فاصله

بسنده بین گونه‌ها وجود دارد، تعریف زیست‌شناسانه گونه، دودمان‌ها را کاملاً از هم جدا نگه می‌دارد. با این حال، یک مشکل این است که ما در دوره‌هایی، اشتیاق زیادی برای ایجاد گونه‌های جدید داریم. این دوره‌ها معمولاً در تناوب با دوره‌هایی است که شمار گونه‌ها را، با ترکیب مجدد گونه‌های نزدیک‌تر، به طور اساسی کاهش می‌دهیم. به نظر می‌رسد که مردم به طور عادی، به دو دسته مشتاقان تقسیم و مشتاقان ترکیب، تقسیم می‌شوند.

هرچه بیشتر به انسان نزدیک‌تر می‌شویم، تمایل ما به تقسیم گونه‌ها بیش‌تر می‌شود. آن‌چه که در میان نخست‌ی‌سانان هم‌چون سرده‌های [۹] گوناگون در نظر گرفته می‌شود، به سختی در سوسک‌ها، گونه‌های گوناگون محسوب می‌شوند. نخست‌ی‌سانان یک مثال بارز را ارائه می‌دهند. در دهه ۱۹۸۰، حدود ۱۲۰ گونه گوناگون [به رسمیت] شناخته شده بودند. با این حال، تا سال ۲۰۱۰، برخی از کارشناسان ادعا می‌کردند که ۳۵۰ گونه وجود دارد - عمدتاً به این دلیل که گونه‌ای که پیش‌تر یک گونه بوده است، به دلیل ناهم‌گونی‌های جزئی ژنتیکی، یا پشم و مو به ده‌ها گونه، یا حتی بیش‌تر، تقسیم شده است. ممکن است مزایای سیاسی برای افزایش شمار گونه‌ها برای اهداف حفاظت زیست‌بومی عملی (و مزایای شخصی برای بازگویی [۱۰] هم‌چون صاحب نظر [۱۱]) وجود داشته باشد، اما مسئله این است که آیا همیشه دلیل‌های دانشیِ قانع‌کننده‌ای برای این کار وجود دارد؟ با این حال، این امر ما را از دل‌بستگی به پرسش اصلی داروین باز نمی‌دارد: گونه‌های جدید (هرجوری که آن‌ها را تعریف کنیم) چه‌گونه بوجود می‌آیند؟

[۹] دقت کنید که در این متن، از این جا به بعد، واژه سرده (که پیش‌تر جنس نامیده می‌شد)، در مفهوم یک رده بالاتر از گونه، چندین بار به کار خواهد رفت. برای توضیح بیش‌تر به پانوش [۲]، پرسش ۵ نگاه کنید.

[۱۰] واژه "بازگویی" را به معنای "cite" به کار می‌برم. در ایران برای واژه "cite"، در معنای محاوره‌ای و روزمره، واژه "نقل قول" به کار می‌رود، که "بازگویی" برابر خوبی برای آن به فارسی است. در چهارچوب بحث‌های محافل دانشی، واژه نامه‌های فارسی، مثلاً دهخدا، "cite" را به "اتخاذ سند کردن" معنی می‌کنند. "اتخاذ سند کردن" دو اشکال دارد. اشکال اول این است که یک عبارت را به جای یک واژه می‌نشانند. اشکال دوم این است که "اتخاذ سند کردن" چهره‌ای مثبت را نشان می‌دهد. در حالی‌که در محافل دانشی می‌توان از اثری (بیش‌تر مقاله و کتاب)، به منظور انتقاد و رد کردن نگره‌ای، "بازگویی" کرد. بنابراین، نظر من این است که "بازگویی" به علت آن‌که چهره‌های مثبت و منفی را می‌پوشاند، انتخاب مناسب‌تری برای "cite" است.

[۱۱] آن‌چه که نویسنده در این عبارت می‌خواهد بگوید آن است که بعضی دانش‌مندان ممکن است برای نفع شخصی، مطالبی را که خیلی هم پایه و اساسی محکمی ندارد، منتشر کنند. من هم با او، در این مورد موافقم. به هر رو، دانش‌مندان هم انسان هستند و مثل انسان‌های دیگر ممکن است به انواع گوناگون کژکاری دست بزنند. از کژکاری بدتر، آن است که دانش‌مندان هم، ممکن است "سطحی" باشند. در یک گفت‌وگوی دوستانه، دکتر مهدی آقاخان، از پیش‌گامان بیماری‌شناسی پرندگان اهلی (مخصوصاً بیماری‌های ویروسی آن‌ها) در ایران، در انتقاد از بعضی از دانش‌مندان دیگر، برای من چنین گفت: "متأسفانه اکثر هم‌کاران ما اهل علم نیستند، و فقط مثل مرغ به علم "توک" می‌زنند". یاد دکتر آقاخان گرامی باد.

پرسش ۴۳ - گونه‌های جدید چه‌گونه بوجود می‌آیند؟

در یک‌ونیم قرن که از زمان چاپ و پخش "درباره پیدایش گونه‌ها" توسط داروین می‌گذرد، روندهای گونه‌زایی هم‌چنان مورد توجه زیست‌شناسان قرار دارند. خود داروین، بیش‌تر پاسخ را

ارائه کرده بود. جمعیت‌هایی که از نظر جغرافیایی [۱] منزوی می‌شوند، سازگاری خاصی با محیط محلی خود پیدا می‌کنند و سرانجام، ظاهر آن‌ها به اندازه‌ای فرگشت می‌یابد که به‌اندازه ناهم‌گون می‌شوند، که بتوانیم آن‌ها را هم‌چون گونه‌های گوناگون، رده‌بندی کنیم، زیرا بسیار ناهم‌گون به نظر می‌رسند.

[۱] برداشت امروزی این است که جدایی جغرافیایی به روند گونه‌زایی کمک می‌کند، اما ضروری نیست.

در حال حاضر، بررسی‌های مربوط به گونه‌زایی، دانش بیش‌تری در زمینه ژنتیک و سازوکارهای توارث را در نظر می‌گیرند، و این امر دانش ما، از روندهای دخیل در گونه‌زایی را، از چند سمت مهم پیرایش کرده است. یکی از این موارد این است که میزان جریان ژنی بین دو جمعیت در روند تبدیل شدن به گونه‌های جداگانه، باید کمینه باشد. اگر در نتیجه جفت‌گیری بین افراد دو جمعیت، جریان ژنی خیلی زیاد باشد، مجموعه ژنی دو جمعیت، متمایز نخواهند شد، زیرا هر ژنی که از یک جمعیت از بین رفته است با ورود از جمعیت دیگر، جای‌گزین می‌شود، و هر ژن جدیدی که در یکی ظاهر شود، به سرعت راه خود را به جمعیت دیگر پیدا می‌کند [۲] [۳]. این امر، بیش‌تر نتیجه حرکت اعضای یک جمعیت، بین دو جمعیت، در جستجوی جفت است.

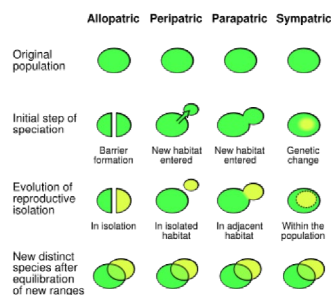
[۲] اول آن که در این جا منظور نویسنده از "ژن"، الل است، به این ترتیب که می‌خواهد بگوید دو گونه گوناگون باید دارای الل‌های گوناگونی در یک جای‌گاه (لوکوس) باشند. دوم آن که در این جا، باز هم از "مدل تک جای‌گاهی ("ژن")" استفاده کرده است. با استفاده از "مدل بسیار جای‌گاهی" می‌توان نشان داد که نیازی نیست که گونه‌های گوناگون، الل‌های گوناگون داشته باشند. همین که بسامد الل‌ها در دو جمعیت ناهم‌گون باشد، بسنده است تا جمعیت، مقدمات لازم برای تبدیل شدن به دو گونه شدن را، داشته باشند.

[۳] من تا به حال در موارد بسیاری از مدل تک جای‌گاهی انتقاد کرده‌ام، اما از مدل‌های دیگر اسم نبرده‌ام. به طور کلی، در ژنتیک، بخش بسیار بزرگی از نگرها بر مبنای "مدل تک جای‌گاهی" درست شده است، و بخش کوچکی بر مبنای "مدل بسیار جای‌گاهی". آن بخش از نگرها که به مدل‌های با دو یا سه جای‌گاه می‌پردازند، بسیار کوچک هستند. به طور کلی، در نظر گرفتن بیش از دو تا سه جای‌گاه ("ژن")، به لحاظ ریاضی، دست‌وپا گیر و پیچیده می‌شود، زیرا شمار برهم کنش‌ها (interaction) بین جای‌گاه‌ها به سرعت بالا می‌رود. در چنین مواردی، ساده‌تر آن است که از "مدل بسیار جای‌گاهی" استفاده کرد و این کار در ژنتیک کمی (quantitative genetics) صورت می‌گیرد. نام انگلیسی "مدل بسیار جای‌گاه"، "مدل (اثر) بی‌اندازه کوچک" (The infinitesimal model) است، زیرا اندازه اثر هر جای‌گاه، بر پراکنش ژنتیکی صفت‌های مورد بررسی، بسیار کوچک است. در برگردانی به فارسی، من نام "مدل بسیار جای‌گاهی" (Many loci (genes) model) را ترجیح می‌دهم. زیرا ساده‌ترین توصیف این مدل چنین است: "جای‌گاه‌های بسیار زیاد، هر کدام با اثری بسیار کوچک (Very many loci, each with very small effect). صفت‌هایی که از این مدل، برای بررسی آن‌ها استفاده می‌شود، با نام‌های گوناگونی مانند صفت‌های کمی (quantitative traits)، صفت‌های پیوسته (continuous traits)، صفت‌های پیچیده (complex traits)، صفت‌های چندجای‌گاهی (polygenic traits) و نام‌های دیگری شناخته می‌شوند. مثال‌هایی از چنین صفاتی در انسان شامل قد، وزن، ضریب هوشی، سرعت دویدن، فشار خون و شمار موهای بدن می‌شود. در جانوران، میزان تولید شیر در گاو، شمار تخم‌مرغ‌هایی که یک مرغ می‌گذارد، طول پشم گوسفند، مثال‌های خوبی هستند. در گیاهان طول ساقه گندم، اندازه شیرینی چغندر و اندازه گوجه فرنگی، مثال‌های معمولی هستند. برای این‌که نشان بدهم مدل بسیار جای‌گاهی مدل به‌تری است یک مثال از صفت قد انسان می‌آورم. مطابق بررسی‌های فراوان، شمار جای‌گاه‌های دخیل در تعیین اندازه بدن در جانوران گوناگون، مثلاً در انسان، بیش از ۱۰۰۰ جای‌گاه است. برای مثال در یک پژوهش مفصل (<http://www.nature.com/articles/ng.3097>) که از اطلاعات ژنتیکی بیش از ۲۵۰ هزار انسان استفاده شده بود، ۶۹۷ پراکنش ژنتیکی، از نظر آماری، تاثیر نشان‌آری (significant)، روی قد انسان داشتند. در همین پژوهش

۹۵۰۰ "چندریختی نوکلئوتید تنها" (Single Nucleotide Polymorphism=SNP) فقط ۲۹٪ از پراکنش فنوتیپی را توضیح می‌دادند. حالا چرا من این شرح دراز را نوشتم؟ برای این‌که بگوییم، با استفاده از "مدل بسیار جای‌گاهی" می‌توان نشان داد که دو جمعیت می‌توانند، در عین داشتن ال‌های مشترک، واگرایی زیادی داشته باشند. همین‌که بسامد ال‌های موجود، در جای‌گاه‌های گوناگون ناهم‌گون باشد، بسنده است.

یک نیاز جانبی برای گونه‌زایی، جدایی جغرافیایی است (که در واژگان دانشیک به نام گونه‌زایی دیگرنیایی^{۴} شناخته می‌شود). تقسیم یک گونه به دو گونه‌دختر واقعی^{۳} بسیار آسان‌تر است، زیرا محدوده آن‌ها از هم جدا شده است، و افراد نمی‌توانند بین [جمعیت‌ها] حرکت کنند. اگر رودخانه‌ای بزرگ مسیر خود را تغییر دهد، دره‌ای کافی^{۳} در وسط دامنه گونه‌زایی باز شود، یا جزایر آتش‌فشانی از هم دور شوند (گونه‌های گوناگون فنچ‌های داروین و لاک‌پشت‌های غول‌پیکر در جزایر گوناگون گالاپاگوس نمونه‌ای از این [رخ‌داد] هستند)، این جور گونه‌زایی صورت می‌گیرد. هنگامی که این رخ‌داد پیش می‌آید، گونه‌های جدید ممکن است از طریق سازگاری‌های محلی به وجود آیند، یا در حالی که جهش‌های جدید در آن‌ها انباشته می‌شوند، رانش [تصادفی] ژنتیکی، به سادگی آن‌ها را از هم، جدا کند (به پرسش ۲۹ نگاه کنید).

[۴] چهار روش عمده گونه‌زایی وجود دارد: دیگرنیایی (allopatry)، پیرامون‌نیایی (peripatry)، فرانیایی (parapatry) و هم‌نیایی (sympatry).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=961776>

یک عنصر مهم در گونه‌زایی دیگرنیایی، اثر بنیان‌گزار است. بیش‌تر گونه‌های جدید از طریق زیرمجموعه کوچکی از جمعیت والد [زیرجمعیت^{۴}]، که در محیطی جدید در پیرامون محدوده جغرافیایی گونه، قرار گرفته‌اند، به وجود می‌آیند. در آنجا، [زیرجمعیت] ممکن است دچار فرگشت سریع شود، و باعث شود که به سرعت، از جمعیت مادر جدا شود. این می‌تواند در صورتی رخ بدهد که زیست‌گاه جدید، [زیرجمعیت] را زیر فشارهای بسیار شدید و جدید گزینشی قرار دهد. اما این امر می‌تواند به این دلیل رخ بدهد که [زیرجمعیت‌های] مهاجر، نماینده کاملی از پراکندگی ژنتیکی از تمامیت گونه مادر، نباشند. در نتیجه، احتمال دارد ویژگی‌های ژنتیکی نادر [که ممکن است در زیرجمعیت وجود داشته باشد] در گونه جدید فراوان شود^[۵].

[۵] دو جمله آخر، هم‌خوانی ندارند.

{1} Allopatric speciation.

{2} Daughter species.

{3} Rift valley.

{4} Sub-population.

در صورت گونه‌مرگی همگانی، [که شمار زیادی] از جمعیت‌های گونه‌های والدین [از بین بروند]، و زنده ماندن تنها یک یا دو جمعیت کوچک پیرامونی، گونه‌زایی می‌تواند رخ بدهد. به نظر می‌رسد که انسان‌های مدرن، نمونه‌ای از این امر هستند: تبار همه ما به جمعیتی در حدود ۵۰۰۰ زن بارور، که در حدود ۱۵۰ هزار سال پیش در شمال شرقی آفریقا زندگی می‌کردند، می‌رسد. این انگاره که به نام انگارهٔ حوای میتوکندریایی [۶] شناخته می‌شود، به این دلیل نام‌گذاری شده است که نشانه‌های آن، از بررسی همانندی‌ها و ناهم‌گونی‌های دی‌ان‌ای میتوکندری زنان نمونه برداری شده از سراسر جهان، دیده شده است. میتوکندری‌ها فقط از مادر به ارث می‌رسند (به پرسش ۳۶ نگاه کنید) [۷].

[۶] این هم از آن نام‌گذاری‌هایی است که بیش‌تر از آن که به فهم مطلب کمک کند، باعث ایجاد گم‌گشتگی می‌شود.

[۷] این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

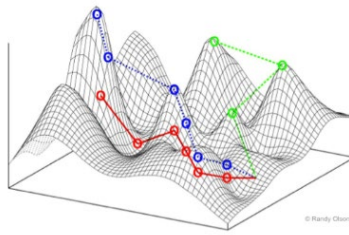
گاهی وقت‌ها حتی اگر جدایی جغرافیایی ناقصی وجود داشته باشد، ممکن است گونه‌زایی رخ دهد. این پدیده به نام گونه‌زایی فرانیایی^(۱) شناخته می‌شود. با این حال، معمولاً به تمایز بسنده در مخزن ژنی یک جمعیت نیاز است، تا آمیخته‌های حاصل از آمیزش بین اعضای دو زیرگونه ژنتیکی، از برازش کم‌تری نسبت به هریک از [جمعیت‌های] والد برخوردار باشند [۸]. در این صورت، جریان ژنی بین دو نیمه از مخزن ژنی گونه، کاهش می‌یابد و در نهایت آن‌ها به دو گونه جداگانه تبدیل می‌شوند. این به طور معمول به نوعی گرادیان^(۲) [۹] زیست‌گاهی نیاز دارد که اجازه می‌دهد سازگاری محلی با انواع زیست‌گاه‌های گوناگون، آن قدر بزرگ باشد که جمعیت‌های دو انتهای توزیع^(۳) به ندرت با هم ملاقات کنند. حلقه‌گونه‌ها (به پرسش ۴۲ نگاه کنید) ممکن است نمونه‌ای از این مورد باشد.

[۸] در این‌جا نویسنده می‌خواهد موضوعی بسیار پیچیده را با اختصار زیاد توضیح دهد، اما موفق نمی‌شود، و در پایان هم آن را ناتمام رها می‌کند! آن چه که او از آن اسم می‌برد ممکن است اشاره‌ای به مفهوم و پدیده "چشم‌انداز برازشی (fitness landscape)" داشته باشد. این پدیده را می‌توان در چهارچوب نگره‌های گوناگون، مثلاً نگره دوپژنسی، و بیش‌تر، نگره هم‌ترازی انتقالی (Shifting balance theory) ساخته و پرداخته رایت (Wright)، یا نگره‌های دیگر در نظر گرفت. به طور خلاصه، آن چه که نویسنده می‌خواهد بگوید این است دو زیرجمعیت از "مخزن ژنی" ممکن است برازش بالایی داشته باشند. اما زیرجمعیتی که از آمیزش آن دو بخش به وجود بیاید، برازش کم‌تری دارد. تصویر زیر نمایشی از چند زیرجمعیت در چنین حالتی است، که در آن قله‌ها و دره‌های برازشی دیده می‌شوند. ناهم‌گونی بین دانش‌مندان گوناگون در این است که یک جمعیت چه‌گونه از یک قلهٔ برازشی به قلهٔ دیگر می‌رود. دوپژنسی به آمیزش جورشده وزن بیش‌تری می‌دهد، و رایت به رانش تصادفی ژنتیکی.

^(۱) Parapatric.

^(۲) Gradient.

^(۳) Distribution.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32274330>

[۹] واژه gradient در مباحث فرگشتی به معنی پیوستاری (طیفی) از شرایط است که به طور تدریجی تغییر می‌کند. در فارسی از واژه‌هایی مثل مدرج، شیب و گرادیان استفاده می‌شود. یک مثال، تغییر ارتفاع است. از دامنه یک دشت تا مناطق کوهپایه‌ایی بالاتر، پیوستاری از گرما (از گرم به سرد) و فشار اکسیژن (از پایین به بالا) وجود دارد. بنابراین جان‌دارانی که در اول و آخر چنین پیوستاری قرار می‌گیرند، به شرایط ناهم‌گونی سازگار می‌شوند.

روش سوم گونه‌زایی به نام گونه‌زایی هم‌نیایی^{۱} شناخته می‌شود زیرا دو گونه آغازین^{۲} [۱۰] به راستی در یک زیست‌گاه یک‌سان زندگی می‌کنند. این [نوع گونه‌زایی] که در گونه‌های انگلی^{۱۱} بسیار رایج است، به این طریق است که افراد درون یک جمعیت، تخصصی شدن در میزبان‌های گوناگون را شروع می‌کنند. با این حال [این روش] به جدایی بازآوری^{۳} نیاز دارد [۱۲]. در مگس‌های زالزالک آمریکای شمالی^{۴}، برخی از جمعیت‌ها، پس از وارد شدن سیب از اروپا در قرن نوزدهم، شروع به بهره‌برداری از سیب کردند. سرانجام، آن‌ها مختص سیب شدند و [در حال حاضر] نمی‌توانند با [مگس‌های] مختص زالزالک، بین‌آمیزی داشته باشند. غاز برفی آمریکای شمالی^{۵} نیز ممکن است یک مثال باشد: [این غاز] دارای دو ریخت‌رنگ (آبی و سفید) است که توسط یک ژن تنها کنترل می‌شود (آبی غالب است، سفید هموزیگوت مغلوب) (به پرسش ۲۲ نگاه کنید)، اما هر دو در یک منطقه کانادایی قطب شمال پرورش می‌یابند. اگرچه [این دو ریخت] گاهی وقت‌ها بین‌آمیزی دارند (و فرزندان باروری تولید می‌کنند)، اما تمایلی برای تفکیک رنگ وجود دارد (آبی‌ها ترجیح می‌دهند با آبی‌ها و سفیدها با سفیدها آمیزش کنند) [۱۳]. این تفکیک کاملاً تصادفی است (که احتمالاً نتیجه نشانه‌های خویشاوندی است) (به پرسش ۲۷ نگاه کنید). در صورتی که میزان بین‌آمیزی، به اندازه کم باشد و در زمانی دراز ادامه پیدا کند، در نهایت [ممکن است] به دو گونه جداگانه منجر شود.

[۱۰] واژگان "incipient species" واژگانی جا افتاده است، بنابراین باید از برگردانی لغوی آن پرهیز کرد. واژه "incipient" به معنی "در حال ظهور" است. من انتخاب می‌کنم که "incipient species" را "گونه آغازین" بنامم.

[۱۱] این ادعا که این روش از گونه‌زایی در گونه‌های انگلی زیاد است، بی‌پایه است! این روش در تمام جان‌داران دیده می‌شود.

^{1} Sympatric.

^{2} Incipient species.

^{3} Reproductive isolation.

^{4} North American hawthorn.

^{5} American snow goose.

[۱۲] اول آن که به‌تر است که گوناگونی بین نوع‌های گوناگون "جدایی بازآوری" را از هم تفکیک کرد. جدایی بازآوری می‌تواند پیش‌آمیزی/پیش‌القاحی و یا پس‌آمیزی/پس‌القاحی باشد. جدایی پیش‌آمیزی/پیش‌القاحی یک روند (process) است و جدایی پس‌آمیزی/پس‌القاحی یک الگو (pattern). نظر شخصی من این است که دو زیرجمعیت با کاربرد سازوکارهای پیش‌آمیزی می‌توانند در یک محل زندگی کنند و به آهستگی به دو گونه تبدیل شوند.

[۱۳] این هم مثالی برای مطلبی که در بالا نوشتم. دو ریختِ آبی و سفید این غاز، در یک محل زندگی می‌کنند، ولی با هم آمیزش ندارند. این پدیده که هر فردی با فردی مشابه خود آمیزش داشته باشد، آمیزش جورشده (assortative mating) نام دارد. باور عمومی این است که این شیوه، عامل مهمی در گونه‌زایی است، زیرا مانند یک سازوکار پیش‌آمیزی/پیش‌القاحی کارکرد دارد. رساله PhD من (۱۹۹۵) در مورد اثرات آمیزش جورشده بر مشخصات ژنتیکی جمعیت‌ها بود!

یکی از انواع گونه‌زایی هم‌نیایی که ممکن است، حداقل در گیاهان بسیار رایج باشد، پولی‌پلوئیدی است. پولی‌پلوئیدی شامل دو [یا چند] برابر شدن تصادفی کروموزوم‌ها در طول [تقسیم یاخته‌ای] میوز می‌شود، به طوری که فرزندان، دارای چند نسخه از تمام یا برخی از کروموزوم‌ها می‌شوند. تصور می‌شود که این سازوکار اصلی ژنتیکی است، که به موجب آن [بعضی از] گونه‌ها شمار زیاد کروموزوم را، فرگشت داده‌اند (به پرسش ۴۱ نگاه کنید). از آنجایی که افراد با شمار کروموزوم‌های گوناگون، معمولاً هنگام آمیزش، فرزندی تولید نمی‌کنند، [این پدیده] به جدایی سریع بازآوری بین زیرجمعیت‌ها می‌انجامد، حداقل به شرطی که افراد پرشماری با پولی‌پلوئیدی برای آمیزش با یک‌دیگر وجود داشته باشند. وجود کروموزوم‌های اضافی، معمولاً منجر به تغییر چشم‌گیر در ظاهر فرزندان (فنوتیپ آن‌ها) می‌شود.

پولی‌پلوئیدی از نوع محدود در انسان بیش‌تر به ریختِ نشانگان داون^(۱) شناخته شده است، که ناشی از تکرار تصادفی کروموزوم ۲۱ است، به طوری که فرد به جای دو نسخه، سه نسخه [از این کروموزوم] را خواهد داشت (معروف به تریزومی^(۲) ۲۱). این رخداد معمولاً زمانی پیش می‌آید که هر دو نسخه کروموزوم به طور تصادفی در طول تقسیم یاخته‌ای از هم جدا نمی‌شوند، به طوری که یک یاخته دختر دو نسخه دارد و دیگری هیچ نسخه‌ای ندارد.

پرسش ۴۴ - چرا گاهی وقت‌ها ژنتیک و کالبدشناسی در مورد تاریخ فرگشتی اختلاف نظر دارند؟

به طور کلی، تبارشناسی^[۱] (یا درخت‌واره‌های فرگشتی) که توسط نشانه‌های ژنتیک مولکولی ایجاد می‌شود، بسیار همانند آن‌هایی است که با روش‌های سنتی، مبتنی بر کالبدشناسی، به دست آمده است. به طور کلی، آن‌ها در مورد تقسیمات اصلی (دوزیستیان در برابر خزندگان، پرندگان در برابر پستان‌داران، نخستین‌سانان در برابر گوشت‌خواران یا سم‌داران) و در مورد اکثر گروه‌بندی‌های اصلی در رده‌های گوناگون (در ردیف میمون‌های اولیه و انسان‌نماها، یا بین میمون‌ها و بوزینه‌ها) توافق دارند^[۲]. در مواردی که اختلافی وجود دارد، در روابط دقیق بین گونه‌ها در سرده‌های نزدیک است. کارشناسان رده‌بندی مدت‌ها است پنج گونه از بایون‌های آفریقایی را بر اساس کالبدشناسی تشخیص داده‌اند (این‌ها از نظر ظاهری ناهم‌گون هستند)، اما از نظر ژنتیکی روابط آن‌ها مغشوش

(1) Down syndrome.

(2) Trisomy.

است، که احتمالاً منعکس کننده جریان ژنی در ورای مرزهای جغرافیایی است. برخی استدلال می‌کنند که با وجود ناهم‌گونی‌های فیزیکی کاملاً قابل تشخیص، به‌تر است آن‌ها را یک گونه واحد در نظر گرفت.

[۱] در پانوش [۳]، پرسش ۱۰ مطلب زیر را نوشته بودم: واژه phylogeny در فارسی به کلمات گوناگونی، منجمله نسب‌شناسی، شجره، تبارزایی، برگردان شده است. من، فعلاً مناسب‌ترین واژه را تبارشناسی می‌بینم. ولی اطمینان ندارم که بتوانم در همه جا از همین واژه استفاده کنم. ممکن است در جاهای دیگر از کلمات دختر / پسر / دودمان در کنار تبار استفاده کنم. ببینیم چه می‌شود!

[۲] این هم مثالی دیگر از اسامی جان‌دارانی که ناجور و بی‌ترتیب کنار هم قرار گرفته‌اند.

با این حال، برخی اختلاف نظرهای بزرگ وجود دارد که ما را مجبور به تغییر درک خود از تاریخ فرگشت کرده است. شناخته‌شده‌ترین آن‌ها موقعیت انسان‌های امروزی در درون هومینیدها^{۱} (خانواده گونه‌های بزرگ شبه‌میمون، به استثنای گیبون‌ها یا میمون‌های کوچک‌تر) است. بر اساس کالبدشناسی، کارشناسان رده‌بندی همیشه انسان‌ها را به دلیل وضعیت دویایی، مغز بسیار بزرگ‌تر و سایر ویژگی‌ها مانند بی‌مویی، تکلم و توانایی ساخت ابزار، مانند عضوی دورافتاده، از این گروه می‌دانستند. شامپانزه‌ها و گوریل‌ها به روشنی با هم ارتباط نزدیکی داشتند (که یک خانواده میمون بزرگ آفریقایی را تشکیل می‌دادند)، و اورنگ‌اوتان آسیایی به روشنی یکی از گونه‌خواهرهای نزدیک این گروه بود. با این حال، در دهه ۱۹۷۰، نشانه‌های ژنتیکی، همه این‌ها را بالا و پائین کرد. به راستی این اورنگ‌اوتان بود که پسر عموی دور خانواده بود. شامپانزه‌ها، گوریل‌ها و انسان‌ها، یک گروه میمون بزرگ آفریقایی را تشکیل می‌دهند، که در درون آن گوریل‌ها به سان گونه‌خواهر، کمی نزدیک‌تر به دو گونه شامپانزه و انسان است [۳]. با وجود همه ناهم‌گونی‌های کالبدشناسانه و روانی، ما به گفته به یاد ماندنی جرد دایاموند^{۲}، فقط "شامپانزه سوم" هستیم.

[۳] انسان و شامپانزه بسیار همانند هم هستند و گوریل کمی دورتر است. به عبارت دیگر، اختلاف انسان-شامپانزه کوچک‌تر از اختلاف شامپانزه-گوریل است. بنابراین، انسان و شامپانزه مثل دو خواهر هستند و گوریل دختر خاله این‌هاست.

این سردرگمی، نتیجه‌ایی از عدم تشخیص این امر بود که فشارهای قوی گزینش می‌توانند به تغییر سریع فنوتیپی، بدون تغییر ژنتیکی عمده، منجر شود [۴]. این امر زمانی رخ می‌دهد که فقط چند ژن کلیدی که جنبه‌های ظاهری یک گونه را تعیین می‌کنند، تغییر می‌یابند، اما بقیه ژنوم زیر تأثیر قرار نمی‌گیرد. بسیاری از ناهم‌گونی‌های ظاهراً چشم‌گیر بین انسان‌ها و میمون‌های بزرگ، محصول تغییر در شمار انگشت‌شماری از ژن‌ها است، نه در شمار زیادی از ژن‌ها. ظاهر می‌تواند فریبنده باشد.

[۴] پس از این جمله، نویسنده دو جمله درباره ناهم‌گونی انسان و شامپانزه می‌نویسد که درست هستند. اما، در این جمله او می‌خواهد علت ناهم‌گونی‌های جزیی انسان و شامپانزه را توضیح بدهد و این توضیحی که می‌دهد، نادرست است! نتیجه‌گیری درست است، ولی دلیلی که می‌آورد درست نیست! این جمله چه می‌گوید؟ نویسنده در این جمله

^{۱} Hominid.

^{۲} Jared Diamond.

می‌گوید "فشار قوی گزینش" می‌تواند به "تغییر سریع فنوتیپی" بیانجامد، بدون آن که "تغییر ژنتیکی عمده" صورت پذیرفته باشد. در وصل کردن این سه عامل به یک‌دیگر مقدار زیادی بی‌دقتی صورت گرفته است. این جور بی‌دقتی در حرف زدن، فقط بدفهمی به بار می‌آورد! درست آن است که بگویید "تغییر عمده ژنتیکی در شمار کمی از ژن‌ها صورت گرفته است".

پس از این، شوک دومی به کارشناسان رده‌بندی نخستین‌سانان وارد شد، و آن هنگامی بود که نشانه‌های ژنتیکی نشان داد گوریل، که همیشه به سان یک گونه واحد در نظر گرفته می‌شد، دو گونه جداگانه است که حدود ۲۶۰ هزار سال پیش از هم جدا شدند (یعنی پیش از آن‌که گونه ما از سایر جمعیت‌های انسان‌های نخستین [۵] جدا شود [۶]) (به پرسش‌های ۳۰ و ۶۱ نگاه کنید). به نظر می‌رسد این یک مورد کلاسیک از گونه‌زایی دیگرنمایی بوده است. هنگامی که عصر یخبندان باعث تُنک شدن جنگل‌های مرکزی و غربی آفریقا [و تبدیل آن‌ها] به شمار کمی از تکه‌های جنگلی مجزا شد، جمعیت گوناگون گوریل‌ها، در نقاط گوناگون به دام افتادند. در طول مدتی که این تکه‌های جنگلی از هم جدا بودند، جمعیت آن‌ها مسیرهای ژنتیکی کمی ناهم‌گون را دنبال کرده، و از طریق تغییر ژنتیک یا گزینش محلی - اما تنها تأثیرات جزئی بر ظاهر فیزیکی آن‌ها - متمایز شده است.

[۵] در این جمله یک نکته ناروشن وجود دارد: معلوم نیست که منظور نویسنده از "انسان نخستین" چیست.

[۶] منظور نویسنده از آوردن این عبارت روشن نیست. حدس من این است که می‌خواهد بگوید، آن عامل‌های محیطی که باعث تجزیه گونه گوریل به دو گونه شد، باعث تجزیه گونه انسان هم شده است.

این امر هم‌چنین توضیح احتمالی برای فراوانی گونه‌های بوزینه گئنون^(۱) است که اکنون بیش‌تر با هم در یک جنگل مرکزی، در آفریقا زندگی می‌کنند (و بیش‌تر، با هم در گروه‌های چند گونه‌ای هم‌سان، تغذیه می‌کنند). به نظر می‌رسد این میمون‌ها پس از جدایی در پسین‌ترین عصر یخبندان، در تکه‌های جنگلی مجزا، فرگشت یافته‌اند. سرانجام، با تمام شدن عصر یخبندان و اتصال مجدد تکه‌های جنگلی، گونه‌های جدید با یک‌دیگر روبرو شدند، اما اکنون می‌توانند هم‌زیستی کنند، زیرا با یک‌دیگر ناهم‌گونی‌های بسنده دارند، تا کارشان به رقابت با هم نکشد.

ریزگونه‌ها^(۲) [۷]، مواردی که گونه‌ای دارای پیوستاری جغرافیایی است، که از نظر ظاهری پراکندگی دارند، اما از نظر ژنتیکی ناهم‌گونی چندانی ندارند، به راستی کاملاً متداول است. برای مثال می‌توان به قاصدک^(۳) (یک گونه واحد، با حدود ۴۰۰ ریزگونه) و تمشک^(۴) (با ۲۰۰ ریزگونه) اشاره کرد. نمونه‌های جانوری شامل پروانه‌های هلیکونیوس و قورباغه‌های درختی هیپسی‌بواس^(۵) و شاید پنج (یا شش) گونه بابون، که پیش از این با آن‌ها آشنا شدیم، می‌شود. بسیاری از این‌ها ممکن است جمعیتی در مراحل گونه‌زایی باشند (اگر به حال خود رها شوند، در نهایت [ممکن است] گونه‌های واقعی جدیدی را تشکیل دهند). و این شاید ما را به یاد یک درس مهم بیاندازد: آن‌چه

(۱) Guenon.

(۲) Microspecies.

(۳) Dandelion.

(۴) Blackberry.

(۵) Hypsiboas.

که اکنون در زیستار می‌بینیم، فقط تصویری از یک روند پویا، از دودمان‌های گوناگون در مراحل گوناگون تاریخ فرگشتی آن‌ها است.

[۷] آن چه در این جا ریزگونه نامیده شده، چند نام دیگر هم دارد.

پرسش ۴۵ - چرا گونه‌ها، گونه‌مرگ می‌شوند؟

گونه‌ها و جمعیت‌های منفرد، به این دلیل کاملاً روشن که نوزادان کافی برای جبران میزان مرگ و میر افراد تولید نمی‌کنند، گونه‌مرگ می‌شوند. بنابراین، سوال اساسی این است: چرا بزرگسالان به این سرعت می‌میرند؟

دلیل اصلی^[۱] افزایش ناگهانی میزان مرگ و میر، تغییرهای آب و هوایی است - یا پی‌آمد آن، تغییر در شرایط پوشش گیاهی محلی، یا دسترسی به طعمه است. اکثر گونه‌ها با شرایط خاص محیطی، سازگار می‌شوند، و اگر این شرایط، سریع‌تر از آن‌چه جمعیت می‌تواند آن‌ها را دنبال کند، تغییر کنند، گونه‌مرگی آغاز خواهد شد. برای مثال، بابون‌های گلادا^[۲] ^(۱) سرده گسترده‌ای بودند که تا نیم میلیون سال پیش در سراسر زیست‌گاه‌های مرتعی جنوب صحرای آفریقا، و جنوب اروپا، و در آسیا تا شرق هند، یافت می‌شدند. سپس آن‌ها ناگهان ناپدید شدند و تنها یک گونه بازمانده^۲ بومی، در ارتفاعات شمال و مرکز اتیوپی، باقی ماند. بابون‌های گلادا، از نظر علف‌خور بودن، در بین نخستین‌سانان غیرعادی هستند، و با علف‌های نرم از نوع کوهستانی، که پیش‌تر در ارتفاعات بسیار پایین گسترده بودند، سازگار شده‌اند. به نظر می‌رسد این امر نتیجه^۳ تغییر اقلیم بوده است، که در حدود دو میلیون سال پیش، با خشک شدن شدید اقلیم شروع شد، و منجر به انتقال این کمربند علف‌زار به ارتفاعات سردتر، و جای‌گزینی آن در ارتفاعات پایین‌تر، با علف‌های گیاسنگ^(۲)، که در حال حاضر مشخصه دشت‌های بی‌درخت^(۳) آفریقا است، شد. بابون‌های گلادا نمی‌توانند با این علف‌های سفت و گیاسنگی کنار بیایند، و نمی‌توانند در زیست‌گاه‌های در ارتفاع پایین‌تر، با سرعت بسنده حرکت کنند، تا توزیع جغرافیایی زیست‌گاه ترجیحی خود را دنبال کنند^[۳]. این باعث مرگ آن‌ها شد.

[۱] دقت کنید که نوشته شده بود "دلیل اصلی" (و نه "تنها دلیل").

[۲] تصویری از بابون گلادا.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66006280>

^(۱) Gelada baboon.

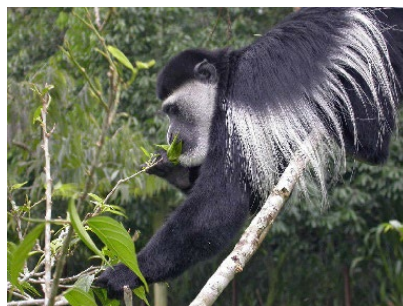
^(۲) Silicated grass.

^(۳) Savannah.

[۳] در این جا، منظور از حرکت با سرعت بسنده، حرکت یک جانور نیست، بلکه حرکت یک جمعیت، در جا به جا شدن، در زیست گاه مورد نظر آن جمعیت، است.

این مثال یکی از عامل‌هایی [را که] احتمال در برابر گونه‌مرگی قرار گرفتن را بیش‌تر می‌کند، یعنی تخصص رژیم خوراکی را، نشان می‌دهد. به سان یکی از نخستین‌سانان با رژیم خوراکی بسیار بخصوص، بابون‌های گلادا، به ویژه در تیررس خطر بودند. از سوی دیگر، در حالی که جمعیت‌های بابون گلادا در حال از بین رفتن بودند، بابون‌های معمولی که همه‌چیزخوار و از نظر زیست‌محیطی بسیار منعطف بودند، محدوده جغرافیایی خود را به طور قابل ملاحظه‌ای گسترش دادند، و در اکثر مناطق جنوب صحرای آفریقا، جای‌گزین بابون‌های گلادا شدند. یکی از مدل‌های آزمایشی [بررسی] اثرات گرمایش اقلیمی بر آینده جمعیت‌های نخستین‌سانان، نشان داد که گونه‌های برگ‌خوار^{۱} (آن‌هایی که مانند بوزینه‌های بسیار زیبای کولوبوس^{۲} [۴] آفریقایی، در برگ‌خواری تخصص دارند و کم‌تر میوه می‌خورند) برای زنده ماندن تلاش می‌کنند، در حالی که همه‌چیزخوارانی^{۳} که بیش‌تر میوه می‌خورند، به طور کلی، وضع به‌تری دارند. مشکل برگ‌خواران این است که خوردن برگ‌ها یک کار زمان‌گیر است (باید مانند آن چه گاو و گوسفند انجام می‌دهند، زمان بیش‌تری را برای تخمیر و هضم خوراک اختصاص داد)، و زمان چیزی است که اکثر گونه‌ها ندارند. در واقع، این فشارهای زمانی است که بیش‌تر، توانایی جانوران برای زنده ماندن در زیست‌گاه‌های ضعیف را مختل می‌کند، نه کم‌بود خوراک (به پرسش ۸۴ نگاه کنید).

[۴] گویا نام رسمی بوزینه کولوبوس در فارسی "شست‌بریده سیاه و سفید" است! تصویری از این بوزینه در زیر می‌آید.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=112549>

یکی دیگر از عامل‌های مهم خطر، اندازه بزرگ بدن است. بزرگ‌تر شدن، یک راه‌برد موثر بر علیه شکارگران است، زیرا شمار گونه‌های شکارگری را که می‌توانند [جان‌دار بزرگ] را بخورند، کاهش می‌دهد. با این حال، رشد دادن بدن بزرگ‌تر، به زمان بیش‌تری نیاز دارد (عمدتاً به این دلیل که یاخته‌ها با سرعت ثابت تقسیم می‌شوند و بدن بزرگ‌تر که از یاخته‌های بیش‌تری تشکیل شده است، نیاز به تقسیم یاخته‌ای بیش‌تری دارد). این بدان معنا است که رشد کندتر است، و فاصله بین فرزندآوری‌های پشت سر هم، بیش‌تر است، که به نوبه خود به معنای فرزندآوری کم‌تر در طول زندگی است. بنابراین جانوران بزرگ در مواقعی که یک فاجعه زیست محیطی باعث مرگ و

^{۱} Folivore.

^{۲} Colobus.

^{۳} Omnivore.

میر بسیاری می‌شود، دیرتر واکنش نشان می‌دهند و در نتیجه، پیش از این‌که جمعیت برای بازیابی، زمان بسنده پیدا کند، در تیررس گونه‌مرگی [موضعی/] محلی قرار می‌گیرند.

از آن جایی که دودمان‌ها در طول یک جنگ فزاینده با شکارگران، بزرگ‌تر می‌شوند (هم‌چنین به پرسش ۵۱ نگاه کنید)، بیشتر به سمت یک تنگه فرگشتی رانده می‌شوند، که فرار از آن دشوار است. کوتوله‌گرایی ^{۱} (کوچک‌تر شدن) رخ می‌دهد، اما نسبتاً بسیار نادر است (برای مثال انسان‌های نخستین کوتوله یک متری، معروف به هابیت ^{۲} [۵]، که تا ۲۰ هزار سال پیش در جزیره فلورس اندونزی، که گونه‌ای شکارگر در آن نبود، زندگی می‌کردند).

[۵] این هم یک نام‌گذاری نابخردانه دیگر!

کوچک بودن اندازه جمعیت یکی دیگر از عامل‌های خطر است. جمعیت‌های کوچک از قابلیت انعطاف‌پذیری کم‌تری برخوردارند ^[۶] زیرا ظرفیت اضافی برای جذب سطوح بالای ناگهانی مرگ و میر (برای مثال، به دلیل سیل، فوران آتش‌فشان یا بیماری) را ندارند. اگر جمعیت‌های کوچک نیز از یک‌دیگر جدا باشند (برای مثال، در قله‌های گوناگون کوه‌ها)، خطر گونه‌مرگی بسیار بیش‌تر است، زیرا جمعیت‌های هم‌سایه نمی‌توانند به راحتی از جدایی عبور کرده، و جای‌گزین یک‌دیگر شوند. این امر احتمالاً مسئول تسریع گونه‌مرگی جمعیت گیبون‌ها ^{۳} [۷] بود، که تا عصر یخبندان کوچک، در اوایل قرن هجدهم، در مرکز چین زندگی می‌کردند.

[۶] مهم‌ترین دلیل انعطاف‌پذیری کم‌تر جمعیت‌های کوچک آن است که پراکندگی ژنتیکی کم‌تری دارند. در نتیجه، افراد گوناگون در برابر تغییرهای محیطی، عکس‌العمل یک‌سان نشان می‌دهند.

[۷] گونه‌های گوناگونی از گیبون وجود دارد. در این جا مشخص نیست که نویسنده از کدام گیبون سخن می‌گوید.

برخی از مکان‌ها نیز ممکن است بیش‌تر از دیگر مکان‌ها خطرناک باشند. مناطقی که مستعد آتش‌سوزی هستند (ناشی از صاعقه)، برای جانوران کم‌تحرک که نمی‌توانند از دیواره پیش‌رونده شعله فرار کنند، خطرناک هستند. رودهای ^[۸] بزرگی که به طور پیش‌بینی‌ناپذیری مسیر خود را تغییر می‌دهند (چنان که بسیاری از رودها این کار را می‌کنند) نیز ممکن است مشکل‌ساز باشند، زیرا می‌توانند یک جمعیت کوچک، اما ماندنی، را به دو جمعیت کوچک‌تر (و در نتیجه ناماندنی) تقسیم کنند. مناطقی در غرب اقیانوس اطلس و غرب اقیانوس آرام که توفندهای فصلی ^[۹] دارند نیز زیست‌گاه‌های خطرناکی هستند: جنوب شرقی چین به ویژه در برابر خطر توفند قرار دارد، و در نتیجه در آن جا گونه‌های به نسبت زیادی وجود دارند که وضعیت حفاظتی آن‌ها "تهدید شده" یا بدتر (یعنی بیش‌تر در تیررس گونه‌مرگی) قلمداد می‌شود.

[۸] در فارسی، معمولاً، "رود" و "رودخانه" را یکی می‌دانیم. ولی "رودخانه" در واقعیت، "خانه رود" است!

{1} Dwarfism.

{2} Hobbit.

{3} Gibbon.

[۹] دو واژه "hurricane" و "typhoon" را به توفند فصلی برگردان کردم. در انگلیسی هم این دو واژه یک معنی دارند و فقط محل وقوع آن‌ها فرق می‌کند. "hurricane" در غرب اقیانوس اطلس و "typhoon" در غرب اقیانوس آرام رخ می‌دهد.

پسین‌ترین و البته نه کم‌اهمیت‌ترین عامل، رقابت با گونه‌های دیگر، می‌تواند مهم باشد. یک اصل کلی در بوم‌شناسی این است که گونه‌ها نمی‌توانند در رقابت برای منابع یک‌سان با هم زندگی کنند [۱۰]. سنجاب خاکستری آمریکایی که بزرگ‌تر، تهاجمی‌تر و سازگاری بیش‌تری نسبت به سنجاب قرمز بومی اروپایی دارد، از یک قرن پیش که به جزایر بریتانیا وارد شد، سنجاب بومی را از همه جا، به جز چند محدوده در شمال انگلستان و غرب اسکاتلند، حذف کرده است. در دهه ۱۹۷۰، خارچنگ آمریکایی [۱۱]، توسط دولت انگلستان برای ایجاد یک صنعت کشاورزی جدید در آب‌های شیرین، وارد بریتانیا شد. خارچنگ آمریکایی نهایتاً از مزارع پرورشی فرار کرده و به سرعت در سراسر رودخانه‌ها و کانال‌های بریتانیا پخش شد، و خارچنگ‌های کوچک پنجه سفید بومی را از بین برد، و بیشینه جمعیت بومی را به گونه‌مرگی کشاند. آن‌ها هم‌چنین، سوراخ‌هایی تا عمق دو متری ساحل رودخانه حفر می‌کنند و باعث سقوط ساحل رودخانه می‌شوند.

[۱۰] در پانوش [۸]، پرسش ۱۱ به مفهوم "رنه" (niche) اشاره کردم. آن چه که در این جا از آن به نام "منابع یک‌سان" نام برده شده، همان مفهوم "رنه" است. بنابراین، همین جمله را می‌توان این طور گفت که: دو گونه گوناگون، نمی‌توانند یک "رنه" (niche) داشته باشند.

با این حال، از این نظر، جدی‌ترین عامل خطر [برای دیگر گونه‌ها] گونه خود ما بوده است (به پرسش ۴۸ نگاه کنید). ما در حال حاضر، با تخریب فعال در زیست‌گاه‌ها و شکار بی‌رویه گونه‌های [گوناگون]، مسئول پسین‌ترین گونه‌مرگی گسترده‌ای هستیم، که در تاریخ زندگی روی زمین رخ داده است.

پرسش ۴۶ - چند روی داد گونه‌مرگی جمعی رخ داده است؟

گونه‌ها دائماً در حال مردن هستند [یا به عبارت دیگر، دچار گونه‌مرگی می‌شوند]. آن‌ها توانایی [سازگاری مداوم با] تغییرهای محیط خود را ندارند، یا یک شکارگر یا بیماری تازه پیدا می‌شود، که نمی‌توانند از پس آن بر بیایند. ادامه منظم گونه‌مرگی به ما امکان می‌دهد تا میزان پس‌زمینه‌ای گونه‌مرگی را به دست آوریم، تا به وسیله آن جدی بودن گونه‌مرگی‌هایی را که در حال رخ دادن هستند، داوری کنیم. برآورد می‌شود که این میزان در حدود دو تا پنج خانواده رده‌بندانه [۱۲] (خوشه‌ای از سرده‌های مرتبط) از جانوران دریایی در هر میلیون سال باشد. روی داده‌های گونه‌مرگی جمعی، زمانی رخ می‌دهد که میزان گونه‌مرگی خانواده‌ها به طور چشم‌گیری، نسبت به میزان پس‌زمینه‌ای، افزایش یابند.

در طول سه میلیارد سالی که زندگی پیچیده‌ای [۱۱] روی زمین وجود داشته است، پنج مورد گونه‌مرگی وجود داشته که در آن میزان گونه‌مرگی به طور قابل توجهی از میزان پس‌زمینه فراتر رفته است.

[1] American signal crayfish.

[2] Taxonomic family.

ممکن است موارد دیگری، پیش از فرگشت زندگی چند یاخته‌ای رخ داده باشد، اما تشخیص آن‌ها دشوار است. فقط یکی، روی‌داد اکسیژن‌رسانی بزرگ (به پرسش ۳۲ نگاه کنید)، به طور قطع شناخته شده است. پنج مورد شناخته شده [دیگر]، همه در نیم میلیارد سال گذشته و در حدود ۴۵۰، ۳۷۰، ۲۵۲، ۲۰۱ و ۶۶ میلیون سال پیش رخ داده‌اند. هر کدام [از این تاریخ‌ها] مرز بین دو دوران اصلی زمین‌شناسی را مشخص می‌کند، و بنابراین هر کدام از آن‌ها با [نام] دوران‌هایی که جدا می‌کنند، نام‌گذاری می‌شود. به نظر می‌رسد در حال حاضر در چنگال ششمین روی‌داد گونه‌مرگی هستیم.

[۱] تکرار می‌کنم که معنی و مفهوم "پیچیده"، و آنچه که مورد نظر نویسنده است، روشن نیست. تاریخ حیات روی زمین بیش از سه میلیارد سال است، و به ۳.۸ میلیارد سال پیش (و شاید ۴.۲ میلیارد سال پیش) برسد. اما تا حدود ۵۰۰ میلیون سال پیش، موجوداتی که اندام‌ها مختلف تخصصی داشته باشند، و تنوع یاخته‌ای که برای اندام‌ها لازم است، وجود نداشتند. به عبارت دیگر، موجودات از ۳.۸ (یا ۴.۲) میلیارد سال پیش تا ۵۰۰ میلیون سال پیش، صاف و ساده بودند و پیچ و واپیچ نداشتند!

اولین مورد، روی‌داد اردوویسین-سیلورین^(۱) در حدود ۴۵۰ میلیون سال پیش، واقعاً مجموعه‌ای از روی‌دادهای گونه‌مرگی است و عمدتاً مجموعه‌های دریایی را زیر تأثیر قرار داده است. تقریباً یک سوم از خانواده بازوپایان^(۲) (که زمانی خانواده‌ای گسترده از صدف‌ها بودند) و خانواده خزەزیان^(۳) و بسیاری از سه‌بندیان^(۴) (تریلوبیت، یکی از اولین گروه‌های بندپایان، که در زمانی بسیار دور گونه‌مرگ شدند)، مخروط دندان‌ها^(۵) (یک گروه گونه‌مرگ شده از مارماهی-مانند بسیار کوچک و دندان‌دار) و مرجان‌ها. در این روی‌داد، حدود ۵۰٪ تا ۶۰٪ از همه سرده‌های دریایی و حدود ۸۵٪ درصد از همه گونه‌ها ناپدید شدند. تصور می‌شود که این امر به دلیل سرد شدن چشم‌گیر [زمین] رخ داده است، که در پایان دوران اردوویسین رخ داد، و منجر به یخ‌بندان بزرگی شد (حتی صحرای آفریقا^(۶) در آن زمان یخ زده بود!). این منجر به سقوط چشمگیر سطح دریا شد که تمام فلات‌های قاره‌ای^(۷) را نمایان کرد و در نتیجه باعث بالا رفتن زهرناکی [آب دریاها] در بازمانده محیط‌های دریایی شد. علت‌های احتمالی سرد شدن زمین شامل انفجار اشعه گاما از یک کلان‌نواخت^(۸) (فروگفت گرانشی یک ستاره به سیه‌چاله) است که تقریباً در آن زمان در فاصله ۶۰۰۰ سال نوری دورتر از کهکشان راه شیری، رخ داده است [۵] [۶]. یک انفجار ۱۰ ثانیه‌ای پرتو گاما، نیمی از لایه اُوزن جو زمین را از بین می‌برد و زندگی سطح زمین را در برابر تابش شدید پرتو فرابنفش قرار می‌دهد. احتمال دیگر، افزایش فعالیت‌های آتشفشانی در آن زمان است که با پر کردن جو از غبار، و جلوگیری از رسیدن نور خورشید به زمین، زمین را سرد می‌کند.

[۲] واژه trilobite در فارسی به "بندپایان خرچنگی" برگردان شده است. من "سه بندیان" را بیشتر می‌پسندم.

(۱) Ordovician-Silurian.

(۲) Brachiopod.

(۳) Bryozoan.

(۴) Conodont.

(۵) Continental shelf.

(۶) Hypernova.

[۳] با توجه به این که قاره‌ها حرکت می‌کنند، ممکن است که در ۴۵۰ میلیون سال پیش، "صحرای آفریقا" در منطقه استوایی نبوده باشد!

[۴] به نظرم آمد که برای "continental shelf" واژه "فلات قاره" رایج‌تر است، بنابراین آن را استفاده کردم. در فارسی برای "continental shelf"، "ایوان خشکی" هم به کار می‌رود. دیده‌ام که برای "قاره" از واژه "خشکاد" هم استفاده شده است! شاید واژه "ایوان خشکادی" یا "خشکادایوان" را هم بتوان در ذهن داشت!

[۵] عدد ۶۰۰۰ سال نوری، برای یک پدیده خارج از کهکشان راه شیری، باید اشتباه باشد! اندازه کهکشان راه شیری حدود ۱۰۰،۰۰۰ سال نوری است و فاصله کهکشان‌ها از یک دیگر بسیار بیشتر از ۱۰۰،۰۰۰ سال نوری است. از آنجائیکه نویسنده منبع خود را ذکر نکرده است، می‌توان حدس زد که منظور او پدیده‌ای در خود کهکشان راه شیری باشد.

[۶] این جمله به چند توضیح کوچک نیاز دارد. "nova" را "نواختر" گرفتم، که "supernova" را "ابرنواختر" بگویم، و سپس "hypernova" را که یک ابرنواختر بسیار قوی است "کلان‌نواختر" بگویم. سیه‌چاله که همان "black hole" است. واژه "collapse" را می‌شود "فروپاشی" گرفت. اما از آن جایی که یک ستاره باید "implosion" کند تا به نواختر تبدیل شود، به جای "فروپاشی" از "فروگفت" استفاده کردم ("درون‌ریزی" هم می‌توانستم بگویم). دست آخر این که نویسنده، ربط "کلان‌نواختر" به سرد شدن زمین را معلوم نکرده است. حیدری ملایری "hypernova" را "هیپر نووا" یا "هیپر نواختر" خوانده است.

روی‌داد دوران دونین پایانی ^{۱} (۳۷۰ میلیون سال پیش) فقط بر زندگی دریایی تأثیر گذاشت و شامل دو موج اصلی گونه‌مرگی بود که اولین مورد به تنهایی ۱۹٪ از تمام خانواده‌ها و ۵۰٪ درصد از همه سرده‌ها را گونه‌مرگ کرد. دوران دونین دوره‌ای از ساخت بسیار گسترده صخره‌های مرجانی است و تقریباً همه آن‌ها از بین رفتند. دلیل‌های آن مشخص نیست، اما احتمالاً تغییرهای سطح دریا (شاید به دلیل یخبندان مجدد)، و کاهش سطح اکسیژن در اقیانوس‌ها، در آن تأثیر داشته است. برخورد یک شهاب دنباله دار ^{۲} [۷]، که حلقه سیلیان ^{۳} در سوئد (با قطر ۵۲ کیلومتر)، به سان محل احتمالی برخورد پیش‌نهاد شده، می‌تواند عامل شروع این روند [در دوران دونین] باشد.

[۷] واژه "comet" را در فارسی "ستاره دنباله‌دار" می‌گویند. اما از آن جایی که "comet" یک گلوله بزرگ سنگ و یخ است، ترجیح می‌دهم به آن شهاب دنباله دار بگویم! در ضمن، یخ‌های یک شهاب دنباله‌دار، در نزدیکی خورشید یا هنگام ورود به جو زمین، به احتمال زیاد ذوب شده و شهاب دنباله‌دار به شمار بسیار زیادی قطعات کوچک تقسیم می‌شود. در نتیجه، یک شهاب دنباله‌دار اثر تخریبی کم‌تری، نسبت به یک سیارک هم اندازه، دارد. در ادامه باز هم به موضوع شهاب دنباله‌دار و فرق آن با سیارک برمی‌گردیم.

روی‌داد دوران پرمین پایانی ^{۴} (۲۵۲ میلیون سال پیش)، که به "مرگ بزرگ" نیز معروف است، بزرگترین روی‌داد گونه‌مرگی زمین بود. برآورد می‌شود که در این روی‌داد ۹۶٪ از کل زندگی دریایی و ۷۰٪ از همه گونه‌های مهره‌داران خشکی از بین رفته‌اند. این تنها گونه‌مرگی شناخته شده جمعی است که حشرات را به طور جدی زیر تأثیر قرار داده است. [در این روی‌داد] به ویژه، گونه‌های با پوسته کربنات کلسیم، زیر تأثیر قرار گرفتند. به‌بود پراکنش زیستی زیستگاه‌های خشکی حدود ۱۰ میلیون سال طول کشید. الگوی [مشاهده شده در این دوران] قویاً گونه‌مرگی ناشی از کمبود

{1} Late Devonian.

{2} Comet.

{3} Siljan ring.

{4} End Permian.

اکسیژن^{۱} را نشان می‌دهد. برخی نشانه‌ها (کوارتزهای زیر فشار، قطعات شهاب سنگ و فولرین^{۲}) (گوله‌های کربنی بسیار کوچک)، حاوی گازهای نادر^{۳} [۸]، که فقط در جاهای دیگر جهان وجود دارند) نشان می‌دهد که ممکن است یک شهاب دنباله‌دار مسئول این روی‌داد باشد.

[۸] تا آن جا که به یاد دارم واژه "noble gases" را در فارسی "گازهای نادر" می‌گفتند. اما، گویا به آن‌ها "گازهای بی‌اثر" یا "گازهای نجیب" هم می‌گویند.

به نظر می‌رسد برخورد شهاب دنباله‌دار در یکی از اقیانوس‌ها صورت گرفته باشد، اما نشانه‌های مربوط به دهانه‌ای در کف دریا، به احتمال زیاد از بین رفته است، زیرا کف دریا هر ۲۰۰ میلیون سال به طور کامل با فرورانش^{۴} جای‌گزین می‌شود (به روشی که صفحه‌های تکتونیکی^{۵} [۹] در بستر اقیانوس‌ها روی یک‌دیگر می‌لغزند). یکی از مکان‌های احتمالی [برخورد] در گوشه شمال شرقی استرالیا و دیگری در زیر یخ قطب جنوب قرار دارد. دهانه‌های بسیار بزرگی (به عرض ۲۵۰ کیلومتر و ۴۸۰ کیلومتر) در آن دو مکان وجود دارند که توسط حلقه‌ای از کوه‌های بسیار بلند، در زیر دریا، شکل گرفته‌اند. مانند برخورد شهاب دنباله‌داری که منجر به گونه‌مرگی دایناسورها شد [۱۰] (به پرسش ۴۷ نگاه کنید)، این دوران نیز با آتش‌فشان‌های گسترده در سوی دیگر [کره] زمین (در این مورد، پلکان‌های سیبری^{۶}) همراه است [۱۱]. به طور نامعمول، به نظر می‌رسد که حدود ۲۰٪ از ریزش گدازه سیبری، آذرآواری^{۷} بوده (ذرات معلق خاکستر و اسید که به بالای جو پرتاب شده‌اند) و این امر به میزان قابل توجهی به اثر زمستانی هسته‌ای^{۸} [۱۲] ناشی از برخورد شهاب دنباله‌دار می‌افزاید.

[۹] نویسنده در این جا نوشته است "tectonic plates". آن چیزی که معمولاً به کار می‌رود "plate tectonics" است. یعنی او دو کلمه را، بر عکس نوشته است. حیدری ملایری "tectonics" را "سازانیک" می‌گوید.

[۱۰] نویسنده در این جا، تصور کرده که یک شهاب دنباله‌دار (comet) باعث نابودی دایناسورها شده است. آن چه که من در منابع دیده‌ام آن است که یک سیارک (asteroid) باعث این روی‌داد شده است.

[۱۱] نویسنده این جمله را طوری نوشته که ممکن است این بدفهمی را به وجود بیاورد که برخورد شهاب دنباله‌دار (یا سیارک) باعث فعالیت‌های آتش‌فشانی شده باشد. نشانه‌های چنین ارتباطی ناپسند است.

[۱۲] "زمستان هسته‌ای"، یک تشبیه لوس است! واژه‌ای که به طور معمول به کار می‌رود "زمستان برخوردی" (impact winter) است.

^{1} Hypoxia.

^{2} Fullerene.

^{3} Noble gases.

^{4} Subduction.

^{5} Plate tectonics.

^{6} Siberian traps.

^{7} Pyroclastic.

^{8} Nuclear winter.

روی داد تریاس-ژوراسیک ^{1} (۲۰۱ میلیون سال پیش)، در یک دوره کوتاه‌تر از ۱۰ هزار سال، منجر به گونه‌مرگی یک گروه کامل از جان‌داران دریایی ([مخروط دندنان](#))، ۲۵٪ تا ۳۰٪ از همهٔ سرده‌های دریایی و ۴۲٪ از همه سرده‌های چهارپایان خشکی ^{2} شد. همچنین، یادآوران ^{3} [۱۳] گرده‌های فسیلی نشان می‌دهد که در این روی داد حدود ۶۰٪ تنوع گیاهی از بین رفته است. محتمل‌ترین توضیح در این مورد، یک دوره فعالیت آتش‌فشانی شدید است: بخش ماگمایی آتلانتیک مرکزی (منطقه عظیم خروج آتش‌فشان در وسط اقیانوس اطلس) دقیقاً در این زمان رخ داده است. این بزرگ‌ترین بیرون‌اندازی جریان گدازه بازالت ^{4} در کره زمین است و ممکن است مسئول تجزیه ابرقاره پنگه‌آ ^{5} باشد. این امر می‌تواند مقادیر بسیار زیادی دی‌اکسید کربن و دی‌اکسید گوگرد را در جو زمین آزاد کرده و باعث گرم شدن اقلیمی شود.

[۱۳] من در برگردانی واژه "record" مشکل دارم. در فارسی برابرهایی زیادی برای آن وجود دارد (ضبط، ثبت، پیشینه، مدرک، یادداشت، سابقه، ...). حتی دیده‌ام که "رکورد" هم استفاده می‌شود. اما، به نظر، واژه خودساختهٔ "یادآوران" به‌تر است!

[\[اکنون فقط شرح\]](#) پنجمین گونه‌مرگی مانده است، [\[و\]](#) آن گونه‌مرگی است که با ناپدید شدن دایناسورها مرتبط است.

پرسش ۴۷ - آیا واقعاً دایناسورها گونه‌مرگ شده‌اند؟

دایناسورها در طول حدود ۳۰۰ میلیون سال (عصر خزندگان) فراوان‌ترین ریخت‌ زندگی بر روی کره زمین بودند. سپس، ناگهان در حدود ۶۶ میلیون سال پیش، همه ناپدید شدند و پستان‌داران جای‌گزین آن‌ها شدند. به طور ناگهانی، البته، یک عبارت نسبی است. این امر محققاً در یک شب رخ نداد، بلکه آن‌ها به آهستگی، در طی چند ده‌هزار سال ناپدید شدند. دلیل گونه‌مرگی آن‌ها یکی از معماهای نمادین دانش زمین‌شناسی در طول یک قرن بود.

سپس در حدود سال ۱۹۸۰، تیم زمین‌شناسی یک پدر و پسر، لوئیس و والتر آلوارز ^{6}، متوجه شدند که دقیقاً در این تاریخ در سراسر جهان یک لایهٔ نازک زمین‌شناسی تیره‌رنگ وجود دارد. این لایهٔ نازک (که در بیشینهٔ جاها حتی به ضخامت چند سانتی‌متر [\[یا کمتر\]](#) هم نمی‌رسید) دارای سطوح غیرعادی زیادی از ایریدیوم ^{7} بود، عنصری شیمیایی که در زمین بسیار نادر است اما در سیارک‌ها فراوان است. این لایه همچنین، پر از کوارتز زیر فشار، و ذرات کروی ریز از سنگ مذاب متبلور، از نوعی که ناشی از برخورد شهاب دنباله‌دار ^[۱] باشد، بود. آن‌ها پیش‌نهاد کردند که گونه‌مرگی دایناسورها در اثر برخورد یک شهاب دنباله‌دار یا سیارک بزرگ رخ داده است. این دوره،

^{1} Triassic-Jurassic.

^{2} Terrestrial tetrapod.

^{3} Record.

^{4} Basalt.

^{5} Pangaea.

^{6} Luis and Walter Alvarez.

^{7} Iridium.

همچنین با فعالیت‌های آتش‌فشانی گسترده همراه است، به ویژه در پلکان‌های دِکن^[۱] (منطقه‌ای از سیل گدازه به ضخامت ۲۰۰۰ متر با حجم کل یک میلیون کیلومتر مکعب در هند - تقریباً مانند آن که امواج ضربه‌ای برخورد، در سراسر کره زمین طنین‌انداز شده و در سوی دیگر مانند طغیان آتش‌فشانی، پدیدار شده است^[۲]). گازهای سمی (به ویژه دی‌اکسید گوگرد) و خاکستر آزاد شده توسط آتش‌فشان، به میزان قابل توجهی به اثر گل‌خانه‌ای تولید شده توسط گازها، و پرتوهای گرمایی ناشی از برخورد شهاب دنباله‌دار در آن سوی جهان، افزوده است.

[۱] نویسنده در این جمله‌ها، یک در میان از "شهاب دنباله‌دار" و "سیارک" استفاده می‌کند، در حالی که این دو، از نظر ساختار و اثر بسیار ناهم‌گون هستند.

[۲] تکرار می‌کنم: نشانه‌های چنین ارتباطی ناپسند است.

دلیل قاطع [برای برخورد سیارک]، کشف دهانه‌ای با ۱۵۰ کیلومتر [طول] و ۲۰ کیلومتر [عرض] است که در چیخولوب^[۳] در جنوب غربی [دریای] کارائیب، با شبه‌جزیره یوکاتان^[۴] مکزیک در بخش جنوبی آن، شکل گرفته است. برآورد شده است که این سیارک باید حداقل ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر قطر داشته باشد. نشانه‌های مربوط به بستر سونامی در امتداد ساحل مکزیک و تا تگزاس، و همچنین عمق بسیار بیش‌تر لایه خاکستر (تا ضخامت یک متر، که نزدیکی به محل برخورد را نشان می‌دهد)، [ما را] به این نتیجه رسانده است. اصطکاک ایجاد شده توسط چنین جسم بزرگی در جو زمین، باعث آتش گرفتن جو شد و خود برخورد نیز مقدار زیادی خرده‌سنگ را به بالای جو پرتاب کرد. نشانه‌های فسیلی از مرگ و دفن فوری جانوران در فاصله ۵۰۰۰ کیلومتری وجود دارد. ابر گرد و غبار حاصل از آن، خورشید را در سراسر زمین پنهان کرده و زمین را در تاریکی فرو برد و بخش اعظم زمین را حداقل برای یک دهه با خاکستر پوشاند. فتوسنتز ناممکن بود و نشانه‌هایی مبنی بر انقراض ۷۵٪ از تمام گونه‌های گیاهی آمریکای شمالی وجود دارد. وانگهی نشانه‌هایی از احتمال زنجیره‌ای از دهانه‌های کوچک‌تر در نیم‌کره غربی در همان عرض جغرافیایی وجود دارد، که نشان می‌دهد ممکن است جسمی بسیار بزرگ‌تر هنگام ورود به جو زمین چند تکه شده باشد. اگر چنین باشد، این امر، به سادگی، به تشدید اثرات [برخورد] می‌انجامد^[۳].

[۳] در این برگردانی، من وسواسی برای هم‌آهنگ کردن فعل‌های به کار رفته نداشتم. در بعضی جاها، مثل این بند، تداخل "زمانی" برگردانی را زمخت‌تر از آنچه من می‌خواستم، کرده است.

همه جان‌دارانی که از پوشش گیاهی تغذیه می‌کردند به سرعت از گرسنگی می‌مردند و به دنبال آن گونه‌های گوشت‌خواری که گیاه‌خواران را می‌خوردند، [از بین می‌رفتند]. برآورد شده است که ۷۵٪ یا بیشتر از همه گونه‌ها گونه‌مرگ شدند. کل گروه‌هایی از گونه‌های موفق پیشین از بین رفتند، از جمله دایناسورها، پلسیوسورها^[۴] (دایناسورهای دریایی)، مارمولک‌های^[۵] دریایی غول

[۱] Deccan traps.

[۲] Chicxulub.

[۳] Yucatán peninsula.

[۴] Plesiosaur.

[۵] Lizard.

پیکر و آمونیت‌ها^{۱} (خانواده‌ای از نرم‌تنان^{۲} غول‌پیکر، خویشاوند اختاپوس، که صدف‌های پیچ خورده آن‌ها می‌تواند به بزرگی ۲ متر باشد - که امروزه، مانند آثار هنری تزئینی بسیار گران‌قیمت، برش داده شده و صیقل داده می‌شوند). هفت خانواده از ۴۱ خانواده کوسه، و دیگر ماهیان غضروفی، در این زمان از بین رفتند. گونه‌هایی که زنده ماندند عمدتاً همه‌چیزخوار، حشره‌خوار^{۳} و مردارخوار^{۴} بودند و اندازه آن‌ها کوچک بود. تنها گونه‌های خزنده‌ای که زنده ماندند گونه‌هایی با وزن کمتر از ۲۵ کیلوگرم بودند (برای مثال، لاک‌پشت‌ها، تمساح‌های کوچک و مارها).

با این حال، یک گروه از دایناسورهای کوچک زنده ماندند: آن‌ها پیشینیان پرندگان امروزی بودند. بنابراین، به یک معنا، دایناسورها هرگز گونه‌مرگ نشدند. برخی از آن‌ها خوش‌بختانه هنوز با ما هستند! هنگامی که آب و هوا دوباره آرام شد، پرندگان به همراه پستان‌داران کوچکی که زنده مانده بودند، گسترش چشم‌گیری پیدا کردند تا اکثر گروه‌های اصلی را، که امروزه با آن‌ها آشنا هستیم، تولید کنند. با این حال، پستان‌داران تا حدود ۱۸۵ هزار سال پس از برخورد، حضور قابل توجهی در یادآوران فسیلی^{۵} ندارند^[۴].

[۴] اولین پستان‌داران احتمالاً حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش به وجود آمدند. اما، هم از نظر اندازه بدن کوچک بودند و هم پراکندگی کمی داشتند. وقتی حدود ۶۶ میلیون سال پیش، جانوران دیگری که در راس هرم خوراکی قرار داشتند، از بین رفتند، رخنه‌های (niche) باز مانده از آن‌ها به سرعت توسط پستان‌داران اشغال شد. به عبارت دیگر "پستان‌داران پیشرفته (!)" حدود ۱۳۵ میلیون سال زیر دست و پای "خزندگان واپس مانده (!)" به زندگی حقیر خود ادامه دادند!

پرسش ۴۸ - آیا انسان‌ها تا به حال مسئول گونه مرگی بوده‌اند؟

تا چند هزار سال پیش، جمعیت بشر آن‌قدر کوچک و پراکنده بود که تنها آسیبی کوچک به زیست‌گاه‌ها و جان‌داران وحشی^{۶} آن‌ها وارد می‌کرد. جمع شدن شمار زیادی از مردم در مراکز شهری، که از دوره نوسنگی شروع شد، حتماً با قطع درختان برای مصالح ساختمانی و سوخت، فشاری بر محیط محلی وارد می‌آورد، و مزارع برای تأمین خوراک، برای حفظ جمعیت بسیار متمرکز، به طور شدیدتری زیر فشار زراعت قرار می‌گرفت، که به ناچار منجر به فرسایش و بیابان‌زایی می‌شد. شهر عکا^{۷} در سواحل مدیترانه‌ای اسرائیل کنونی (منطقه‌ای که جنگ‌جویان صلیبی به آن اکره^{۸} می‌گفتند) به مدت ۶۰۰۰ سال مدام مسکونی بوده است. یادآوران باستان‌شناسانه این محل جزئیات تأثیر شگرفی را که شهرنشینی بر محیط محلی داشته است، نشان می‌دهد، که چشم‌انداز آن را برای همیشه، از یک جنگل متراکم، به یک منطقه خشک کم بارور، تغییر داد. به طور مشابه، جزیره ایستر^{۹}، در جنوب شرقی اقیانوس آرام، هنگامی که برای اولین بار در حدود

{1} Ammonite.

{2} Mollusk.

{3} Insectivore.

{4} Carrion eater.

{5} Fossil record.

{6} Wildlife.

{7} Akko.

{8} Acre.

{9} Easter Island.

سال ۱۲۰۰ پیش از میلاد، یا احتمالاً کمی زودتر، توسط ساکنان پولینزی^{۱} اشغال شد، دارای جنگل‌های متراکم بود. اما تا سال ۱۷۲۲، که نخستین اروپایی‌ها به آن جا وارد شدند، این جزیره به طور کامل جنگل‌زدایی شده بود و جامعه‌ایی که زمانی از نظر اقتصادی و اجتماعی مرفه بود، به قحطی و جنگ داخلی فروپاشیده بود.

به نظر می‌رسد که این یک امر عادی است که ورود انسان‌های مدرن به فروپاشی مجموعه جانوران محلی، حتی در غیاب شهرنشینی، منجر شده است. این امر بیش‌ترین آسیب را به گونه‌های غول‌پیکر (کلان‌جانورپوش^{۲} [۱]) وارد کرده است (به دلیل‌هایی که در پرسش ۴۶ مورد بحث قرار گرفته است). دو نمونه شناخته شده، گونه‌مرگی کلان‌جانورپوش کیسه‌دار^{۳} استرالیایی بلافاصله پس از ورود بومیان استرالیا به آن قاره (حدود ۴۰ هزار سال پیش) و ناپدید شدن کلان‌جانورپوش آمریکای شمالی، بلافاصله پس از ورود اولین موج بومیان آمریکایی در حدود ۱۲۷۰۰ سال پیش می‌باشد (که ۹۰ سرده از گونه‌های گوناگون با وزن بیش از ۴۵ کیلوگرم ناگهان ناپدید شدند، از جمله تنبل غول‌پیکر^{۴}، خرس‌های کوتاه صورت، تپیر^{۵}، گراز بدبو^{۶}، شیر آمریکایی، گربه دندان‌دار^{۷}، لاما^{۸}، شتر، انواع گوناگون غزال^{۹} [۲] بزرگ و گوزن، اسب^{۱۰}، ماموت، مستودون^{۱۱}، آرمادیلو غول‌پیکر^{۱۲} و سگ آبی غول‌پیکر^{۱۲}). به نظر می‌رسد هر دو مورد، [نتیجه‌ی] شکار بی‌رویه [توسط] انسان‌ها است، به این ترتیب که گونه‌های بزرگ و کند، هیچ گونه دفاعی در برابر شکارچی متحرک با سلاح نداشتند، و از مقاومتِ بسنده برای بازآوری سریع، برای جبران سرعت کشتار، برخوردار نبودند.

[۱] در پانوش [۴]، پرسش ۳۶ واژه "جانورپوش" را برای "fauna" پیشنهاد کرده بودم. در این جا، "megafauna" برای جانوران غول‌پیکر، مانند فیل، استفاده شده است. بنابراین به نظر می‌رسد "کلان‌جانورپوش" برابر نهاد خوبی برای "megafauna" است.

[۲] واژه "antelope" در واژه نامه‌ها بیش‌تر به "بز کوهی" یا "بز شاخ‌دراز" برگردان شده. هر جایی که این واژه به صورت منفرد به کار رفته، من آن را به "غزال" برگردان کرده‌ام، ولی در جاهایی که به صورت جمع به کار رفته، آن را به "آهوان" برگرداندم.

[۳] من خیلی اطمینان ندارم که از بین رفتن اسب در قاره آمریکا، ناشی از حضور انسان بوده باشد! حداقل یک بار پیش از مهاجرت انسان به قاره آمریکا، اسب از آن قاره رخت بر بسته بوده است. به هرروی، وقتی اروپایی‌ها در پایان قرن ۱۵ و آغاز قرن ۱۶ به قاره آمریکا رسیدند، اسبی در آن جا وجود نداشت.

{1} Polynesia.

{2} Megafauna.

{3} Marsupial.

{4} Giant sloth.

{5} Tapir.

{6} Peccary.

{7} Saber-toothed cat.

{8} Llama.

{9} Antelope.

{10} Mastodon.

{11} Giant armadillo.

{12} Giant beaver.

موارد دیگر شامل گونه‌های منفرد، در بسیاری از موارد در جزایر منفرد است، که توسط انسان‌ها، یا از طریق شکار بیش از حد، یا از طریق وارد کردن عمدی یا تصادفی گونه‌های آفتی ^{1}، رانده شده‌اند. از معروف‌ترین نمونه‌ها می‌توان به دودو ^{2} (پرنده بزرگی که نمی‌توانست پرواز کند و فقط در جزیره موریس در اقیانوس هند یافت می‌شد: این پرنده در دهه 1660 تا حد گونه‌مرگی شکار شد) و کبوتر مسافر (زمانی فراوان‌ترین پرنده در آمریکای شمالی بود، که در سال 1901 با شکار، گونه‌مرگ شد) نام برد. تا دهه 1850، ده‌ها میلیون گاومیش آمریکای شمالی در گله‌های عظیم در دشت‌های غرب میانه **[آمریکای شمالی]** گردش می‌کردند، اما مهاجران **[اروپایی]** در طول قرن نوزدهم حدود ۵۰ میلیون راس از این جانور را کشتند تا این‌که شمار انگشت‌شماری باز مانده بود، و این گونه در آستانه گونه‌مرگی قرار گرفت.

فرار موش‌ها از کشتی‌ها به جزایر دورافتاده مشکل خاصی بوده است، مخصوصاً برای پرندگانی که روی زمین لانه‌سازی می‌کنند و هیچ شکارگر طبیعی ندارند. تقریباً همه جزایر اقیانوسی، از زمانی که اروپایی‌ها سفرهای دریایی جدی خود را در قرن شانزدهم آغاز کرده‌اند، دچار این مشکل شده‌اند.

هرچند این موارد منفرد غم‌انگیز هستند، اما در مقایسه با تخریب زیست‌گاه‌هایی که در صد سال گذشته، یا بیش‌تر، به کره زمین وارد شده‌اند، اهمیت چندانی ندارند. مناطق گسترده‌ایی از جنگل‌های گرم‌سیری بکر، برای چوب یا برای ایجاد مزارع محصولات تجاری، از درختان لاستیک در دهه 1880 **[گرفته]** تا نخل روغنی در **[سال‌های]** 2000، پاک‌سازی شده است. **[شمار]** اورنگ‌آوتان‌ها، پسین‌ترین میمون بازمانده آسیایی، به چند هزار کاهش یافته و به طور فزاینده‌ای به شمار انگشت‌شماری از مناطق (فعلاً) حفاظت شده، رانده شده‌اند.

فعالیت‌های صنعتی نیز پی‌آمدهای ناخواسته‌ای داشته‌اند. استفاده گسترده از ددت (DDT) پس از جنگ جهانی دوم برای کنترل گونه‌های آفت کشاورزی، پی‌آمد مخربی را برای جمعیت پرندگان محلی در آمریکای شمالی به همراه داشت، زیرا باعث نازک شدن پوسته تخم آن‌ها، و در نتیجه نابازآوری شد. تنها پس از آن که ریچل کارسون ^{3} زیست‌شناس، در کتاب خود "بهار خاموش" ^{4}، به جهان هشدار داد، قدم‌هایی برای ممنوعیت استفاده از ددت برداشته شد. به تازگی، جمعیت‌های دال دم‌گاسفید ^{5} ^[4] هندی دچار مشکل مشابهی شدند و شمار آن‌ها از ۸۰ میلیون در دهه 1980 به چند هزار در ابتدای هزاره جدید، کاهش یافته است. معلوم شد که علت آن دیکلوفناک ^{6}، یک داروی ضدالتهاب است، که برای دام‌ها تجویز می‌شود، ولی برای کرکس کشنده است. این دارو از راه لاشه جانورانی که با آن دارو در بی‌حالی به سر می‌بردند، به کرکس‌ها رسیده بود.

^{1} Pest species.

^{2} Dodo.

^{3} Rachel Carson.

^{4} Silent Spring.

^{5} White-rumped vulture.

^{6} Diclofenac.

[۴] "دال دم‌گاه‌سفید" نوعی کرکس است.

از بین رفتن زیست‌گاه‌ها، جان‌داران وحشی و گونه‌های گیاهی که در قرن گذشته رخ داده است، بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر بیش‌تر از میزان پس‌زمینه‌ای گونه‌مرگی بوده است (به پرسش ۴۵ نگاه کنید). یک برآورد نشان می‌دهد که تنها در دو قرن گذشته ۷٪ از همه گونه‌های روی کره زمین از بین رفته‌اند. به همین دلیل، به طور گسترده‌ای [از دوران معاصر] به سان ششمین روی‌داد گونه‌مرگی جمعی، نام برده می‌شود و اولین رویدادی است که، به جای دلیل‌های طبیعی [۵]، توسط گونه‌ای دیگر ایجاد شده است.

[۵] اگر بخواهیم "مته به خشخاش" بگذاریم، باید گفت که: اثرات حضور انسان هم، یک "دلیل طبیعی" است. در ضمن، این اولین باری نیست که یک گونه، باعث گونه‌مرگی دیگر می‌شود. یک ویروس و یا یک باکتری هم می‌تواند یک گونه دیگر را از بین ببرد!

پرسش ۴۹ - آیا گونه‌ها می‌توانند زنده شوند؟

فیلم ژوراسیک پارک {۱} بر اساس این اندیشه است که ممکن است بتوان گونه‌های گونه‌مرگ شده، در این مورد دایناسورها را، با پرورش آن‌ها از دی‌ان‌ای، بازسازی کرد. در واقع، انجام این کار برای دایناسورها امکان‌پذیر نیست، زیرا به قدری از زمانِ مردن آن‌ها گذشته است که دی‌ان‌ای سالمی از آن‌ها باز نمانده است. اگرچه دی‌ان‌ای یک مولکول بسیار مقاوم و کاملاً انعطاف‌پذیر است، اما در نهایت پوسیده می‌شود. قدیمی‌ترین دی‌ان‌ای موجود، فقط تکه‌هایی (یعنی نه یک ژنوم کامل) از اسبی است که ۷۰۰ هزار سال پیش مرده است [۱]. دی‌ان‌ای با موفقیت از ماستودون‌ها {۲} و نئاندرتال‌هایی که ۵۰ هزار سال پیش زندگی می‌کردند، و از یک خرس قطبی از ۱۱۰ هزار سال پیش، استخراج شده است. با این وجود، این رشته‌های دی‌ان‌ای ناقص هستند. وقتی اسکلت جانور به سنگ کاملاً جامد تبدیل شد، مانند فسیل‌های قدیمی، امید زیادی برای استخراج چیزی وجود ندارد.

[۱] در حال حاضر قدیمی‌ترین مولکول دی‌ان‌ای قابل استفاده، دو میلیون سال عمر داشته است. با اینحال خواننده باید توجه کند که چنین ارقامی را بهتر است "استثناء" و بسیار نادر دانست. از آن گذشته، پیدا کردن شمار محدودی رشته (sequence) اطلاعات ارزشمندی به دست نمی‌دهد. برخلاف نظر نویسنده، مولکول دی‌ان‌ای بسیار حساس است و به تدریج می‌شکند. قدیمی‌ترین نمونه‌ای که توانسته برای پیداکردن تواتر کامل ژنتیکی یک موجود به کار رود کمتر از ۵۰ هزار سال عمر داشته است.

بازسازی گونه‌هایی که به تازگی گونه‌مرگ شده‌اند، احتمال پیروزی بیش‌تری دارد [۲]. کواگگا {۳} یکی از اعضای خانواده گورخرها بود که در جنوب آفریقا زندگی می‌کرد، اما تا سال ۱۸۷۸ در زیستار شکار شدند و پسین‌ترین آن‌ها در سال ۱۸۸۳ در اسارت مرد. از این جانور یک عکس و در حدود

{1} Jurassic Park.

{2} Mastodon.

{3} Quagga.

یک دوجین پوست کامل باز مانده است. شاید بتوان با استفاده از تکنیک‌های هم‌سانه‌سازی^{۱} برای بازسازی کواگکا، با قرار دادن دی‌ان‌ای استخراج شده از پوست، در تخمک گورخر بورچل^{۲} (که ممکن است به راستی زیرگونه‌ای از کواگکا باشد) و استفاده از گورخر به سان مادر، استفاده کرد. همین امر برای ماموت‌های پشیمی پیش‌نهاد شده است که از فیل به سان مادر، استفاده کنند. پروژه مشابهی برای کبوتر مسافر، با استفاده از کبوتر دم‌راه‌راه^{۳} که همانند آن است، در نظر گرفته شده است (به پرسش ۴۸ نگاه کنید).

[۲] این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

موارد معدودی وجود دارد که ظاهراً گونه‌ای از گونه‌مرگی دور می‌شود. این‌ها بیش‌تر گونه‌های ایل‌عادر^{۴} نامیده می‌شوند (بر اساس نام شخصی که در عهد جدید، عیسی مسیح او را پس از مرگ زنده کرد)^{۳}. با این حال، همه آن‌ها به راستی مواردی هستند که ما تصور می‌کردیم این گونه، گونه‌مرگ شده است، اما پس از آن، چند نمونه زنده پیدا شدند. بدون شک، مشهورترین مورد، ماهی تهی‌خار^{۵} است، ماهی بزرگ (دو متری) باله‌دار آب‌های ژرف، که گمان می‌رفت ۶۸ میلیون سال پیش گونه‌مرگ شده باشد. این ماهی جزو خانواده ماهی‌های پرتوبالگان^{۶}، که اکثر گونه‌های ماهی مدرن به آن تعلق دارند، نبوده، بلکه از خویشاوندان شش‌ماهی^{۷} است.^۱ در سال ۱۹۳۸، یک ماهی که توسط یک ماهی‌گیر بومی در سواحل آفریقای جنوبی گرفته شده بود، توسط یک زیست‌شناس دریایی [به نام تهی‌خار] شناسایی شد. در واقعیت، این ماهی‌ها ممکن است برای ماهی‌گیران چندان ناآشنا نباشند. با این حال، از آنجایی که ماهی‌های تهی‌خار با عمق ۵۰۰ متری دریا سازگاری یافته‌اند، و هنگامی که [می‌میرند و] به سطح می‌آیند، سریع پوسیده می‌شوند و بنابراین معمولاً هم‌چون ماهی ناخوردنی، دوباره به دریا پرتاب می‌شوند. از آن زمان، شمار زیادی از این گونه ماهی توسط زیست‌شناسان کشف و بررسی شده‌اند. همه آن‌ها با پیشینیان ۴۰۰ میلیون ساله خود یک‌سان هستند، [و این] مثال دیگری از این است که چه‌گونه زندگی در اعماق اقیانوس در برابر فشارهای گزینشی تغییر اقلیمی، در امان است (به پرسش ۱۶ نگاه کنید).

^۱ بیشتر ماهی‌های مدرن متعلق به خانواده ماهیان پرتوبالگان هستند. تا حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش ماهی‌های گوشتی‌بالگان^{۸} یکی از فراوان‌ترین اعضای خانواده ماهیان بودند و تصور می‌شود که جان‌داری بود که همه مهره‌داران زمینی از آن فرگشت یافته‌اند. باله‌های آن‌ها توسط یک کنده استخوانی، که از امتدادی از اسکلت است، به بدن وصل می‌شود و این امر باعث می‌شود برخی از نواذگان زنده^{۷} آن‌ها (شش‌ماهیان) بتوانند در بستر کف گل‌آلود دریاچه‌های کم‌عمق آفریقای، که اکنون در آن زندگی می‌کنند، [به صورت] خزیده [حرکت] کنند. این امر برای ماهی‌ها، نامعمول است. آن‌ها هم‌چنین می‌توانند در خارج از آب زنده بمانند و هوا را به ریه ساده خود، که بخشی از کیسه هوا است، وارد کنند. شش‌ماهیان نیز مانند ماهی تهی‌خار بسیار بزرگ هستند (معمولاً دو متر طول دارند). با این حال، هیچ یک از نواذگان زنده این خانواده، به طول برخی از اقوام فسیلی گونه‌مرگ شده خود (هفت متر)، نمی‌رسند.

{1} Cloning.

{2} Burchell.

{3} Band-tailed pigeon.

{4} Lazarus.

{5} Coelacanth.

{6} Ray-finned fishes.

{7} Lungfish.

{8} Lobe-finned fish.

[۱] این جور نام‌گذاری‌ها باعث بدفهمی می‌شوند.

[۲] واژه نوادگان را در برابر "descendant" استفاده کردم.

یک مورد احتمالی دیگر، ببر کیسه‌دار تاسمانی ^(۱) یا تیلا سین ^(۲) است. زمانی که به سان شکارگر برتر در سراسر استرالیا تا گینه‌نو رواج داشت (این جانور در هنرهای سنگی استرالیا از ۱۰۰۰ سال پیش وجود داشته است)، و در زمان ورود اروپاییان در سال‌های ۱۷۰۰، در سرزمین اصلی استرالیا گونه‌مرگ شده بود. این جانور تنها در جزیره تاسمانی زنده مانده بود، اما تصور می‌شد که حتی در آن‌جا، در دهه ۱۹۳۰، گونه‌مرگ شده باشد. با این حال، در طول سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ شماری نشانه‌ها و عکس‌هایی از جان‌داری که ادعا می‌شود ببر تاسمانی است، در مناطق دور افتاده‌ای از تاسمانی ثبت شده است، اگرچه تاکنون هیچ موردی تأیید نشده و هیچ جانوری به راستی صید نشده است ^(۳).

[۳] اگر دلیل قاطعی برای زنده ماندن این گونه وجود ندارد، نام آوردن از آن در این بخش نیز ضروری نیست!

پرسش ۵۰ - آیا پراکندگی ژنتیکی گونه‌ها اهمیت دارد؟

ما بیش‌تر تلاش‌های مایوس‌کننده‌ای برای نجات پسرین‌ترین جمعیت باز مانده، یا حتی افراد باز مانده، از گونه‌هایی که در خطر گونه‌مرگی هستند، انجام می‌دهیم. این‌ها، تلاش‌های مهم آخرین سنگر حفاظتی است که ما بیش‌تر با کمک‌های مالی خود، مشتاقانه از آن‌ها حمایت می‌کنیم. با این حال، این‌که ما چند صد جان‌دار را نجات داده‌ایم به این معنا نیست که یک گونه نجات یافته، و در نتیجه برای همیشه زنده می‌ماند.

جمعیت‌های کوچک به ناگزیر از پی‌آمدهای اثر بنیان‌گذار رنج می‌برند (به پرسش ۴۳ نگاه کنید) زیرا افراد مورد نظر تنها بخش کوچکی از پراکندگی اولیه ژنتیکی آن گونه را در خود دارند. نبود **[یا کم‌بود]** پراکندگی ژنتیکی بدین معناست که جمعیت، انعطاف‌پذیری درونی برای پاسخ به شرایط جدید را ندارد (به پرسش ۴۵ نگاه کنید). هم‌چنین این احتمال وجود دارد که جانوران زنده، از اختلالات ژنتیکی یا جسمی رنج ببرند، که ماندگاری آن‌ها را مختل می‌کند - ما با این واقعیت که بسیاری از آمیزه‌های ^(۳) ^(۱) هم‌آمیز ^(۴) ^(۲) سگ، از مشکل‌های گوناگونی رنج می‌برند، آشنا هستیم. از دست دادن پراکندگی ژنتیکی، احتمالاً گونه را در برابر بیماری‌ها آسیب‌پذیر می‌کند، زیرا برای ایجاد مصونیت، پراکندگی لازم را ندارند. هم‌چنین ممکن است توانایی یک گونه را برای گسترش مقاومت در رو در رویی با تنش‌های محیطی محدود کند.

[۱] واژه "breed" در زبان انگلیسی چند معنی دارد و یکی از آن‌ها "پرورش" است، مثل یک مربی که یک اسب یا یک سگ را پرورش می‌دهد. در معنایی دیگری، این واژه در مفهومی که در فارسی معمولاً "نژاد" خوانده می‌شود، به

(۱) Marsupial Tasmanian tiger.

(۲) Thylacine.

(۳) Breed.

(۴) Inbred.

کار می‌رود. این جا دومین باری است که در این کتاب واژه "breed" در مفهوم "نژاد" به کار می‌رود. بار اول، در پرسش ۵، به تناسب موضوع، این واژه را به "آمیزه" برگردان کردم. اما استفاده از "نژاد" مناسب نیست. چرا؟ برای این که از نظر من، در رشته ژنتیک، از روز اول، مفهوم "نژاد" تعریف دقیقی نداشته است، و آن تحریفی هم که وجود داشت، از سال 1966 مبنای دانشیک خود را از دست داده است. اما واژه "نژاد" به شکلی نادقیق، و بسیار "نژادپرستانه"، در دهان مردم می‌چرخد. سعی من این است که از این واژه منحوسه استفاده نکنم. افزون بر این، در ژنتیک، واژه "breed" در ترکیب‌های گوناگونی، مانند "breeding"، "inbreeding"، "outbreeding"، "interbreeding"، "crossbreeding"، و حتی در ترکیبی مانند "inbred" به کار می‌رود. در همه این موارد "breed" در مفهوم "آمیزش" به کار رفته است. هدف من هم این است که یک "ریشه" را در همه این واژه‌ها استفاده کنم. نتیجه آن است که واژه‌های نام برده در بالا را "آمیزشی"، "هم‌آمیزشی"، "برون‌آمیزشی"، "بین‌آمیزشی"، "درهم‌آمیزشی" و "هم‌آمیز" بخوانم. بر همین مبنا، آن چه را که دیگران "نژاد" می‌خوانند، "آمیزه" خواهم خواند. باقی می‌ماند "hybrid"، که آن هم میشود "آمیخته".

[۲] "هم‌آمیز" برابر به‌تری برای "هم‌خون" است.

ما این امر را به روشنی در محصولات زراعی می‌بینیم، که بیش‌تر در طول هزاران نسل آن‌قدر گزینشی پرورش داده شده‌اند، که پراکندگی ژنتیکی بسیار کمی در آن‌ها باز مانده است. در نتیجه، محصولات تجاری [مانند] تنباکو و قهوه به دلیل بیماری‌های قارچی، در زمان‌های گوناگون در طول قرن نوزدهم و بیستم ویران شدند. در طول دهه 1870، صنعت شراب فرانسه تقریباً توسط فیلوکسرا^(۱) انگور (حشره میکروسکوپی شیرخوار از خانواده شته‌ها)، که هیچ‌گونه دفاع شیمیایی برای آن وجود نداشت، از بین رفت. تاکستان‌های فرانسه، تنها با واردات آبروریزانه انگورهای مقاوم به فیلوکسرا از آمریکا، نجات یافتند.

تأثیر اندازه جمعیت بر پراکندگی در یک آزمایش جدید، با استفاده از یک ویروس به سان انگل، و یک باکتری به سان میزبان، تأیید شده است، که در آن جمعیت میزبان [باکتری] برای داشتن شمار بیش‌تر یا کم‌تر هم‌سانه^(۲) (و در نتیجه پراکندگی کم و بیش ژنتیکی) دست‌کاری شده است. ویروس‌ها می‌توانند در مدت زمان کوتاهی به سرعت فرگشت یابند تا بر سازوکارهای دفاعی میزبان خود چیره شود. بنابراین، پرسش این آزمایش این بود که آیا جمعیت‌های [باکتری] تشکیل شده از هم‌سانه‌های بیش‌تر، به دلیل این که [باکتری]، توانایی سازگاری هم‌زمان با بسیاری از [سازوکارهای] دفاعی گوناگون را ندارد، کم‌تر زیر کنترل [ویروس] قرار می‌گیرند؟ این آزمایش تأیید کرد که واقعاً چنین بوده است [۳].

[۳] این بند نیاز به بازگویی دارد! اما شوربختانه اطلاعات ارائه شده توسط نویسنده، برای پیدا کردن اصل پژوهش مورد اشاره بسنده نیست. بنابراین باید منظور نویسنده را حدس بزنم. او می‌خواهد بگوید که اگر جمعیت باکتری از شمار زیادی هم‌سانه (clone) ناهم‌گون تشکیل شده باشد، به‌تر می‌تواند در برابر ویروس مقاومت کند. به عبارت دیگر پراکندگی (variation) بیش‌تر به مقاومت بیش‌تر در برابر سختی‌ها، می‌انجامد.

یک مثال آموزنده از برخی از مشکل‌های ناشی از کاهش پراکندگی زیست‌شناسانه (و هم‌چنین برخی از پی‌آمدهای مداخله انسان در زیست‌گاه‌ها) (به پرسش ۴۸ نگاه کنید) توسط انقلاب سبز

(۱) Phylloxera.

(۲) Clone.

{1} در دهه 1960 ارائه شده است. از تکنیک‌های جدید اصلاحی برای توسعه انواع جدید غلات و حبوبات، مانند گندم و برنج، با محصول بالا، استفاده شد. این امر نجات یک میلیارد نفر از گرسنگی را به همراه داشت و باعث شد که عامل آن، نورمن بورلاگ {2}، جایزه [صلح] نوبل را دریافت کند. اما برنامه‌های اصلاحی فشرده‌ای که استفاده شد، ناگزیر منجر به از بین رفتن پراکندگی ژنتیکی شد، که طی هزاران سال، در انواع سنتی گندم و برنج پرورش داده شده بود.

در نتیجه، گونه‌های تجاری جدید بیشتر مستعد ابتلا به انگل‌های محلی و بیماری‌های گیاهی بودند، و بنابراین به طور مداوم نیاز به استفاده از مقادیر زیادی حشره‌کش، و همچنین کودهای حاوی نیترات داشتند، زیرا گونه‌های جدید خواسته‌های زیادی از زیست‌گاه‌های خود داشتند. در پنجاب {3}، که پیش‌گام اجرای انقلاب سبز بود، نتیجه این بود که تا سال ۲۰۰۹، میزان [آلودگی آب] چاه‌ها ۲۰٪ بالاتر از میزان توصیه شده سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای آب آشامیدنی سالم بود. این منطقه همچنین دارای میزانی از سرطان (نسبت به استفاده بیش از حد از سموم دفع آفات) است که به طور قابل توجهی بالاتر از سطوح پیشین بود. انقلاب سبز که بسیار مورد ستایش قرار گرفت، چندان بدون هزینه نبود.

{1} Green Revolution.

{2} Norman Borlaug.

{3} Punjab.

مدل بسیار جای‌گاهی (Many loci (genes) model)

من تا به حال در موارد بسیاری از مدل تک‌جای‌گاهی انتقاد کرده‌ام، اما از مدل مورد نظر خودم، کمتر گفته‌ام. شاید این‌جا، جای مناسبی برای این کار باشد. علت تأخیر آن بود که بدون شرح چهارچوب تاریخی این مدل، فهم آن ساده نخواهد بود. با این حال سعی خواهم کرد از درازگویی خودداری کنم.

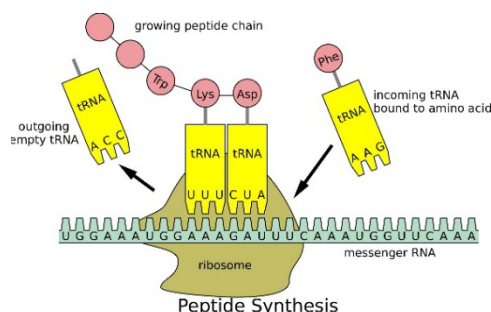
نخست، چند توضیح مقدماتی:

یکم: در این کتاب از واژه عمومی "صفت" (trait) زیاد استفاده شده است. من هم این واژه را بیشتر می‌پسندم. اما این واژه برابرهایی عمومی دیگری هم دارد، مانند سرشت (character)، ویژگی (feature)، حالت (condition). گاهی هم ممکن است به جای هر یک از این‌ها از واژه‌های دیگری هم استفاده شود.

دوم: همهٔ این واژه‌ها در یک چهارچوب ژنتیکی، فنوتیپ (phenotype) خوانده می‌شوند. واژه "فنو" هم به معنی "درخشنده، نشان داده شده، به نمایش گذاشته شده، بروز یافته" می‌باشد. به راحتی می‌توان حدس زد که از زمان آزمایشات مندل تا شاید ۷۵ سال پس از او (فاصله سال‌های ۱۸۶۵ تا ۱۹۴۰)، آن چیزی که ما امروز به آن فنوتیپ می‌گوییم، به صفات ظاهری که با چشم دیده می‌شدند، محدود می‌شد. در طول این دوره، صفتهایی که با چشم دیده نمی‌شدند، بیشتر شد. بخشی از این جور صفتهای ناشی از پیشرفت تکنولوژی بودند، مانند دستگاه‌های پرتو ایکس یا دستگاه‌های سونوگرافی. مهم‌تر از این‌ها، پیشرفت در زمینه بیوشیمی و پیدایش ژنتیک مولکولی بود. اکنون، به راحتی می‌توان گفت که شمار صفتهایی که با چشم قابل مشاهده نیستند، بیشتر از صفتهای قابل مشاهده با چشم است. با این حال واژه فنوتیپ هنوز در مورد تمام صفتهای به کار می‌رود. امروزه واژه "فنو"، در چهارچوب واژه "فنوم" (phenome)، حتی برای گروه‌های بزرگی از مولکول‌های زیستی به کار می‌رود. در مقابل "فنوتیپ" واژه "ژنوتیپ" (genotype) قرار دارد که به معنی ترکیب ال‌های موجود در یک جایگاه ژنی (locus) در دو کروموزوم است. واژه ژنوتیپ را برای مجموعهٔ ال‌های چند جایگاه ژنی هم می‌توان در نظر گرفت.

سوم: پیش از رسیدن به بحث اصلی در مورد مدل‌های گوناگون ژنتیکی، نکته‌ای هم در باره ارتباط بیوشیمی و ژنتیک می‌گویم. البته در زیست‌شناسی، همیشه استثناهایی وجود دارند (یا وجود داشته‌اند!) که بیش‌تر بسیار نادر هستند. از استثناهای که بگذریم، مولکول‌های ژنتیکی (چه دی‌ان‌ای باشند و چه آر‌ان‌ای)، در هر جان‌داری (چه با ساختار یاخته‌ای یا بدون آن)، به هر رو و در نهایت، کارشان، ساختن آنزیم‌ها است. برای ساختن هر چیزی در بدن، یا انتقال هر چیزی در بدن، آنزیم‌ها در کارند. هر آنزیمی یک "ماده" (سوبسترات = substrate) را به "ماده" دیگری تبدیل می‌کند.

تصویری از ساخته شدن یک زنجیره پپتیدی (مثلاً یک آنزیم).



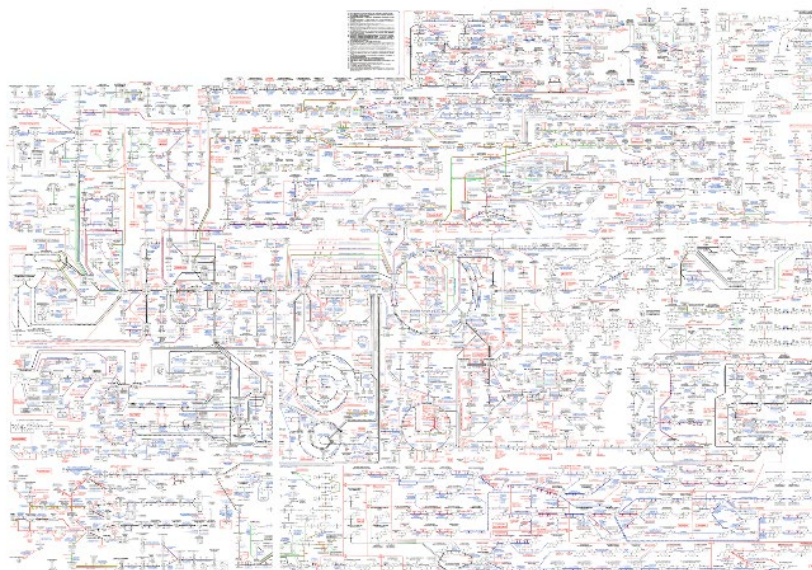
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=101457889>

(تا پیدا کردن تصویری بهتر، از این تصویر استفاده شود!)

آنزیم‌ها هم همیشه در یک زنجیره دراز کار می‌کنند. شما، هیچ آنزیمی را پیدا نمی‌کنید که، با فاصله کم یا دور، با آنزیم‌های دیگر ارتباط نداشته باشد. رایج‌ترین راه ارتباط دو آنزیم این است که یک آنزیم ماده‌ایی را می‌سازد که مورد

نیاز آنزیم بعدی است. به این ترتیب، ممکن است ده‌ها (یا حتی صدها) ماده واسطه‌ای ساخته شود، تا به ماده‌ایی برسد که محصول "اصلی" آن زنجیره است. زنجیره‌های آنزیمی، لزومن خطی نیستند، و هر زنجیره‌ای، در یک یا چند نقطه، ممکن است شاخه‌دار باشد.

تصویری از آنزیم‌های مهم در بدن انسان.



Unauthorized copy of a biochemical chart by Roche.

چهارم: وقتی از جهش (mutation) در یک جای‌گاه، لوکوس (locus)، ("ژن") سخن می‌گوییم، در واقعیت در باره تغییر در ساختار آنزیمی که آن جای‌گاه می‌سازد، سخن می‌گوییم. تغییر در ساختار آنزیم، به تغییر در فعالیت آنزیم، منجر می‌شود، به این ترتیب که فعالیت آنزیم، زیاد یا کم می‌شود.

پنجم: زیاد شدن فعالیت یک آنزیم تنها، لزومن قابل مشاهده نیست، زیرا برای زیاد شدن محصول "اصلی" یک زنجیره، تمام آنزیم‌های آن زنجیره باید فعال‌تر شوند. نتیجه منطقی این امر این است که زیاد شدن محصول "اصلی" نیاز به زمان درازی دارد، تا جهش‌های با اثر افزایشنده، در شمار زیادی از جای‌گاه‌ها رخ بدهد. در برابر، جهشی که به کم شدن فعالیت یک آنزیم بیانجامد، به سرعت اثر خود را نشان می‌دهد. زیرا آنزیم جدید، ماده‌ای را که آنزیم یا آنزیم‌های بعدی نیاز دارند، نمی‌تواند بسازد.

در اینجا به‌تر است یک مثال غیر زیست‌شناسانه بزنم تا موضوع روشن‌تر شود. در این مثال فرضی، یک ساختمان بزرگ را در نظر بگیرید. با یک کلنگ می‌توان پایه‌های ساختمان را تضعیف کرد تا فروبریزد. با یک انبردست کوچک می‌توان در سیستم برق ساختمان اختلال ایجاد کرد تا همه چیز آن ساختمان از کار بیافتد و یا حتی آتش سوزی شده و کل ساختمان از بین برود. با یک چکش می‌توان تمام پنجره‌ها را شکست تا ساختمان قابل سکونت نباشد. اما برای ساختن همان ساختمان، هزاران بیل و کلنگ و انبردست و صدها ابزار دیگر و هزاران ماده گوناگون لازم است. بنابراین تخریب بسیار ساده‌تر از ساختن است. در یک جامعه هم همین طور است. تخریب و سرکوب کار ساده‌ای است و نشانه قدرت و کارایی و کاردانی نیست. تخریب و سرکوب، هنر نیست و هر احمقی می‌تواند آن را انجام دهد.

ششم: برگردیم به بیوشیمی. اگر دو آنزیم بر سر یک ماده با هم رقابت داشته باشند (مثلاً در دو شاخه یک زنجیره آنزیمی)، و اگر یکی از این آنزیم‌ها کم‌بود فعالیت پیدا کند، آن آنزیم دیگر "غالب" به نظر میرسد. در مراحل نخستین رشد دانش ژنتیک، از مندل و حتی همین اکنون، کار راحت این است که جهش‌هایی را که به کم شدن فعالیت یک آنزیم می‌انجامند، "کشف" کرد. توجه به سازوکارهای بیوشیمیایی صفتهایی که مندلی (Mendelian) خوانده

می‌شوند، نشان می‌دهد که جای‌گاه‌هایی وجود دارند که آنزیم‌های تولید شده توسط آن‌ها، نقشی تعیین کننده در بروز یک صفت دارند. مثلاً یک آنزیم در کار ایجاد رنگ‌دانه در انسان اختلال ایجاد می‌کند که به زالی (آلبینیسم = albinism) می‌انجامد. یا گلبول‌های قرمز که "چیزی" را ندارند، به نام گروه خونی O شناخته می‌شوند.

معرفی مدل بسیار جای‌گاهی

پس از این مقدمات، می‌توانیم صفت‌ها (یا فنوتیپ‌ها) را به گروه‌های گوناگون تقسیم کنیم. بعضی از صفت‌ها فقط در دو یا چند ریخت (شکل) محدود وجود دارند. این جور صفت‌ها را صفت‌های مندلی، ناپیوسته (discontinuous)، رده‌ای/رسته‌ای (categorical)، یا کیفی (qualitative) می‌نامند. بسیاری از صفت‌هایی را که فقط در دو یا چند ریخت محدود وجود دارند، می‌توان با مدل تک جای‌گاهی و در چهارچوب ژنتیک مندلی بررسی کرد.

تعریفی که من از ژنتیک مندلی (Mendelian genetics) می‌دهم از این قرار است: ژنتیک مندلی بخشی از ژنتیک است که توارث ال‌های خاص، از شمار بسیار محدودی از جای‌گاه‌ها را، در آمیزش‌های ساده، یا درخت‌وارهای کوچک، بررسی می‌کند. مرکز توجه در ژنتیک مندلی، ژنوتیپ یک فرد است (و نه فنوتیپ، که تنها در دو یا چند ریخت محدود دیده می‌شوند). بنابراین، ما روند توارث ال خاصی را، از والدین به فرزندان، دنبال می‌کنیم، و یا به ردیابی ال‌های خاصی، از فرزندان به والدین آن‌ها، می‌پردازیم. در ژنتیک مندلی صفت مورد نظر، هر صفتی می‌تواند باشد. در مدل تک جای‌گاهی، در چهارچوب ژنتیک مندلی، بررسی، به شمار بسیار محدودی از جای‌گاه‌ها محدود می‌شود.

ژنتیک جمعیت (population genetic)، گسترش ژنتیک مندلی، از آمیزش‌های ساده، یا درخت‌وارهای کوچک، به یک جمعیت است. در ژنتیک جمعیت، به جای بررسی ال‌ها در والدین و فرزندان، بسامد (تواتر) ال‌ها و ژنوتیپ‌ها، در جمعیت‌های گوناگون، و عامل‌های موثر بر آن، بررسی می‌شود. مرکز توجه در ژنتیک جمعیت، بسامد ال‌ها و ژنوتیپ‌ها در یک جمعیت است. بنابراین، ما روند تغییر بسامد از یک نسل به نسل بعد را بررسی می‌کنیم، و یا به ردیابی تغییر بسامد از یک نسل به نسل پیشین می‌پردازیم. وقتی که یک جمعیت مورد توجه قرار می‌گیرد، عامل‌های موثر در تغییر بسامد، اهمیت خاصی پیدا می‌کنند. این عامل‌ها "نیروهای فرگشتی" هستند که عبارتند از: گزینش، جهش، مهاجرت، سامانه (شیوه) آمیزش و اندازه جمعیت. در ژنتیک جمعیت، صفت مورد نظر، معمولاً و عمدتاً، برازش داروینی (Darwinian fitness)، یا اجزای برازش داروینی (ماندگاری و بازآوری) است. بخش عمده‌ای از ژنتیک جمعیت، بر مبنای مدل تک جای‌گاهی درست شده است. بخش کوچکی از آن بر مبنای مدل‌های با دو جای‌گاه، و بخش باز هم کوچک‌تری بر مبنای مدل‌های با سه جای‌گاه را در نظر می‌گیرد. به طور کل، در نظر گرفتن بیش از دو تا سه جای‌گاه، به لحاظ ریاضی دست‌وپاگیر و پیچیده می‌شود، زیرا شمار برهم کنش‌ها (interaction) بین جای‌گاه‌ها به سرعت بالا می‌رود. در چنین مواردی ساده‌تر آن است که جمع اثر جای‌گاه‌ها را در نظر گرفت، و این کار در ژنتیک کمی صورت می‌گیرد.

ژنتیک کمی (quantitative genetics) شاخه‌ای از ژنتیک است که به تمامی بر بنیانی که ژنتیک جمعیت ساخته، بنا می‌شود. در ژنتیک کمی فرض بر این است که هر صفت (فنوتیپ) زیر کنترل شمار نسبتاً زیادی جای‌گاه و عامل‌های محیطی است (مدل بسیار جای‌گاهی). در این جا، برای کوتاه شدن کلام، از توضیح در مورد عامل‌های محیطی خودداری می‌کنم و تکیه را بر جای‌گاه‌ها می‌گذارم.

بالا رفتن شمار جای‌گاه‌ها دو اثر مهم دارد. اثر اول آن است که توزیع (distribution) صفت مورد نظر، به جای دو یا چند ریخت محدود، پیوسته (continuous) خواهد شد و به منحنی هنجاری (زنگوله‌ای شکل = normal) نزدیک می‌شود. اثر دوم آن است که اندازه اثر هر یک از جای‌گاه‌ها بر روی پراکنش (variance) فنوتیپی، بسیار کوچک می‌شود. به همین دلیل معروف‌ترین نام این مدل، مدل (اثر) بی‌اندازه کوچک (The infinitesimal model) است. اما در برگردانی به فارسی، من نام "مدل بسیار جای‌گاهی (Many loci (gens) model)" را ترجیح می‌دهم. زیرا ساده‌ترین توصیف این مدل چنین است: "جای‌گاه‌های بسیار زیاد، هر کدام با اثری بسیار کوچک (Very many loci, each with very small effect)."

صفت‌هایی که از این مدل برای بررسی آن‌ها استفاده می‌شود با نام‌های گوناگونی مانند صفت‌های کمی (quantitative traits)، صفت‌های پیوسته (continuous traits)، صفت‌های پیچیده (complex traits)، صفت‌های چند جای‌گاهی (polygenic traits) و نام‌های دیگری شناخته می‌شوند. مثال‌هایی از چنین صفاتی در انسان شامل قد، وزن، ضریب هوشی، موفقیت تحصیلی (و حتی میزان درآمد)، سرعت دویدن، فشار خون و شمار موهای بدن می‌شود. در جانوران میزان تولید شیر در گاو، شمار تخم‌مرغ‌هایی که یک مرغ می‌گذارد و طول پشم گوسفند مثال‌های خوبی هستند. در گیاهان، طول ساقه گندم، شیرینی چغندر، و اندازه گوجه فرنگی، مثال‌های معمولی هستند.

یکی از شوخی‌های معمولی که من با طرفداران مدل تک‌جایگاهی این است که با آن‌ها شرط می‌بندم که در برابر هر صفت کیفی (مندلی) که آن‌ها مثال بزنند، من در عرض ۳۰ ثانیه، ۱۰ صفت کمی درباره همان صفت را، مثال بیاورم! گاهی وقت‌ها، یکی از آن‌ها شرط بندی را قبول می‌کند. در چنین مواردی، معمولاً مثالی که فرد طرفدار مدل تک‌جایگاه انتخاب می‌کند، رنگ چشم است! دلیل آن هم روشن است. رنگ چشم در همه کتاب‌های مقدماتی ژنتیک به سان صفتی که زیر کنترل یک "ژن" است، معرفی می‌شود. در جواب، من "سوالات" زیر را مطرح می‌کنم:

- آیا رنگ دو چشم یک نفر در طول زندگی ثابت است؟
- آیا رنگ دو چشم یک نفر کاملاً همانند یکدیگر است؟
- آیا کسی می‌تواند یک چشم قهوه ای و یک چشم آبی داشته باشد؟
- آیا شمار رنگ‌دانه‌های چشم یک نفر ثابت است؟
- آیا اندازه رنگ‌دانه‌ها در دو چشم یک فرد مساوی است؟
- آیا طول عمر همه رنگ‌دانه‌ها مساوی است؟
- آیا در کسانی که رنگ چشمشان سبز یا آبی است، رنگ‌دانه سبز یا آبی وجود دارد؟
- آیا اندازه عنبیه (بخش رنگی چشم) در دو چشم، مساوی است؟
- آیا اندازه عنبیه در طول شبانروز مساوی است؟
- آیا رنگ چشم در زیر نور خورشید و نور مصنوعی مساوی است؟
- و غیره!

تمام سوالات بالا در مورد "یک" نفر است. اما می‌توان فهرست سوالات را با تکرار همین سوالات در باره مقایسه دوفرد، یا چند نفر، یا در یک یا چند جمعیت، انجام داد. در مورد بعضی مثال‌ها، شمار سوالاتی که می‌توان مطرح کرد از این هم بیش‌تر است. مثلاً اگر بیماری قند را در نظر بگیرید، به راحتی می‌توان سوالاتی در مورد سن شروع بیماری، میزان قند خون، میزان انسولین خون، میزان انسولین تزریقی مورد نیاز و غیره و غیره، مطرح کرد. هر کدام از چنین سوالاتی نشان می‌دهد که مدل تک‌جای‌گاهی توانایی توضیح پراکندگی‌های فردی و جمعی را ندارد. اما مدل بسیار جای‌گاهی، به سادگی، می‌تواند این جور سوالات را پاسخ بدهد.

برای این‌که نشان بدهم مدل بسیار جای‌گاهی مدل به‌تری است یک مثال هم از صفت قد انسان می‌آورم. مطابق بررسی‌های فراوان، شمار جای‌گاه‌های دخیل در تعیین اندازه بدن در جانوران گوناگون، مثلاً در انسان، بیش از ۱۰۰۰ جای‌گاه است. برای مثال در یک پژوهش مفصل (<http://www.nature.com/articles/ng.3097>) شامل اطلاعات ژنتیکی بیش از ۲۵۰ هزار انسان، ۶۹۷ پراکند ژنتیکی از نظر آماری، تاثیر نشان‌آری (significant)، روی قد انسان داشتند. در همین پژوهش ۹۵۰۰ چندریختی نوکلئوتیدی (Single Nucleotide Polymorphism=SNP)، فقط ۲۹٪ از پراکنش فنوتیپی را توضیح می‌دادند.

حالا چرا من این شرح دراز را نوشتم؟ برای این‌که بگویم، با استفاده از "مدل بسیارجای‌گاهی" می‌توان از کاهش‌گرایی (reductionism)، دور شد، و به ارائه مدل‌های "واقع‌بینانه‌تر" دست زد.

فصل ۶: فرگشت پیچیدگی

پرسش ۵۱ - چرا برخی گونه‌ها، برخی دیگر را می‌خورند؟

زندگی، به سان جان‌داران تک یاخته‌ای میکروسکوپی آغاز شد، که انرژی خود را [با استفاده] از نور خورشید، و سایر منابع شیمیایی، تولید می‌کردند. در نقطه‌ای از زمان، برخی از جان‌داران، خوردن هم‌سایگان خود را، که برای کسب انرژی تلاش‌های زیادی کرده بودند، ساده‌تر یافتند [۱]. با این کار، سلسله مراتب پیچیده‌ای از روابط شکارگر-طعمه ایجاد شد. یکی از ویژگی‌های بارز چنین سلسله مراتبی، که هنوز هم اعتبار دارد، این است که جان‌دارانی که هر لایه [از این سلسله مراتب] را پر می‌کنند، عموماً بزرگ‌تر، اما از نظر شمار، کمتر از لایه‌های زیر خود خواهند بود. جانوران بزرگ‌تر هم‌چنین دارای نرخ زایش کم‌تری هستند، زیرا برای تولید [فرزند] به سرمایه‌گذاری بیش‌تری نیاز دارند - پدیده‌ای که ۳۵۰ سال پیش از میلاد، توسط ارسطو فیلسوف و دانش‌مند بزرگ یونانی شناخته شده بود.

[۱] ساختار این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

یک مرحله مهم انتقالی با فرگشت گیاهان در حدود ۸۰۰ میلیون سال پیش رخ داد (به پرسش ۳۲ نگاه کنید) زیرا منبع کاملاً جدیدی برای هر گونه‌ای که توانا به بهره‌برداری از آن‌ها باشد، ایجاد کرد [۲]. با این حال، گیاهان نخستین (عمدتاً سرخس‌ها [۱] و مخروطیان [۲]) به طور خاص آبدار یا مغذی نبودند، و به راستی ۱۶۰ میلیون سال پیش بود که پس از فرگشت گیاهان گل‌دار [۳] و به آهستگی، با پیدایش مراتع، پیش‌رفت بزرگی رخ داد (به پرسش ۳۴ نگاه کنید). این [پیش‌رفت] منجر به دو تحول بزرگ شد. نخست، این یک گسترش ناگهانی سازگاران (یا انفجار روی داد گونه‌زایی) از علف‌خواران [۴] و سرشاخه‌خواران [۵] ایجاد کرد، که برای بهره‌برداری از این رخنه جدید تغذیه، سازگار شدند. دوم، گروه جدیدی از شکارگران ایجاد شدند، که با تغذیه از این گیاه‌خواران جدید، سازگار شدند. به راستی من گمان می‌کنم که ما می‌توانیم تحول سوم را افزون کنیم که در آن گیاهان بر علیه برخی از شکارگران خود عمل کرده و آن‌ها را می‌خورند - هرچند که این امر

(۱) Fern.

(۲) Conifer.

(۳) Angiosperm.

(۴) Grazer.

(۵) Browser.

عمدتاً به گیاهان حشره‌خوار محدود می‌شود (گیاه کوزه‌دار ^{۱}، ژاله‌پوش ^{۲}، چرب‌گیاه ^{۳}، ونوس مگس‌خوار ^{۴} و بسیاری دیگر که از حشرات تغذیه می‌کنند).

[۲] به نظر می‌رسد که نویسنده در اینجا دو نوع "گیاه" را با هم یکی دانسته. یک گیاه آن است که فتوسنتز می‌کند و این بسیار قدیمی‌تر از ۸۰۰ میلیون سال است. یک گیاه دیگر آن است که "گیاه‌خواران" آن را می‌خورند و این بسیار جدیدتر از ۸۰۰ میلیون سال است. در مورد سرخس‌ها هم بعید می‌دانم که پیدایش آن‌ها به ۸۰۰ میلیون سال پیش برگردد، زیرا اولین فسیل‌های آن‌ها به حدود ۳۵۰ میلیون سال پیش برمی‌گردد.

نکته مهم دیگری در باره گیاهان وجود دارد که باید آن را زودتر می‌گفتم، و آن را تکرار هم می‌کردم. آن نکته این است که "گیاه" پس از "جانور" به وجود آمده است. در ابتدای به وجود آمدن زندگی بر روی زمین، ریخت‌های گوناگون زندگی، در ریخت تک‌یاخته‌ای، و یا رشته‌ای از یاخته‌ها، در آب‌ها وجود داشتند. حدود ۵۴۰ میلیون سال پیش، در آن پدیده‌ای که به آن، انفجار کمبرین (Cambrian explosion) می‌گویند، در آغاز، ریخت‌های زندگی جانوری که شمار زیادی یاخته داشتند، و یاخته‌های آن‌ها وظایف ویژه‌ای داشتند، به وجود آمدند. پیدایش گیاهانی که شمار زیادی یاخته داشته باشند، و یاخته‌های آن‌ها وظایف ویژه پیدا کنند، پس از به وجود آمدن جانوران، صورت گرفته است.

در همین رابطه، اگر در ادبیات فارسی، چیزی همانند دو مثال زیر دیدید:

"همچنانک اول خاک بودی، جماد بودی، تو را به عالم نبات آورد و از عالم نبات سفر کردی به عالم علقه و مضغه و از علقه و مضغه به عالم حیوانی و از حیوانی به عالم انسانی سفر کردی، کرامات این باشد".

"از جمادی مردم و نامی شدم / وز نما مردم به حیوان برزدم // مردم از حیوانی و آدم شدم / پس چه ترسم کی ز مردن کم شدم"

که در آن برای "گیاه" نسبت به "جانور" تقدم قائل بود، آن را به معنی فرگشت نگیرید.

این را هم بگویم که مهم‌ترین دلیل انفجار کامبرین، به وجود آمدن پدیده "جنس" و "جنسیت" بود. تا پیش از پیدا شدن "جنس" حیات فقط در ریخت‌های ساده/بسیط وجود داشت. فرگشت، هر کاری کرد، دست به هر آزمایشی زد، نتوانست از ریخت‌های ساده/بسیط بگذرد. فرگشت حداقل ۳۲۰۰ میلیون سال، در ریخت‌های ساده/بسیط باقی ماند، تا "جنس" و "جنسیت" را اختراع کرد. پس از آن، انفجار حیات صورت گرفت.

بنابراین، دو نوع بزرگ از روابط بوم‌شناسانه، برهم‌کنش ^[۳] "گیاه-گیاه‌خوار" و برهم‌کنش "شکارگر-طعمه" به سرعت بسیار، پدید آمدند. این‌ها از آن زمان، فرگشت اکوسیستم‌ها را شکل داده‌اند. در واقع، هر دو برهم‌کنش، از نظر کارکرد بسیار مشابه هستند. این نوع برهم‌کنش شامل یک شکارگر است که از طعمه سوءاستفاده می‌کند. تنها ناهم‌گونی واقعی این است که در یک مورد طعمه‌ها، گیاهان و ساکن هستند، در حالی که در مورد دیگر طعمه‌ها، جانوران و متحرک هستند. اما فارغ از این جزئیات کوچک، اصول تقریباً یکسانی در برهم‌کنش‌های آن‌ها تاثیر دارد. در هر دو مورد، گونه‌های طعمه‌ای به منظور جلوگیری از خورده شدن، راه‌کارهایی را فرگشت می‌دهند که

{1} Pitcher plant.

{2} Sundew.

{3} Butterwort.

{4} Venus flytrap.

برای فریب دادن شکارگران طراحی شده است، و شکارگران نیز به نوبه خود با راهکارهای فرگشتی، برای دور زدن آن‌ها، واکنش نشان می‌دهند.

[۳] پیش از این هم از واژه برهم‌کنش به جای interaction استفاده کرده بودم. اما تعریفی از آن ارائه نکرده بودم. برهم‌کنش به این معنی است که اثر هم‌زمان دو عامل (factor)، با جمع آن دو عامل، فرق دارد. این تعریف در آمار بسیار روشن است و من توصیه می‌کنم که برای فهم مفهوم "برهم‌کنش" از فهم این مفهوم، در آمار، شروع کنید. (عجب جمله نامفهومی!)

یک مثال بسیار خوب از این نوع برهم‌کنش، نحوه افزایش اندازه مغز در طول زمان فرگشتی در پستان‌داران گوشت‌خوار و طعمه‌های شمدار آن‌ها است. اندازه مغز جانور گوشت‌خوار، ابتدا افزایش می‌یابد تا بتواند طعمه متحرک را، به طور موثرتری، شکار کند. سپس اندازه مغز شمدار، افزایش می‌یابد تا بتواند از شکارگران فرار کند. سپس اندازه مغز گوشت‌خوار مجدداً افزایش می‌یابد، تا طعمه باهوش را غافل‌گیر کند، و پس از آن اندازه مغز شمدار، کمی بیش‌تر افزایش می‌یابد. این یک نمونه کلاسیک از مسابقه تسلیحاتی فرگشتی است، که در آن میزان [سرمایه‌گذاری] اندک اندک در طول زمان افزایش می‌یابد، زیرا گونه‌ها (یا به‌تر است بگوییم فردها) سعی می‌کنند گوی رقابت را از یک‌دیگر برابند.

پرسش ۵۲ - گیاهان و جانوران چه گونه از یک‌دیگر سوءاستفاده می‌کنند؟

گیاهان و گیاه‌خوارانی که آن‌ها را می‌خورند، در یک رقص فرگشتی بسیار چشم‌گیری شرکت دارند. گیاهان، راهکارهای گوناگونی را برای اجتناب از خورده‌شدن، یا حداقل برای خورده‌شدن در مواقعی که برای‌شان نامناسب است، ایجاد کرده‌اند. برخی از آن [راهکارها] مکانیکی هستند (ایجاد خار برای جلوگیری از گیاه‌خواران، پوسته‌های سخت برای محافظت از دانه‌های آن‌ها) و برخی دیگر شیمیایی هستند (سموم). برای مثال، بسیاری از گیاهان، از میوه‌های خود در داخل محفظه‌های سخت، محافظت می‌کنند، که به طور عادی هنگامی که برای جوانه زدن آماده‌اند، باز می‌شوند.

برخی از گونه‌های گیاهی می‌خواهند دانه آن‌ها تا آن‌جا که ممکن است به نقاط دورتر برود تا جوانه‌ها در حین رشد با یک‌دیگر رقابت نکنند [۱]. این گونه‌ها هنگامی که آماده جوانه زدن می‌شوند، دانه‌های خود را تا حد ممکن با پوشاندن یک پوشش زیبا، شیرین و گوشتی، فریبده می‌کنند، تا گیاه‌خواران را به خوردن آن‌ها، تشویق کنند. گوشت شیرین دانه، به گیاه‌خواران انرژی می‌دهد، تا دانه‌ها را در دست‌گاه گوارش خود نگه‌داری کرده، و یک یا دو روز بعد، دانه‌ها در فاصله‌ای دفع شوند که بتوانند جوانه بزنند. در واقع، دانه برخی از گونه‌ها اگر ابتدا از روده یک جانور گیاه‌خوار عبور نکرده باشند، جوانه نمی‌زنند: اسیدهای موجود در معده به آماده‌سازی دانه برای جوانه‌زنی کمک می‌کند (برای مثال، با تضعیف پوسته به طوری که باز شود و اجازه دهد جوانه ظاهر شود).

[۱] خواننده حتماً متوجه است که نویسنده در اینجا از یک بیان اراده‌گرایانه استفاده کرده است. این شیوه بیان (چه در مورد گیاهان باشد و چه در مورد جانوران)، به معنی اراده داشتن گیاه یا جانور، و یا اراده‌گرایانه بودن فرگشت، نیست. به کار بردن این بیان "گمراه‌کننده" به منظور کوتاه کردن متن و ساده‌نویسی صورت می‌گیرد.

اگر گیاه‌خواران، میوه‌ها را پیش از این‌که دانه‌ها، فرصت رشد پیدا کرده باشند، بخورند، گیاه منابع زیادی را هدر داده است. گیاهان برای جلوگیری از خورده شدن میوه‌های خود، تا آماده شدن برای جوانه زدن، گوشت میوه را به ترکیبات دیگری، که گیاه‌خواران آن را ناخوشایند می‌یابند، آغشته می‌کنند. این‌ها می‌توانند شامل آلکالوئیدها^(۱) (ترکیبات تلخی که به طور فعال آنزیم‌های گوارشی را مسدود کرده و باعث بیماری می‌شوند: مانند نیکوتین، کوکائین، ستریکنین^(۲) و سیانید^(۳))، تریپنوئیدها^(۴) (مانند سیترونلا^(۵)، منتول^(۶) و پینین^(۷))، که برخی از آن‌ها باعث ایجاد گلیسوزیدهای^(۸) خطرناک مانند دیجیتالیس می‌شوند، یا فنولیک^(۹) (مانند **ترکیبات شاه‌دانه‌ایی**^(۱۰)) که کارکرد غدد درون‌ریز را مختل می‌کنند یا تانن‌هایی که در هضم پروتئین اختلال ایجاد می‌کنند) باشند. با رسیدن میوه‌ها و آماده شدن دانه‌ها برای جوانه‌زنی، این سموم به طور عادی کم می‌شوند و برای جذب، توسط گیاه‌خواران، با قند جای‌گزین می‌شوند.

ناگزیر، برخی از گیاه‌خواران نسبت به برخی از این گونه‌ها (اما هرگز نه همه آن‌ها) **[قدرت]** تحمل ایجاد کرده‌اند تا بتوانند میوه نارس را بخورند. میمون‌ها نمی‌توانند تانن‌ها را سم زدایی کنند - به همین دلیل است که ما هنگام خوردن میوه نارس دچار خشکی ناگهانی دهان می‌شویم (و هم‌آن‌طور که مادران ما همیشه به ما هشدار می‌دادند، معده درد می‌گیریم). اما بوزینه‌های دنیای قدیم، توانایی سم‌زدایی از تانن‌های میوه‌های نارس را فرگشت دادند، که این امر باعث برتری آن‌ها نسبت به میمون‌ها (که در آن زمان فراوان‌ترین نخست‌ی‌سانان بودند) شد.

پرنده‌گان و پستان‌داران میوه‌خوار نقش ویژه‌ای - اگر چه ناخواسته - هم‌چون پراکنده کننده دانه ایفا می‌کنند. اما، ما نباید همه حشرات را، که با تلقیح گرده از یک گل به گل دیگر، به سان تلقیح‌کننده گیاهان عمل می‌کنند، فراموش کنیم، زیرا آن‌ها در جستجوی شهدهایی که گیاهان با مهربانی به سان پاداش به آن‌ها می‌دهند، به کار خود ادامه می‌دهند. البته بسیاری از گیاهان توسط هوا گرده‌افشانی می‌کنند، اما این روش، بگیر و نگیر دارد. بنابراین جذب یک حشره مفید مانند زنبور عسل، برای حمل مستقیم گرده به شریک بازآوری، بسیار کارآمدتر است.

این نوع روابط متقابل بین جانوران و گیاهان می‌تواند بسیار پیچیده شود و "مجموعه درهم پیچیده"ای را ایجاد کند که داروین به آن اشاره کرده است (به پیش‌گفتار نگاه کنید). آن‌ها هم‌چنین مفهومی با اهمیت محوری در بوم‌شناسی، **[به نام]** شبکه خوراکی، ایجاد می‌کنند.

^(۱) Alkaloid.

^(۲) Strychnine.

^(۳) Cyanide.

^(۴) Terpenoid.

^(۵) Citronella.

^(۶) Menthol.

^(۷) Pinene.

^(۸) Glycoside.

^(۹) Phenolic.

^(۱۰) Cannabinoid.

پرسش ۵۳ - شبکه خوراکی چیست؟

یکی از دلایل‌هایی که به نظر می‌رسد گونه‌مرگی به صورت خوشه‌ای انجام می‌شود، این است که گروه‌هایی از گونه‌ها در یک مکان خاص، در مجموعه‌ای از روابط پیچیده، که به سان شبکه خوراکی شناخته می‌شود، ارتباط نزدیکی دارند. شبکه خوراکی مجموعه‌ای از روابط است، که بین همه بی‌مهرگان، گیاهان و گونه‌های مهره‌داران، در یک زیست‌گاه، وجود دارد. مانند تار عنکبوت، شبکه‌های [۱] خوراکی نیز می‌توانند بسیار پیچیده و ظریف باشند. اگر یک گونه را بردارید، [برداشت آن گونه] بلافاصله روی همه گونه‌هایی که مستقیماً به آن وابسته هستند، تأثیر می‌گذارد، خواه این‌ها گیاه‌خوار، گوشت‌خوار یا ریزه‌خوار ^(۱) باشند. این به نوبه خود، روی گونه‌هایی که به آن‌ها وابسته هستند، تأثیر می‌گذارد و نتیجه می‌تواند به سرعت، به یک رشته دومینویی ^(۲) از فروپاشی، تبدیل شود.

[۱] نویسنده در این بخش، و بخش‌های پس از این، از واژه‌های شبکه (web)، زنجیره (chain) و تراز (level) استفاده کرده است. گاهی وقت‌ها هم بی‌دقتی کرده و این‌ها را جا به جا استفاده کرده است.

ساختار استاندارد یک شبکه خوراکی شامل سه لایه اصلی یا تراز تغذیه‌ای است: تولیدکنندگان (گیاهان و برخی از میکروارگانیسم‌ها که انرژی خود را [با استفاده] از نور خورشید ایجاد می‌کنند)، مصرف‌کنندگان اولیه که تولیدکنندگان را می‌خورند (معمولاً گیاه‌خواران) و مصرف‌کنندگان ثانویه که مصرف‌کنندگان اصلی را می‌خورند (عمدتاً گوشت‌خواران). اگر گوشت‌خوارانی که گوشت‌خواران دیگر را می‌خورند حضور داشته باشند، دسته آخر می‌تواند چندین لایه برای خود داشته باشد (مانند خرس‌های قطبی که فوک‌هایی ^(۳) را می‌خورند که ماهی می‌خورند، به همین دلیل معمولاً از آن‌ها به سان شکارگران بالادستی ^(۴) یاد می‌شود). این لایه‌ها، نمایان‌گر جریان انرژی به سمت بالا از درون سیستم هستند، با لایه‌ای جداگانه از گندخواران ^(۵) ^(۶) که مواد مغذی قفل شده در تراز پیشین را استفاده می‌کنند، تا پس از مرگ، برای مصرف توسط خودپروردها ^(۶) ^(۳)، به پایین‌ترین تراز باز گردند [۴].

[۲] گندخواران را برابر نهاد "decomposer" گرفتم. گندخوارها قارچ‌ها، باکتری‌ها و کرم‌ها و حشراتی هستند که از بافت مرده جان‌داران دیگر تغذیه می‌کنند.

[۳] نویسنده در ابتدای این بند، پایین‌ترین گروه جان‌داران در شبکه خوراکی را "تولیدکنندگان" خوانده بود. در این جا، از واژگان "خودپرورد" برای توصیف همان جان‌داران استفاده می‌کند، که البته توصیف مناسبی است. "خوشا چاهی که آب از خود برآرد".

[۴] ساختار این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

^(۱) Detritus feeder.

^(۲) Domino.

^(۳) Seal.

^(۴) Top predator.

^(۵) Decomposer.

^(۶) Autotroph.

خودپروردها، انرژی را [با استفاده] از نور خورشید ایجاد می‌کنند، و این را با مواد شیمیایی استخراجی از هوا (برای مثال کربن از دی‌اکسیدکربن) یا زمین (برای مثال، عناصر کمیاب مانند آهن، مس، منیزیم و روی^{1}) که برای زندگی ضروری هستند) ترکیب می‌کنند. فتوسنتز [به این دلیل] شدنی است که رنگ‌دانه کلروفیل (که به گیاهان رنگ سبز می‌دهد) دارای ظرفیت جذب انرژی، از بخش‌های آبی و قرمز، نور خورشید است. مصرف‌کنندگان اولیه، تولیدکنندگان را می‌خورند و به نوبه خود منبع خوراکی را برای مصرف‌کنندگان ثانویه فراهم می‌کنند. نتیجه [این روند] را زنجیره خوراکی می‌گویند، زیرا انرژی و سایر مواد مغذی را از تولیدکنندگان به مصرف‌کنندگان اولیه و در نهایت به گوشت‌خواران بالادستی می‌رسانند.

از آن جا که انرژی در هر ترازی هدر می‌رود (مثلاً مقداری از انرژی در دیواره‌های یاخته‌های گیاهان یا استخوان‌های گیاه‌خواران قفل شده و خورده نمی‌شود)، هر لایه همیشه از نظر عددی کوچک‌تر از لایه‌ای است که از آن تغذیه می‌کند. به طور متعارف، اندازه هر لایه بر اساس زیست‌جرم^{2} آن اندازه‌گیری می‌شود - به معنای واقعی کلمه، جمع وزن (یا به واژگان دانشیک، جرم^[5]) همه جان‌داران موجود در آن لایه. این به این دلیل است که توده بدن معیار مناسبی برای محتوای انرژی است. نتیجه، یک هرم بوم‌شناسانه است که دارای یک لایه زیرین بزرگ (تولیدکنندگان)، یک لایه میانی متوسط (مصرف‌کنندگان اولیه گوناگون)، یک لایه کوچک از مصرف‌کنندگان ثانویه و یک لایه بسیار کوچک گوشت‌خوار بالادستی است.

[5] لطفاً اشتباه نویسندۀ را، که فکر می‌کند "وزن" و "جرم" برابر هستند، و به همین دلیل نیوتن، اینشتین و هیگز را آزردۀ خاطر کرده است، ببخشید.

لایه‌ها در نوعی هم‌ترازی پویا با یک‌دیگر وجود دارند. اگر مصرف‌کنندگان اولیه زیاد بودند، تولیدکنندگان را از بین می‌بردند و کل هرم سقوط می‌کرد. شکارگران (مثلاً شیرها) با [شکار مصرف‌کنندگان اولیه]، شمار گیاه‌خواران را محدود می‌کنند و این مانع از چرای بیش از حد [مرتج‌ها، توسط گیاه‌خواران] می‌شود و به رشد گیاهان کمک می‌کند. در برخی موارد، عادات خوراکی یک گونه، حتی ممکن است بهره‌وری گونه دیگر را نیز تسهیل کند. برای مثال، پرورش بزها همراه با گاوها در مراتع، به دام‌ها اجازه می‌دهد تا تراکم بسیار بالاتری داشته باشند، زیرا بزها از پوشش گیاهی که گاوها [نمی‌توانند] آن را تحمل کنند، می‌خورند و باعث می‌شوند [تا رشد گیاهانی که گاوها می‌خورند بیش‌تر شود و در نتیجه] گاو بیش‌تری در مرتع چرا کند.

این برهم‌کنش‌های پیچیده^{3} در قلب یک اکوسیستم قرار دارد - مجموعه‌ای از گیاهان، جانوران، گندخواران و سایر ریخت‌های زندگی که مجموعه‌ای از گونه‌ها را در یک مکان مشخص تشکیل می‌دهند. ساختارهای شبکه‌ای می‌توانند بسیار پیچیده، و منعکس‌کننده یک بهینه‌سازی پیچیده، بین منافع گونه‌های گوناگون باشند. حذف یک گونه می‌تواند تأثیرات چشم‌گیر و پیش‌بینی‌ناپذیر

{1} Zinc.

{2} Biomass.

{3} Complex interaction.

داشته باشد. کریل^{۱} سخت‌پوستی مانند میگو است که شش سانتی‌متر [طول دارد و] در اقیانوس‌های جنوبی (به ویژه) در پیرامون قطب جنوب فراوان است. آن‌ها از فیتوپلانکتون‌های^{۲} میکروسکوپی تغذیه می‌کنند و به نوبه خود خوراک ماهی‌ها، پنگوئن‌ها و نهنگ‌های بالیین را تأمین می‌کنند ([نهنگ‌های بالیین] در دهان خود صفحه‌هایی استخوانی دارند که از آن‌ها برای فیلتر کردن مقدار زیادی کریل استفاده می‌کنند). آن‌ها^[۶] به نوبه خود از گونه‌های گوناگون پرندگان دریایی، فوک و نهنگ قاتل^{۳} [۷] حمایت می‌کنند.

[۶] از متن مشخص نمی‌شود که ضمیر "آن‌ها" به چه جانوری اشاره دارد، ولی احتمالاً به نهنگ بالیین اشاره می‌کند و منظور از "حمایت"، خورده شدن لاشه نهنگ بالیین توسط جانوران دیگر، مثلاً فیتوپلانکتون‌ها است.

[۷] تصویری از نهنگ قاتل (killer whale) یا اورکا (Orca)



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1433661>

پیش از این که انسان‌ها در قرن نوزدهم شکار نهنگ‌های بالیین را به صورت صنعتی آغاز کنند، آن‌ها مقادیر زیادی کریل مصرف می‌کردند - احتمالاً نیمی از ۴۰۰ میلیون تن کریل موجود در اقیانوس جنوبی - و مسئول بازیافت مقادیر زیادی از آهن ذخیره شده در کریل، و در دست‌رس قرار دادن آن برای فیتوپلانکتون‌ها، در یک روند مهم بازخورد^{۴} بودند، که پایه زنجیره خوراکی اقیانوس جنوبی را تشکیل می‌داد. شکار بی‌رویه جمعیت نهنگ‌ها در قرن بیستم، در ابتدا منجر به افزایش سریع جمعیت پنگوئن‌ها و فوک‌ها شد، زیرا کریل اضافی زیادی در پیرامون وجود داشت. اما پس از آن، شکسته شدن حلقه بازخورد نهنگ‌ها، منجر به کاهش شمار کریل‌ها شد، که در هنگام گرسنگی، از مواد مغذی که پیش‌تر توسط نهنگ‌ها بازیافت شده بود، محروم شده بودند، و در نتیجه جمعیت‌های پنگوئن‌ها و فوک‌ها کاهش پیدا کردند (اگرچه تغییرهای اقلیمی نیز ممکن است در این مورد نقشی داشته باشند)^[۸].

[۸] این جمله خیلی روشن نیست. در بندهای پیشین، نویسنده به این اشاره کرده بود که "زنجیره‌ای غذایی" وجود دارد که بیش‌تر خطی است. در این جمله، نویسنده می‌خواهد بگوید که گاهی وقت‌ها زنجیره خوراکی گرد است، و هر جان‌داری خوراک جان‌دار پس از آن است. در این مثال، لاشه نهنگ‌های بالیین خوراک فیتوپلانکتون را تأمین می‌کند. در نتیجه، شکار نهنگ بالیین، با تاخیری، به کم شدن کریل انجامیده است.

{1} Krill.

{2} Phytoplankton.

{3} Killer whale (orca).

{4} Feedback.

پرسش ۵۴ - آیا اکوسیستم‌ها فرگشت می‌یابند؟

با توجه به این‌که گونه‌ها فرگشت می‌یابند و حتی گروه‌هایی از گونه‌ها می‌توانند هم‌فرگشت^{۱} یابند (برای مثال به سان شکارگر و طعمه) (به پرسش‌های ۵۲ و ۵۳ نگاه کنید)، شاید عادی باشد که بپرسیم آیا اکوسیستم‌هایی که از بسیاری از گونه‌ها، که در یک شبکه پیچیده روابط متقابل پیوند خورده‌اند، نیز فرگشت می‌یابند؟ اگر فرگشت فقط به معنای تغییر در طول زمان است^[۱]، حتماً [اکوسیستم‌ها هم] تغییر می‌کنند، و این احتمالاً، امری عادی است^[۲]. نکته جالب‌تر این است که آیا در مسیر فرگشتی آن‌ها نظم‌هایی وجود دارد یا خیر؟ به‌هرروی، خود جهان، فرگشت یافته است، و آن هم به شیوه‌ای که هدایت آن بسیار مطابق دستورالعمل‌های قوانین بنیادین فیزیک بوده است^[۳]. اما آیا این امر در مورد محیط‌ها و جوامع گیاهی و جانوری آن‌ها نیز صدق می‌کند؟

[۱] نویسنده پیش‌تر در دو جا (پرسش‌های ۱ و ۲۹) فرگشت را به همین صورت "فرگشت فقط به معنای تغییر در طول زمان" تعریف کرده است. ایرادی هم به این تعریف وارد نیست مگر آن‌که بگوییم که ما، در دانش فرگشت، به دنبال فهم تغییر هستیم: چه عامل‌هایی، چه تغییرهایی را، در چه اندازه و در چه راستایی ایجاد می‌کنند. اما، تکرار می‌کنم که تعریف من از فرگشت چیز دیگری است.

[۲] این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

[۳] اول، هم‌آن‌طوری که پیش‌تر (در پانوش^[۵]، پرسش ۱) گفته‌ام بهتر است که از به کاربردن واژه فرگشت (و گزینش) در مورد موجودات غیرزنده (مثل جهان و کهکشان‌ها و منظومه‌ها و ...) پرهیز کرد. دوم، گمان نمی‌کنم که عبارت "هدایت آن بسیار مطابق دستورالعمل‌های قوانین بنیادین فیزیک" مورد پذیرش هیچ فیزیک‌دانی باشد. این عبارت، با برداشت‌های من از جهان و از دانش، فاصله بسیار دارد.

در یک تراز، قطعاً پاسخ مثبت است (به پرسش ۵۳ نگاه کنید). اما در نحوه فرگشت اکوسیستم‌ها، قاعده‌های دیگری نیز وجود دارند. اگر جنگل‌ها در اثر فوران‌های آتش‌فشانی، طوفان‌ها، آتش‌سوزی‌های گسترده یا حتی یخچال‌های طبیعی از بین بروند، اسکان مجدد [جان‌داران در آن جنگل] از یک الگوی بسیار منظم پیروی می‌کند، که به راستی ممکن است تاریخ فرگشتی زندگی گیاهان، و زیست‌گاه‌های زمینی را، منعکس کند^[۴]. در ابتدا، در مرحله‌ای که به نام جانشینی اولیه^{۲} شناخته می‌شود، جلبک‌ها، گل‌سنگ‌ها و قارچ‌ها در آن منطقه ساکن می‌شوند و به ساخت خاک کمک می‌کنند (این امر، به ویژه در صورتی که بیشینه تخریب با از بین رفتن خاک همراه بوده باشد، مانند آن‌چه که بیش‌تر [در اثر حرکت] یخچال‌ها رخ می‌دهد، مهم است). این گونه‌ها به نام گونه‌های پیش‌گام نامیده می‌شوند زیرا [زودتر از بقیه] ظاهر می‌شوند. [سپس] با به‌بود کیفیت خاک، گونه‌هایی مانند علف‌ها و ابروسیا^{۳} که می‌توانند با خاک‌های ضعیف کنار بیایند ظاهر می‌شوند. این‌ها با جلوگیری از فرسایش بادی^{۴}، به تثبیت خاک کمک می‌کنند. آن‌ها هم‌چنین به نگه داشتن آب در خاک کمک می‌کنند، که گامی مهم برای مرحله پس از آن است.

{1} Coevolve.

{2} Primary succession.

{3} Ragweed.

{4} Wind erosion.

این مرحله زیر سلطه گونه‌هایی با دانه‌های کوچک یا هاگ است که در صورت خشک شدن زیست‌گاه می‌توانند به مدت درازی در خفته‌گی بمانند، اما می‌توانند به راحتی، به ویژه در باد، پراکنده شوند. این گونه‌ها بیش‌تر گونه‌هایی هستند که می‌توانند نیتروژن را از هوا استخراج کرده و در خاک تثبیت کنند. این برای مرحله پس از آن بسیار مهم است زیرا نیتروژن، بیش‌تر یک عامل محدودکننده برای گیاهان است، که اکثر آن‌ها نیتروژن [مورد نیاز] خود را از سطح زمین به دست می‌آورند. [این‌ها] با مرگ و پوسیدگی، عمق و غنای خاک را افزایش می‌دهند.

[۴] یادآوری می‌کنم: نویسنده، به اشتباه، تصور می‌کند که گیاهان پیش‌تر از جانوران به وجود آمده‌اند.

مرحله دوم (جانشینی ثانویه ^(۱)) شامل ورود درخت‌چه‌های ^(۲) معمولی و سپس درختان، بیش‌تر در یک رشته کاملاً مشخص، است. گیاهان یک‌ساله، بیش‌تر، اولین گیاهانی هستند که پیدا می‌شوند، زیرا به‌تر می‌توانند با شرایط نامطلوب و نامعین کنار بیایند. پس از تثبیت [گیاهان یک‌ساله]، درختچه‌ها و درختان کوچکی مانند کاج ^(۳)، بلوط ^(۴) و گردوی گرم‌سیری ^(۵) (معروف به "گونه‌های اسکان‌گر" ^(۶)) تثبیت می‌شوند. پس از استقرار، این درختان به آهستگی با درختان جنگلی اساسی‌تر، جای‌گزین می‌شوند که تاج‌پوش (سدرخت) بیش‌تری دارند. این گونه‌های درختی، بیش‌تر به جای خاک، برای نور خورشید می‌جنگند، به همین دلیل است که معمولاً بسیار بلند می‌شوند، و بیش‌تر، پوشش گیاهی بسیار کمی در زیر آن‌ها وجود دارد. پس از حدود ۱۵۰ سال، این جنگل دارای ترکیبی از گونه‌ها می‌شود که بیش‌تر برای هزاران سال پایدار خواهد ماند. این‌ها به سان "زیست‌گاه‌های اوجی" ^(۷) شناخته می‌شوند. البته، ترکیب گونه‌ها ممکن است دقیقاً مشابه جنگل اولیه نباشد، زیرا [این امر] به [تعیین] دقیق گونه‌هایی که در زیست‌گاه‌هایی که احتمالاً در نزدیکی وجود دارند، و این‌که دانه‌های کدام یک توسط پرندگان و گیاه‌خواران پراکنده می‌شود، بستگی دارد.

ترکیب دقیق زیست‌گاه اوجی در یک مکان خاص، در نهایت به خاک و آب و هوای محلی بستگی دارد. یک زیست‌گاه خشک هرگز نمی‌تواند بیش از درخت‌زاری با بوته‌های خاردار باشد، یا اگر خشک‌تر باشد، فقط علف‌زار خواهد بود ^(۵). یک تکه از جنگل متراکم ممکن است هرگز به حالت [سابق خود] باز نگردد، زیرا زیست‌گاه آن‌قدر تخریب شده باشد که ساختار زمین‌شناسی ^(۶) آن برای همیشه تغییر کرده باشد (هم‌آن‌طور که به نظر می‌رسد که در بسیاری از زیست‌گاه‌های مدیترانه‌ای، پس از دوره نوسنگی منجر به استقرار متراکم انسان شده است) (به پرسش ۴۸ نگاه کنید). با این حال، [روند رشته ذکر شده] نسبتاً پایدار است. ثبات رشته، هم‌چنین به ما یادآوری می‌کند که مزایای رقابتی گونه‌های گوناگون (یعنی سازگاری آن‌ها) است که تعیین می‌کند چه جان‌داری، در چه مرحله‌ای و در مراحل گوناگون، چه‌قدر موفق است.

(1) Secondary succession.

(2) Shrub.

(3) Pine.

(4) Oak.

(5) Hickory.

(6) Colonizer species.

(7) Climax habitat.

[۵] حدس من این است که نویسنده این کتاب معنی "خشک" را نمی‌داند.

[۶] نویسنده در این‌جا به جای "زمین‌شناسی"، به‌تر بود از "خاک‌شناسی" استفاده می‌کرد.

جانوران هم‌چنین ممکن است چنین زیست‌گاه‌هایی را در یک چیدمان خاص ساکن شوند. اسکان‌گران اولیه معمولاً حشرات هستند، و سپس شاید پرندگان - گونه‌هایی که در صورت سخت شدن شرایط محلی، بتوانند از مناطق بزرگ‌تر بیایند و [به مناطق بزرگ‌تر] بازگردند. سپس، گونه‌هایی مانند حشره‌خواران (برای مثال، وُل [۱] ^[۷]) یا جوندگان (برای مثال، موش)، دوزیستیان و خزندگان (برای مثال، مار)، اسکان خواهند یافت. تنها زمانی که زیست‌گاه به‌اندازه گسترش یافت، گیاه‌خواران بزرگ توانا خواهند بود در آن‌جا زنده بمانند، و تنها پس از آن، شکارگران بزرگ‌تر که به آن‌ها وابسته هستند، باز می‌گردند.

[۷] تصویری از ول (vole).



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10198072>

پرسش ۵۵ - آیا برهم زدن "هم‌ترازی زیستار" [۱] اهمیت دارد؟

اکوسیستم‌ها در طول هزاره‌ها [۲] فرگشت می‌یابند و به شرطی که شرایط به طور چشم‌گیری تغییر نکنند، سرانجام به یک وضعیت پایداری نسبی، "هم‌ترازی زیستار" [۳] می‌رسند. با این حال، از آن‌جا که اکوسیستم‌ها بیش‌تر شامل بسیاری از اجزای گوناگون (برای مثال، گونه‌ها) هستند، دارای هم‌ترازی بسیار ظریفی می‌باشند. یک بخش از زنجیره را مختل کنید، و [اثرات آن] ممکن است در سیستم، در چیزی که به نام آبشار تغذیه [۳] شناخته می‌شود، سرازیر شود. ما انسان‌ها بیش‌تر به دلیل‌هایی که در زمان [انجام]، کاملاً منطقی به نظر می‌رسند، [در هم‌ترازی زیستار] مداخله می‌کنیم، اما چون پیچیدگی کامل اکوسیستم محلی را درک نمی‌کنیم، دخالت‌های ما می‌تواند پی‌آمدهای ناخواسته‌ای داشته باشد که جبران آن دشوار است.

[۱] در اولین چاپ و پخش این کتاب "balance of nature" را که در نام این پرسش آمده به "تعادل طبیعت" برگردانده بودم، و اکنون آن را "هم‌ترازی زیستار" نوشته‌ام. روشن است که "هم‌ترازی زیستار" زیاده‌روی در کار فارسی

^[۱] Vole.

^[۲] Balance of nature.

^[۳] Trophic cascade.

نویسی است، و افزون بر آن کمی هم خنده‌دار هم هست! با این حال بهتر می‌بینم که این زیاده‌روی را نگه‌دارم. امیدم به آن است که در آینده، واژه‌های ایرانی به‌تری پیدا کنم، و یا همین واژه‌های خنده‌دار امروزی، بیش‌تر جا بیافتند.

[۲] در بحث‌های فرگشتی کاربرد نادقیق از "مقیاس زمانی" ممکن است به بدفهمی بیانجامد. در بعضی اکوسیستم‌ها "هزاره‌ها" ممکن است زمانی بسنده باشد. ولی به طور کلی بهتر است به جای واحد مطلق زمان (مثلاً سال) از یک واحد نسبی زمان (مثلاً نسل یا بازه نسلی) استفاده کرد. همچنین بهتر است دقت کرد که زمان لازم برای مشاهده تغییرها، معمولاً صدها هزاران سال، یا بیش‌تر، است. یک مثال، که مخصوصاً در مورد فسیل‌ها اعتبار دارد از این قرار است: لایه‌های رسوبی در "بهترین حالت" می‌توانند فاصله‌های زمانی بین ۴۰ هزار تا ۱۶۰ هزار سال را نشان بدهند (با میانگینی در حدود ۸۰ هزار سال). بنابراین اشاره به "هزاران سال"، بیش‌تر یک استثناء است، تا یک قاعده.

مشهورترین مورد در این زمینه احتمالاً وارد کردن خرگوش به استرالیا است، [که] ظاهراً [استرالیایی‌ها آن‌ها را] فقط برای این که این دوستان خردار اروپایی را در باغچه‌های خود داشته باشند، [انجام دادند]. در آن زمان، بدون شک این کار به‌اندازه معصومانه به نظر می‌رسید. بعدها معلوم شد که این کار پر دردسرتر از [آن چیزی است که] مردم تصور می‌کردند. [شاید] ده‌ها تلاش برای استقرار [خرگوش] صورت گرفت. اما به محض استقرار، انفجار جمعیت [خرگوش‌ها] صورت پذیرفت و به سان چرندگان، تأثیر وحشت‌ناکی بر علف‌زارهای حساس زمین‌های غیرساحلی {۱} گذاشتند. ثابت شده است که حذف آن‌ها ناممکن است. مورد بدنام دیگر استفاده از ددت (DDT)، به سان یک آفت‌کش کشاورزی بود (به پرسش ۴۰ نگاه کنید).

نمونه جدیدتر، وارد کردن دو گونه از کرم‌های جاودانه [۳] (گروهی از کرم‌های پهن) به فیلیپین، اندونزی، گینه نو، هاوایی و گوام برای کنترل جمعیت حلزون‌های غول‌پیکر آفریقایی {۲} بود، که پیش از این در این جزیره‌ها رها شده بودند، و در حال جای‌گزین شدن به جای حلزون‌های بومی بودند. [این روش] در ابتدا بسیار خوب عمل می‌کرد، و به نظر می‌رسید که یک مورد مثال زدن از کنترل زیست‌شناسانه آفات را ارائه می‌دهد. با این حال، به نظر می‌رسد که این کرم‌ها پس از نابود کردن حلزون‌های غول‌پیکر، اکنون به حلزون‌های بومی حمله می‌کنند. بنابراین، این راه حل، فقط مشکل اصلی را به شکلی ناهم‌گون بازگردانده است، که رسیدگی به آن ساده‌تر نیست.

[۳] بنا بر یک سنت اروپایی، نام‌های جان‌داران یا لاتین و یا "لاتینیزه" هستند. برگردانی چنین لغاتی به زبان دیگر مشکل‌های خاص خود را دارد. در این مورد خاص، کارشناسان ایرانی روی توان بازسازی بدن انگشت گذاشته و این خانواده از کرم‌های پهن را "کرم‌های جاودانه" می‌خوانند، در حالی که نام لاتین همین کرم‌ها، اشاره به شکل "پهن" یا "نواری" این کرم‌ها دارد. با توجه به این که فارسی و لاتین از یک خانواده هستند، سعی من بر این بوده که از نام‌هایی استفاده کنم که در لاتین و فارسی یک مفهوم را "هم‌خوانی" کنند. این یکی از بسیار مواردی است که در آن هم‌خوانی وجود ندارد.

حذف شکارگران بالادستی از زیست‌گاه‌ها، بیش‌تر، مشکل‌های ناخواسته ایجاد می‌کند. یک مثال تاریخی به سمورهای دریایی {۳} جزیره‌های التوتین {۴}، در نزدیکی آلاسکا، مربوط می‌شود. هنگامی که تجارت خز، در قرن نوزدهم، جمعیت سمورها را از بین برد، [جمعیت‌های] خارپشت‌های دریایی

{1} Hinterland.

{2} Giant African snail.

{3} Sea otter.

{4} Aleutian.

()، که طعمه اصلی سمورها بودند، [رشد] انفجاری پیدا کردند و شروع به خوردن جنگل‌های کتانجک {۱} [۴] در آب‌های پیرامون آن جزیره‌ها کردند. در نتیجه، جمعیت ماهیانی که از کتانجک برای پناه‌گاه، [در برابر] ماهی‌های شکارگر، و هم‌چنین به سان منبع خوراکی غنی استفاده می‌کردند، نیز رو به کاهش گذاشت. عقاب‌های طاس {۲} [۵] که از ماهی تغذیه می‌کردند، به نوبه خود مجبور شدند عادت‌های خوراکی خود را تغییر دهند و سایر گونه‌های طعمه‌ای را زیر تأثیر قرار دهند. به طور مشابه، ریشه‌کن کردن گرگ‌ها، از پارک ملی یلوستون {۳} در ایالات متحده، منجر به افزایش جمعیت واپیتی {۴} [۶] شد، که به لگدمال شدن شمار زیادی نهال صنوبر لرزان و نهایتاً کم شدن چنین درختانی شد.

[۴] "کتانجک"، نوعی جلبک دریایی است.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6515137>

[۵] تصویری از یک عقاب طاس.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61980497>

[۶] تصویری از واپیتی ماده و گوساله‌اش.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50248833>

{1} Kelp.

{2} Bald eagle.

{3} Yellowstone.

{4} Elk.

شمار مثال‌ها [از برهم زدن هم‌ترازی زیستار] در هر دهه، چند برابر می‌شود. در بیش‌تر موارد، این فقط نتیجه این واقعیت است که درک ما از روابط بین گونه‌های گوناگون در یک زیست‌گاه، به طرز تأسف‌آوری ضعیف است. این نیز تا حدی به این دلیل است که محدودیت‌های [روان] شناختی خود ما، فکر کردن پیچیده‌تر از علت-معلول ساده را، برای ما دشوار می‌کنند. افزون بر این، گاهی وقت‌ها ممکن است زمان زیادی طول بکشد تا [بر هم زدن هم‌ترازی زیستار] اثرات خود را نشان داده و آشکار شود، بنابراین ما تا دیر نشده، مشکل را تشخیص نمی‌دهیم. یکی از نمونه‌های آن، شکار بی‌رویه نهنگ‌های بالیین در اقیانوس جنوبی در اواخر قرن نوزدهم، و اوایل قرن بیستم است (به پرسش ۵۳ نگاه کنید). نیم قرن طول کشید تا تأثیر کامل [شکار بی‌رویه] آشکار شود. فقط به این دلیل که در اولین دخالت همه چیز خوب به نظر می‌رسد، به این معنی نیست که پس از آن پی‌آمدی در پی نخواهد بود. درس این است که، ما با دخالت در روند ظریف فرگشتی، به خطر می‌افتیم.

پرسش ۵۶ - چرا بازآوری جنسی فرگشت یافت؟

بازآوری جنسی، از بسیاری جنبه‌ها، نمونه‌ای کهن‌الگو^(۱)، از پیچیدگی فرگشتی است. اما این یکی از کم فهم شده‌ترین جنبه‌های زیست‌شناسی اندام‌گانی^(۲) است. اولین شکل‌های زندگی، پیش‌هسته‌ای‌ها بودند - جان‌داران تک یاخته‌ای، که مانند باکتری‌ها، با تقسیم ساده تکثیر می‌شوند (به پرسش ۳۲ نگاه کنید). برخی از این پیش‌هسته‌ای‌ها مواد ژنتیکی را از طریق جفت شدن (روندی که از آن با گشن‌گیری^(۳) نام برده می‌شود) تبادل می‌کنند، که با بازآوری جنسی یکی نیست، زیرا کامه‌های^(۴) رد و بدل شده ناهم‌گونی ندارند، و تبادل کامه به هر صورت، ممکن است ناقص باشد. در برابر، تقریباً همه هسته‌داران به صورت جنسی بازآوری می‌کنند، اگرچه برخی، مانند شته معمولی باغچه، می‌توانند به طور متناوب بازآوری جنسی و غیرجنسی، داشته باشند. بازآوری جنسی تنها حدود یک میلیارد سال پیش فرگشت یافته است^(۳).

[۱] برای واژه "organ" در فارسی امروزی برابر نهادهای فراوانی وجود دارد. اما منظور از آن در زیست‌شناسی به "وجود بخش‌هایی از بدن که کار خاصی انجام می‌دهند" نزدیک است. در مفهوم زیست‌شناسانه، دو واژه "دست‌گاه" و "اندام" بیش‌تر به کار می‌روند. چون "دست‌گاه" را در مورد ساختارهای نازنده هم به کار می‌برند، ترجیح می‌دهم برای هر واژه ای که "organ" را در خود دارد (مانند "organelle"، "organic"، ...) تا آن‌جا که ممکن است، از واژه "اندام" استفاده کنم. واژه "organism" را که تا به حال به "جاندار" برگردان کرده‌ام، می‌توان به "اندام‌گان" برگردان کرد، ولی فکر کردم که شاید قدری زیاده‌روی باشد!

[۲] در متن از واژه "gamete" استفاده شده، که به طور روشنی نامناسب است، زیرا "gamete" واژه‌ای است که برای یاخته‌های جنسی به کار می‌رود. در اینجا باید نویسنده واژه‌ای را که مناسب بازآوری غیرجنسی باشد به کار برد (مانند "spore = هاگ"، هر چند که "هاگ" برای قارچ‌ها استفاده می‌شود). به هر رو، گویا در فارسی برای "gamete" از دو واژه "کامه" و "زامه" استفاده می‌شود، که ریشه این دو واژه برای من مشخص نیست.

^(۱) Archetypal.

^(۲) Organismic.

^(۳) Conjugation.

[۳] منابع دیگری که من دیده‌ام، پیدایش بازآوری جنسی را در حدود ۵۴۰ میلیون سال پیش می‌دانند.

یکی از مشکل‌های مربوط به بازآوری جنسی این است که ما، در طول روند منجر به لقاح، نیمی از ژن‌های خود را بی‌دلیل دور می‌ریزیم. در برابر، در بازآوری‌های غیرجنسی، هر "فرزندی"، یک سری کامل از ژن‌ها را دریافت می‌کند [۴]. افزون بر این، جان‌داران چند یاخته‌ای [۵] این عیب را دارند که پیچیدگی بیش‌تر آن‌ها، به این معنی است که افراد با کندی بیش‌تری، رشد می‌کنند. زمان درازتر [بازه نسل] به این معنی است که آن‌ها نمی‌توانند به سرعت [در برابر] انگل‌ها [۶] و بیماری‌های جدید پاسخ دهند [۷]. این امر باعث دو برابر شدن هزینه وجود جنسیت می‌شود، که زیست‌شناسان فرگشتی را در بخش بزرگی از قرن [گذشته] متحیر کرده بود. چرا باروری جنسی ارزش فرگشت یافتن را دارد؟

[۴] ساختار این جمله را قدری تغییر دادم.

[۵] نویسنده فرض را بر این گذاشته است که تمام جان‌داران چند یاخته‌ای بازآوری جنسی دارند، که این چنین نیست.

[۶] به نظر می‌رسد که در این بخش نویسنده واژه "انگل" را در مفهوم گسترده "عامل بیماری‌زا" به کار برده است. با این حال، من در این برگردانی، استفاده از "انگل" را ادامه خواهم داد.

[۷] در این جا یک "پیچ" کوچک و بی مورد وجود دارد! به نظر می‌رسد نویسنده تصور می‌کند که بزرگ‌ترین مشکل دراز شدن بازه نسل، کاهش کارایی رو در رویی با انگل‌ها و بیماری‌ها است. در حالی که رو در رویی با سرما و گرما، یا رطوبت و خشکی، یا پیدا کردن خوراک، ممکن است مشکل‌های بزرگ‌تری باشند. در چهارچوب‌های فرگشتی، جمعیت‌ها بهتر است که فاصله دو نسل (بازه نسل) کوتاه داشته باشند، تا بتوانند میزان "چرخش مواد ژنتیکی" خود را بالا ببرند. نویسنده در بند بعد هم، همین استدلال مهم بودن بیماری‌ها را، ادامه می‌دهد.

یک پیش‌نهاد این است که [بازآوری جنسی] به ارگانیسم اجازه می‌دهد با پیوستار گسترده‌تری از انگل‌ها کنار بیاید. رابطه بین میزبان و انگل‌ها کمی همانند روند "شهبانوی سرخ" ^(۱) است - این نام‌گذاری برگرفته از شهبانوی سرخ در داستان "آن سوی آینه" ^(۲)، دنباله داستان "آلیس در سرزمین عجایب" ^(۳)، نوشته لوئیس کارول ^(۴) است [۸]. هم‌آن‌طور که شهبانوی سرخ مجبور به دویدن بود تا بتواند در یک جا بماند، جان‌داران نیز باید خود را با سرعت سریع جهش انگل‌ها هم‌گام کرده و سازگاری پیدا کنند [۹]. سیستم دفاعی هر فرد، فقط در برابر پیوستار (طیف) محدودی از انگل‌ها قرار گرفته است، بنابراین با مخلوط کردن ژن‌ها با [ژن‌های] فرد دیگری که انواع ناهم‌گونی از انگل‌ها را تجربه کرده است، ارگانیسم، دامنه انگل‌هایی را که می‌تواند با آن‌ها کنار بیاید، افزایش می‌دهد ^(۱۰). این در یکی از آزمایش‌های تازه نشان داده شد که در آن کرم گرد سی ال‌گنس ^(۵) [۱۱] (که روش بازآوری آن را می‌توان به صورت ژنتیکی بین بازآوری جنسی و خودباروری تغییر داد)، در برابر یک انگل باکتریایی بیماری‌زا، که فرگشت سریع دارد، قرار گرفت. یافته‌ها تأیید

(1) Red Queen.

(2) Through the Looking-Glass.

(3) Alice in Wonderland.

(4) Lewis Carroll.

(5) C. (Caenorhabditis) elegans.

کرد که جمعیت‌های خودبارور، به راستی بیش‌تر در تیررس گونه‌مرگی [۱۲] در برابر انگلِ فرگشت شونده، هستند تا جمعیت‌هایی که بازآوری جنسی دارند.

[۸] در این جا سه نکته برای گفتن دارم.

اول: "شهبانوی سرخ" اشاره به بخشی از داستان "آن سوی آینه" یا "از میان آینه" (Through the Looking Glass) نوشته "لوییس کرول" (Lewis Carroll) دارد. این بخش از زیباترین بخش‌های این کتاب است.

دوم: در بخشی از داستان، الیس (Alice) و شهبانوی سرخ (Red Queen) با سرعت زیاد می‌دوند، ولی درجا می‌زنند. الیس در حالی که نفس نفس می‌زند به شهبانوی سرخ می‌گوید "در سرزمین من، اگر زمانی دراز به آن سرعتی که ما دویدیم، بدوی، معمولاً به جایی دیگر می‌رسی." شهبانوی سرخ در پاسخ، و با لحنی تمسخرآمیز، می‌گوید "چه سرزمین آهسته‌ای! ببین! در این جا هر چه قدر می‌توانی باید بدوی، تا در یک جا باز بمانی." انگاره شهبانوی سرخ اشاره به تغییرهای سریع محیطی و تغییرهای سریع بسامدهای آلل‌ها، در پاسخ به تغییرهای محیطی دارد.

سوم: در رشته ژنتیک جمعیت، مخصوصاً در بین آن‌هایی که با فرگشت زیاد کار می‌کنند، و هم‌چنین در برخی رشته‌های نزدیک به آن، از این جور نام‌گذاری‌ها (مثل شهبانوی سرخ) بر روی انگاره‌ها و نگره‌ها زیاد دیده می‌شود. من از این جور نام‌گذاری‌ها "خوشم" نمی‌آید، زیرا با افزون کردن بار فرهنگی به یک مفهوم دانشیک، فهم آن مفهوم را برای کسانی که بیرون آن فرهنگ قرار دارند، دشوار می‌کند.

[۹] ساختار این جمله را قدری تغییر دادم.

[۱۰] این جمله، در این ریختی که اکنون دارد، اشتباه است، زیرا جای "علت و معلول" را اشتباه گرفته است. اما اگر آن را برعکس بنویسد، درست می‌شود: "در بازآوری جنسی، ترکیب ژن‌های دو فرد، به پراکندگی ژنتیکی بیش‌تر در فرزندان می‌انجامد و در نتیجه فرزندان آن‌ها امکان بیش‌تری برای رو در رویی با عامل‌های محیطی، منجمله عامل‌های بیماری‌زا، خواهند داشت."

[۱۱] گردکرم "Caenorhabditis elegans" که بیش‌تر و به اختصار "C. elegans" خوانده می‌شود، یکی از مهم‌ترین جان‌داران آزمایش‌گاهی است.

[۱۲] به دو دلیل، در اینجا به‌تر بود که نویسنده به جای واژه "گونه‌مرگی" از واژه "مرگ" استفاده می‌کرد. دلیل اول آن که مرگ یک جمعیت، به معنای مرگ آن گونه نیست. دوم آن که آزمایشی که از آن نام برده می‌شود، یک آزمایش در زمینه خُردفرگشت (microevolution) است و در گسترش یافته‌های آن به کلان‌فرگشت (macroevolution) باید احتیاط کرد.

بازآوری جنسی ممکن است به طور تصادفی اجازه دهد تا ژنوتیپ‌های سودمند جدیدی که سازگاری‌های کاملاً نوینی دارند، ظاهر شوند. احتمال دیگر این است که [بازآوری جنسی] اجازه می‌دهد ژن‌های مضر، مخفی بمانند (از طریق سازوکار غالب/مغلوب مندل) (به پرسش ۲۲ نگاه کنید) یا حتی به طور کامل حذف شوند [۱۳]. با جداسازی دو نیمه یک [جفت] کروموزوم در طی [تقسیم یاخته‌ای] میوز، الل جهش یافته مضر، از الل معمولی جدا می‌شود و به الل معمولی اجازه بازآوری می‌دهد [۱۴]. به این ترتیب، شما فقط نیمی از فرزندان خود را، به جای همه آن‌ها، از دست می‌دهید. در واقع، بازآوری جنسی مانند یک فیلتر طبیعی برای از بین بردن جهش‌های مضر عمل می‌کند [۱۵].

[۱۳] این ادعا که "بازآوری جنسی ممکن است بتواند به حذف (چه ناقص و چه کامل) "ژن"ها (چه مضر و چه کم ضرر) بیانجامد" پایه و اساس ندارد! اصلاً این دو موضوع ربطی به هم‌دیگر ندارند! حذف شدن، ناشی از گزینش (selection) یا رانش تصادفی ژنتیکی (random genetic drift) است.

[۱۴] به‌تر بود که این جمله به این صورت نوشته شود: "با جداسازی دو نیمه یک [جفت] کروموزوم در طی [تقسیم یاخته‌ای] میوز، ال جهش یافته و ال معمولی، هر کدام جداگانه به یاخته‌های گوناگون می‌روند."

[۱۵] هم‌آن‌طور که پیش از این گفتم این حرف، پایه و اساس ندارد!

یک سوال جالب این است که چرا فقط دو جنس [۱۶] وجود دارد. اگرچه در اصل وجود انواع گوناگون کامه‌ها (و از این رو جنس‌های گوناگون بسیار ممکن است)، اما به راستی هیچ گونه گیاه، جانور، قارچ یا حتی پروتیست‌هایی [۱۷] {۱} که دارای بازآوری جنسی هستند (برای مثال، پلاسمودیوم مالاریا) بیش‌تر از دو جنس نداشته‌اند. گاهی دوجنسی‌هایی {۲} وجود دارند (به پرسش ۵۷ نگاه کنید)، که به نظر می‌رسد عمدتاً به دلیل اشتباه‌های رشدی، وجود دارند، اما هیچ مورد عادی از سه یا چند جنس وجود ندارد. برای بررسی علت این امر، زیست‌شناسان فرگشتی مجبور شده‌اند برای بررسی این سوال، به مدل سازی ریاضی متوسل شوند [۱۸]. به نظر می‌رسد پاسخ این است که جمعیت‌هایی با بیش از دو جنس ناپایدار هستند.

[۱۶] دقت کنید که برخورد نویسنده در این بخش، تا حد زیادی دوگانه‌بینانه "dualistic" است. جنسیت، حداقل در شش تراز کروموزومی، ژنتیکی، هورمونی، کالبدی، روانی و اجتماعی تعریف می‌شود. در هر کدام از این سطوح، یک پیوستار (طیف) جنسیتی وجود دارد. افزون بر این، هر فردی در طول رشدشناسی (ontogeny) زندگی خود، بین دو انتهای هر کدام از این شش تراز در نوسان است. تفکر دوگانه‌بینانه (dualistic) در ابتدای زندگی بشر، ممکن است به بشر کمک کرده باشد. یا حتی در دوران ما، در مراحل نخستین فهم یک موضوع، ممکن است به ما کمک کند. ولی در دراز مدت، تفکر دوگانه بینانه، ما را از فهم ژرف پدیده‌ها باز می‌دارد. یک مثال ساده را تکرار می‌کنم. فرض کنید درباره اندازه قد یک فرد بحث می‌کنیم. قرار دادن آن فرد در یک "دوگانه بلند و کوتاه"، حاوی مقدار بسیار کمی اطلاعات است. ولی با فاصله‌گیری از تفکر دوگانه بینانه، و بیان اندازه قد به سانتی‌متر و میلی‌متر، هم حجم اطلاعات را بالا می‌بریم و هم مقایسه‌ها را دقیق می‌کنیم. من تفکر دوگانه بینانه را، مشخصه دوران کم آگاهی انسان می‌انگارم. انسان مدرن، بهتر است به تفکر چندگانه‌بینانه (pluralistic) رو بیاورد، چه در زمینه دانش، و چه در سایر زمینه‌ها.

[۱۷] پروتیست‌ها، جانداران هسته‌داری هستند که جانور، گیاه و یا قارچ نیستند.

[۱۸] امروزه روز، هیچ بخشی از فرگشت نیست که مدل‌سازی ریاضی را به کار نبرد.

پرسش ۵۷ - دو جنس چه‌گونه تعیین می‌شوند؟

یکی از ویژگی‌های عمومی بازآوری جنسی این است که یک جنس، کامه بسیار بزرگ‌تری (که معمولاً تخمک نامیده می‌شود)، نسبت به جنس دیگر (که اسپرم تولید می‌کند) دارد، و بنابراین هزینه بسیار بالاتری برای بازآوری پرداخت می‌کند [۱]. معمولاً، این امر به این دلیل است که تخمک،

{1} Protist.

{2} Hermaphrodite.

افزون بر هسته و کروموزوم‌ها^(۱)، مقدار زیادی از مواد سیتوپلاسمی^(۲) را در خود جای داده است، در حالی که اسپرم، تنها هسته‌ای است که از هرگونه [ماده] اضافی جدا شده است. هیچ توضیح کاملاً رضایت بخشی برای این که چرا [چنین چیزی] باید فرگشت می‌یافت وجود ندارد، به جز این واقعیت که ممکن است این امر نتیجه یک مسابقه تسلیحاتی فرگشتی باشد، که در آن یکی از جنس‌ها، با کاهش تدریجی سرمایه‌گذاری، جنس دیگر را گول بزند، تا مجبور به پرداخت سهم بیش‌تری بشود. سپس جنس دیگر، در گیرودار یک معامله و بین دو انتخاب قرار می‌گیرد: سرمایه‌گذاری بیش‌تر برای بازآوری یا کنار گذاشتن بازآوری - که گاهی وقت‌ها به نام راهبرد انتخاب هابسون^(۳) شناخته می‌شود^۱.

این پدیده به نام توماس هابسون، میرآخور کمبریجی قرن ۱۷، مشهور شد که به کسانی که اسب‌های او را اجازه می‌کردند اجازه می‌داد هر اسبی را که دوست دارند انتخاب کنند، به شرطی که آن اسبی باشد که مدت درازتری در اصطبل مانده باشد (و از این رو بیش‌تر استراحت کرده باشد) - به عبارت دیگر، اصلاً انتخابی وجود ندارد. راهبرد انتخاب هابسون، نوعی راهبرد است که در آن هیچ انتخابی وجود ندارد.

[۱] حدس من این است که نویسنده ناهم‌گونی دو پدیده (و هزینه آن‌ها) را ندیده و آن دو را، یک پدیده فرض کرده است. یک پدیده، ناهم‌گونی اندازه یاخته‌های جنسی (کامه = gamete) است. پدیده دیگر، ناهم‌گونی سرمایه‌گذاری بر روی رشد یک نتاج (یک فرزند) است. در اکثر جان‌داران، هزینه پرداختی برای اندازه یاخته‌های جنسی، بسیار کم‌تر از هزینه پرداختی برای رشد یک نتاج است. یک مثال ساده، این ناهم‌گونی را مشخص می‌کند. در پستان‌داران معمولی، مانند موش/گوسفند/انسان/گاو/اسب/نهنگ، هزینه اندازه یاخته جنسی برای جنس ماده، در برابر هزینه حمل و پرورش نتاج در رحم برای زمان نسبتاً دراز بارداری، بسیار بسیار کم‌تر است. علت این که نویسنده این دو پدیده را به اشتباه یکی دانسته، احتمالاً آن است که در اکثر جان‌داران (و نه در ۱۰۰٪ جان‌داران) آن جنسی که هزینه بیش‌تری برای یاخته جنسی می‌پردازد (معمولاً جنس ماده)، همان جنسی است که هزینه حمل و پرورش نتاج را می‌پردازد. البته، استثناء هم وجود دارد. بنابراین، نویسنده به اصل مهمی اشاره می‌کند، ولی از مثال نامناسبی استفاده می‌کند.

معمولاً جنسی که تخمک را تولید می‌کند ماده، و جنسی که اسپرم را تولید می‌کند نر، می‌خوانیم، اما این عمده‌تاً به این دلیل است که در پستان‌داران این رخداد پیش می‌آید^[۲]. در پستان‌داران، دو جنس، از نظر کروموزوم‌های جنسی ناهم‌گون هستند: ماده‌ها دارای دو کروموزوم X با اندازه عادی هستند، در حالی که نرها دارای یک کروموزوم X و یک کروموزوم کوچک Y هستند، که با [کروموزوم X] جفت می‌شود. کروموزوم Y انسان تنها ۵۹ میلیون جفت قلیایی و فقط ۷۰ ژن کد کننده پروتئین دارد، در حالی که در کروموزوم X حدود ۱۵۵ میلیون جفت قلیایی با حدود ۸۰۰ ژن وجود دارد. به نظر می‌رسد کروموزوم Y زمانی یک کروموزوم با طول عادی معمولی همانند X بوده است، اما بیش‌تر مواد ژنتیکی خود را در طول فرگشت از دست داده است.

[۲] گویا حواس نویسنده پرت شده است، زیرا این جمله، ربطی به ادامه این بند ندارد!

^(۱) Chromosome.

^(۲) Cytoplasm.

^(۳) Hobson's choice strategy.

به نظر می‌رسد کروموزوم Y، به جز تغییر مغز جنین به سمت شکل مردانه، کار بسیار کمی انجام می‌دهد. همه جنین‌های پستان‌داران در ابتدا دارای یک شکل زنانه هستند، اما آن‌هایی که دارای کروموزوم Y هستند، مغز جنین را به شکل مردانه در می‌آورند و افزایش تستوسترون حین بلوغ، بدن را به فرم بدن مردانه تبدیل می‌کند. [البته] این امر کاملاً در دست ژن‌ها نیست. محرک این امر در جنین، سرعت رشد جنین است (جنین‌های نر سریع‌تر رشد می‌کنند، پدیده‌ای که با نام "مسابقه نر شدن" شناخته می‌شود) [۳]. از آن‌جا که یک محرک رشد وجود دارد، و این می‌تواند به شرایط بستگی داشته باشد (برای مثال، تغذیه مناسب مادر)، برخی از جنین‌های نر توانایی تغییر ندارند و هم‌چون یک زن متولد می‌شوند. این رخداد با بسامد حدود ۱ در ۱۵۰۰۰ در تولد نوزادان دختر مشاهده می‌شود. این افراد بیش‌تر دارای اندامی دوجنسه ^(۱) (همانند مردان) هستند، بیش‌تر ورزش‌کاران خوبی هستند و معمولاً هنگام رقابت با زنانی که از نظر کروموزومی عادی هستند، از مزیت برخوردارند [۴]. در المپیک تابستانی ۱۹۹۶ در آتلانتا، هشت زن ورزشکار از نظر کروموزومی مرد (یعنی XY) بودند. در سال ۱۹۵۰ دونده رکورددار هلندی ۲۰۰ متر جهان، فوکیه دیلما ^(۲) از شرکت در مسابقات دو و میدانی بین المللی محروم ماند زیرا او از انجام آزمایش ژنتیکی تعیین جنسیت، که به تازگی درست شده بود، خودداری کرد. آزمایش‌های پس از آن نشان داد که اگرچه او از نظر فنوتیپی زن بود، اما از نظر ژنتیکی موزاییک XX/XY بود (برخی از یاخته‌های وی XX و برخی دیگر XY بودند). به نظر می‌رسد این احتمالاً از ژنوتیپ XXY ایجاد شده است.

[۳] محتوای این جمله درست است. ولی، واژگان "مسابقه نر شدن" را خیلی جدی نگیرید.

[۴] تفکر دوگانه‌بینانه (دوالیستی) نویسنده، این‌جا هم خود را نشان می‌دهد. می‌توانید دوباره به توضیح من در مورد پرسش ۵۶ هم نگاه کنید!

در برخی موارد، تصادفات توارثی می‌توانند به ایجاد افراد XO در انسان منجر شوند (معمولاً به این دلیل که یکی از کروموزوم‌های X وجود ندارد یا تکه تکه شده است). این به نشانگان ترنر ^(۳) معروف است، که در حدود ۱ از هر ۵۰۰۰ زن مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های آن، قد کوتاه، طناب‌گردنی ^(۴) و گوش‌های پایین، است. این افراد معمولاً عقیم و مستعد چاقی و نقایص قلبی و تیروئیدی هستند. برخی از نرها می‌توانند کروموزوم X اضافی (XXY، XXXY یا بسیار به ندرت حتی XXXXY) داشته باشند، وضعیتی که به نشانگان کلاینفلتر ^(۵) معروف است. علائم، بیش‌تر نامشخص است، اما می‌تواند شامل قامت نامعمول، هم‌آهنگی ضعیف، بیضه‌های کوچک و بی‌دل‌بستگی به رابطه جنسی باشد، که هر چه شمار کروموزوم X بیشتر باشد، این علائم شدیدتر است. وجود XXY با فراوانی ۱ در هر ۱۰۰۰ نوزاد پسر، XXXY با فراوانی ۱ در هر ۵۰ هزار نوزاد پسر و XXXXY با فراوانی ۱ در هر ۱۰۰ هزار نوزاد پسر رخ می‌دهد. علت این بیماری، ژنتیکی نیست، اما فراتر از آن، به خوبی درک نشده است. مردان XYY نیز دارای بسامد ۱ در هر ۱۰۰۰ نوزاد پسر هستند، اما افزون بر قد بلندتر از میانگین و افزایش خطر مشکل‌های یادگیری، اکثراً افراد سالمی

(1) Androgynous.

(2) Foekje Dillema.

(3) Turner syndrome.

(4) Webbed neck.

(5) Klinefelter syndrome.

هستند. ادعاهای اولیه‌ای وجود داشت که نشان می‌داد افراد XYY بیشتر مظنون به خشونت هستند، اما به نظر می‌رسد که این امر، با بررسی در نمونه‌های بزرگ‌تر، تأیید نشده است. در این مورد هم به نظر می‌رسد که علت آن دوبرابر شدن تصادفی کروموزوم Y در طول [تقسیم یاخته‌ای] میوز باشد.

در طول دهه 1930، رونالد فیشر، ژنتیک‌دان [۵] بریتانیایی نشان داد که گزینش بسامد-وابسته [۶] باید به شمار مساوی از دو جنس، در گروهی که در سن باروری هستند، منجر شود. این امر به این دلیل است که اگر به طور تصادفی، فراوانی یک جنس افزایش یابد، به طور خودکار جنس نادر را ارزش‌مندتر می‌کند و گزینش زیستاری به سرعت به سازوکارهایی منجر می‌شود که از آن جنس، بیش‌تر درست می‌کند [۷]. با این حال، او هم‌چنین اشاره کرد که این استدلال واقعاً در مورد سرمایه‌گذاری در دو جنس صدق می‌کند، نه در مورد شمار ساده دو جنس. جنسی که معمولاً کم‌تر هزینه می‌کند جنس نر است، و در انسان‌ها به ازای هر ۱۰۰ لقاح ماده، ۱۴۰ لقاح نر وجود دارد. تا حدودی، به این دلیل که نرها تنها یک کروموزوم X دارند، اختلال‌های رشدی بیش‌تری را تجربه می‌کنند، به طوری که در زمان تولد، شمار [آن‌ها] به حدود ۱۰۸ نوزاد پسر به ازاء هر ۱۰۰ نوزاد دختر کاهش می‌یابد [۸]. مرگ و میر مردان، هم‌چنان در دوران نوزادی (عمدتاً به دلیل حساسیت بیش‌تر به بیماری‌های تنفسی و سایر بیماری‌های دوران کودکی) و در دوران نوجوانی (به دلیل خطرپذیری بیش‌تر)، ادامه دارد. در زمان آماده شدن برای بازآوری، این نسبت در نهایت به برابری، نزدیک می‌شود.

[۵] پیش از این هم گفته‌ام که فیشر را باید از بانیان واقعی دو شاخه از دانش‌های جدید دانست. اما فیشر خودش را بیشتر یک آماردان به حساب می‌آورد تا یک ژنتیک‌دان. این را هم بگویم که فیشر گویا هم "زن‌ستیز" و هم "نژاد پرست" بوده است! نبوغ او در ریاضی و آمار، چیزی از کژی‌های او در دیگر زمینه‌ها کم نمی‌کند.

[۶] گزینش بسامد-وابسته (frequency-dependent selection) نوعی از گزینش است که فشار گزینشی برای صفتی بین گزینشی و ناگزینشی نوسان دارد.

[۷] من از این مثال استفاده می‌کنم تا بگویم در بحث‌های فرگشتی (و مخصوصاً در بحث‌های مربوط به خُردفرگشت (microevolution) هر بحث "زبانی و جدلی" (verbal and argumentative)، باید یک پشتوانه تحلیلی-ریاضی (analytical mathematics) و یک تحلیل آماری تجربی (empirical statistical analysis)، مبتنی بر مشاهدات داشته باشد. این مطلبی که به فیشر منتسب می‌شود، در چهارچوب ارزش بازآوری (reproductive value) مطرح است. فیشر برای "ارزش فعلی فرزندان آتی، که یک فرد، در زمان حال دارد" معادله زیر را پیشنهاد می‌کند:

$$v_x = \frac{e^{mx}}{l_x} \int_x^{\infty} e^{-mt} l_t b_t dt$$

من از شرح جزئیات این معادله خودداری می‌کنم. برای توضیح دقیق به صفحه ۲۷ کتاب فیشر نگاه کنید:

Fisher, R. A. (1930). The Genetical theory of Natural Selection. OUP. 272pp.

^(۱) Frequency-dependent selection.

این مثال و این معادله را از آن روی ذکر کردم که بگویم تصور نشود که بحث‌های فرگشتی فقط "حرافی" است.

[۸] دو نکته را باید یادآور شوم. اول این‌که این ارقام قطعیت ندارند و در پژوهش‌های گوناگون، یافته‌های گوناگونی به دست آمده است. و دوم این‌که این جمله‌ها را قدری تغییر داده‌ام.

پرسش ۵۸ - آیا همه جان‌داران جنسیت خود را به یک شکل تعیین می‌کنند؟^[۱]

به نظر می‌رسد که در ساخت دو جنس، فرگشت به خرج ما، [خودش را] سرگرم کرده است. [شمار] روش‌های تولید دو جنس، از [شمار] سیستم‌های ازدواج انسانی، بیش‌ترند. در حالی که همه پستان‌داران دارای سیستم کروموزومی XX/XY هستند، پرندگان، برخی ماهی‌ها و سخت‌پوستان، و هم‌چنین پروانه‌ها و شب‌پره‌ها [و بیدها]، کارها را برعکس انجام می‌دهند: جنس XX [یا به‌تر است بگوئیم ZZ] اسپرم و جنس XY [یا به‌تر است بگوئیم ZW] تخمک تولید می‌کنند. از آن‌جا که کروموزوم‌های گوناگون هم‌چون کروموزوم جنسی عمل می‌کنند، نمونه پرندۀ معمولاً به نام سیستم ZW نامیده می‌شود. مانند سیستم پستان‌داران، کروموزوم Z بزرگ‌تر است و ژن‌های بیش‌تری دارد. هیچ ژن مشترکی بین کروموزوم‌های XY پستان‌داران و کروموزوم‌های ZW پرندگان وجود ندارد، بنابراین به نظر می‌رسد کروموزوم‌های جنسی در هر مورد به طور مستقل از کروموزوم‌های جسمی (اتوزومال = ^{۱}) گوناگون فرگشت یافته‌اند. با این حال، [موضوع] می‌تواند [پیچیده‌تر] شود: ماهی پلتی ^{۲} هر دو سیستم را با کروموزوم‌های X، W و Y ترکیب می‌کند. با این وجود، هنوز دو جنس فنوتیپی دارد، که ماده‌ها WX، WY یا XX هستند در حالی که نرها XY یا YY هستند. به نظر می‌رسد که آن‌ها خیلی از این موضوع ناراحت نیستند^[۲].

[۱] با توجه به روان‌شناس بودن نویسنده، به‌تر است به دقت مثال‌های جانورشناسانه که در این پرسش می‌آید، شک کرد.

[۲] همه این پراکندگی‌هایی که در این جمله‌ها مثال زده می‌شود، نشان از آن دارد که پافشاری بر تفکر دوگانه‌بینانه (دوالیستی)، فهم ناقصی از پدیده‌ها ایجاد می‌کند. چندگانه بینی (پلورالیستی)، تفکر ژرف‌تر و گسترده‌تری را ممکن می‌سازد.

برخی از گروه‌های جانوری فقط کروموزوم X دارند، و در نرها تنها یک کروموزوم (از این رو XO) وجود دارد، در حالی که ماده‌ها دو کروموزوم معمولی دارند. این سیستم در عنکبوت‌ها ^{۳} و عقرب‌ها ^{۴}، سنجاقک‌ها ^{۵} و بید کاغذ ^{۶}، ملخ‌ها ^{۷}، جیرجیرک‌ها ^{۸} و سوسک‌ها ^{۹} و برخی

^{۱} Autosomal.

^{۲} Platy fish.

^{۳} Spider.

^{۴} Scorpion.

^{۵} Dragonfly.

^{۶} Silverfish.

^{۷} Grasshopper.

^{۸} Cricket.

^{۹} Cockroach.

کرم‌های گرد، سخت‌پوستان^{۱} و نرم‌تنان و هم‌چنین چند خانواده ماهیان استخوانی^{۲} وجود دارد. در گروه‌های دیگر (به ویژه زنبورها، زنبور وحشی، مورچه‌ها^{۳} و ریشک‌بال^{۴})، جنسیت بستگی به این دارد که آیا تخمک توسط یک [جانور] نر تلقیح شده است یا نه. در این گونه‌ها، نرها از تخم‌های لقاح نیافته به وجود آمده و تنها یک مجموعه کروموزوم دارند، در حالی که ماده‌ها از تخم‌های لقاح‌یافته به وجود آمده و دارای دو دسته [کروموزوم] معمولی هستند (که سیستم ژنتیکی به نام هپلودیپلوئیدی^{۵} را می‌سازد). این [امر] تأثیر عجیبی دارد، به این معنی که یک نر، پدر ندارد و نمی‌تواند پسر داشته باشد، اما می‌تواند هم پدربزرگ باشد و هم نوه داشته باشد. هم‌چنین به این معنی است که ماده‌ها با خواهران [تنی] خود بیشتر ارتباط [ژنتیکی] دارند تا با فرزندان خود.

در برخی از گروه‌های جانوران، جنسیت بر اساس شرایط تعیین می‌شود. در دلقک‌ماهی^{۶} گرم‌سیری و خانواده ماهی‌های ورس^{۳}، همه به صورت ماده متولد می‌شوند و زندگی می‌کنند. هرگاه، تنها نر گروه بمیرد، ماده مسلط [بر گروه] به یک نر کاملاً کاربردی تبدیل می‌شود و نقش نر گروه را به عهده می‌گیرد. در خزندگان و ماهی‌های پیوسته‌استخوان^{۷} (یا ماهی‌های پرتوباله)، جنسیت فرزندان با دمای لانه‌ای که تخم‌ها در آن رشد می‌کنند، تعیین می‌شود. در لاک‌پشت‌ها، اگر دمای هوا پایین باشد، تخم‌ها بیش‌تر به جانور نر تبدیل می‌شوند، و اگر دما بالا باشد، تخم‌ها بیش‌تر به جانور ماده تبدیل می‌شوند. در کروکودیل‌ها، و تمساح‌ها، عکس آن صادق است.

[۳] تصویری از یک ماهی ورس در پانوش [۱]، پرسش ۳۵ وجود دارد.

با این حال، مورد محبوب من کرم مدیترانه‌ای بونلیا^{۸} است. این جاندار متواضع که به اندازه گردو است، زندگی خود را هم‌چون یک شفیره^{۹} کوچک برگ مانند، که توسط مادر آزاد می‌شود، آغاز می‌کند، و در دریا شناور می‌شود تا یکی از دو رخداد روی دهد. اگر بستر مناسبی پیدا کند، خود را [به آن] می‌چسباند و به ماده‌ای به اندازه گردو تبدیل می‌شود. اگر در هنگام شناور بودن توسط ماده‌ای بلعیده شود، نر می‌شود و همراه با شمار متغیری از نرهای دیگر، درون ماده زندگی می‌کند و تخم‌های ماده را از داخل بارور می‌کند.

یک مثال عجیب دیگر، و نمونه‌ای که شاید چیزی در مورد چگونگی فرگشت دو جنس به ما بگوید (به پرسش ۵۱ نگاه کنید)، پهن‌کرم^{۱۰} است (یکی از اعضای خانواده کرم‌های پهن^{۱۱} شامل

{1} Crustacean.

{2} Bony fish.

{3} Ant.

{4} Thrip.

{5} Haplodiploidy.

{6} Clownfish.

{7} Teleost.

{8} Bonellia.

{9} Larva.

{10} Flatworm.

{11} Platyhelminth.

کرم‌های نواری^{۱}، کپلک^{۲} ریه و کبد، و کرم پهن شیستوزوم^{۳} که باعث تب حلزون^{۴} می‌شوند). اینها دوجنس هستند و در حین جفت‌گیری تا یک ساعت با یک جفت "آلت تناسلی" خنجرمانند خود شمشیر^[۱] می‌زنند. برنده کسی است که بتواند پوست جفت خود را شکافته و اسپرم را به سیستم قلبی-عروقی جفت تزریق کند. از آنجایی که این باعث باروری تخمک‌های فرد بازنده می‌شود، بازنده را مجبور می‌کند که "مادر" شود. چقدر عجیب است^[۴]؟

[۴] لطفاً دقت کنید که مثال‌های این بندهای گذشته، پراکندگی بی حد و حصر پدیده جنسیت را نشان می‌دهند. در ضمن، با توجه به روان‌شناس بودن نویسنده بهتر است به دقت مثال‌های جانورشناسانه‌ای که در این پرسش آمده، شک کرد.

پرسش ۵۹ - چرا بین بازآوری و مراقبت والدانه تاخت زنی می‌شود؟

برازش (مشارکت ژن‌های [یک فرد] در ساخت مخزن ژنی آن گونه [در نسل بعد]) (به پرسش ۲۵ نگاه کنید) فقط مسئله ماندگاری بیش‌تر یا بازآوری بیش‌تر نیست. این امر درباره ماندگاری به‌اندازه، برای تولید نتاج بسنده، برای پرورش برخی از آن‌ها، تا بزرگ‌سالی است، تا بتوانند به نوبه خود بازآور شوند^[۱]. تاخت‌زنی^[۲] بین ماندگاری و بازآوری یکی از تصمیم‌هایی است که یک گونه باید اتخاذ کند، اما پس از آن، باید یک تاخت‌زنی دیگر را در نظر بگیرد - بین بازآوری و سرمایه‌گذاری والدانه (به‌اندازه مراقب فرزندان خود باشید که بتوانید وقت و کوشش خود را در راه آن‌ها سرمایه‌گذاری کنید، تا آن‌ها بتوانند به بزرگ‌سالان فعالی تبدیل شوند)^[۳].

[۱] و این یعنی حاصل‌ضرب ماندگاری و بازآوری.

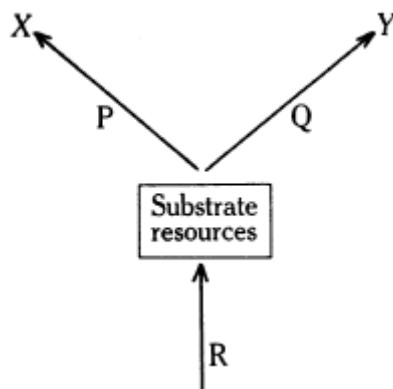
[۲] این اولین باری نیست که واژه "trade-off" در این کتاب به کار می‌رود. در دو بار پیش‌تر که این واژه به کار رفته بود، من بدون هیچ توضیحی آن را به "تاخت زدن" برگردان کردم. در واژه‌نامه‌ها "trade-off" را به "سبک و سنگین"، "تعادل"، "تبادل" و چیزهایی همانند این‌ها برگردان کرده‌اند. در انگلیسی، این واژه مفهوم "از دست دادن چیزی، برای به دست آوردن چیز دیگر" را در خود دارد. من واژه "تاخت زدن" را به کار بردم، زیرا به راحتی میتوان ترکیب‌های دیگری، مثل "تاخت‌زنی"، را با آن ساخت. به هر رو، این مفهوم بدان معنا است که در انتخاب بین دو چیز، هر چه از یکی بیش‌تر داشته باشی، مقدار بیش‌تری از آن دیگری از دست خواهی داد. این مفهوم در جانورشناسی، بوم‌شناسی و مباحث فرگشتی کاربرد بسیار زیادی دارد. از نظر ژنتیکی، تاخت‌زنی به این مفهوم است که بین دو صفتی که زیر بررسی هستند، هم‌بستگی منفی ژنتیکی (negative genetic correlation) وجود دارد. ساده‌ترین مثالی که فهم این مفهوم را ساده می‌کند آن است که بگوئیم، دو عضو یا دو کارکرد گوناگون در بدن یک جاندار، بر سر "منابع" با هم رقابت می‌کنند. به عبارت دیگر، و برای مثال مورد بحث در این پرسش، یک جاندار، هر چه منابع بیش‌تری را روی بازآوری هزینه کند، منابع کم‌تری را برای هزینه کردن برای مراقبت از فرزندان در اختیار دارد. به لحاظ بیوشیمیایی مانند آن است که دو آنزیم گوناگون، هر دو، به یک ماده نیاز داشته باشند. اگر آن ماده به یکی از آنزیم‌ها برسد، چیزی باز نمی‌ماند که به آنزیم دیگر برسد. در تصویر زیر، دو صفت X و Y و سه آنزیم P، R، و Q حضور دارند. دو آنزیم P و Q به محصول آنزیم R نیاز دارند و بین X و Y یک تاخت زنی وجود دارد.

{1} Tapeworm.

{2} Fluke.

{3} Shistosome.

{4} Bilharzia.



Sheridan, A., & Barker, J. (1974). Two-trait Selection and the Genetic Correlation II. Changes in the Genetic Correlation During Two-trait Selection. *Australian Journal of Biological Sciences*, 27(1), 89. <https://doi.org/10.1071/BI9740089>

نکته جالب این‌که، دیده‌ام محققانی را، در زمینه جانورشناسی/ بوم‌شناسی، و رشته‌های نزدیک آن‌ها، که جوری از تاخت‌زنی حرف می‌زنند که گویا تاخت‌زنی، یک پدیده مرموزی است!

[۳] ساختار این جمله را قدری عوض کرده‌ام!

تاخت‌زنی تولد نوزادان و پرورش آن‌ها تا بزرگ‌سالی به یک موضوع بسیار عمومی در زیست‌شناسی تبدیل می‌شود. تضاد اصلی بین گونه‌هایی است که یک‌جازایشی^{۱} هستند (و همه فرزندان خود را در یک دفعه [در محدوده کوتاه زمانی] به وجود می‌آورند) و گونه‌هایی که تکرارزایشی^{۲} هستند (و فرزندان خود را چند تا، چند تا، در زایش‌های پیاپی تولید می‌کنند)^[۴]. اولین روش، که گاهی وقت‌ها به نام راه‌برد "انفجار بزرگ"^[۵] شناخته می‌شود، به طور معمول، شامل تولید شمار زیادی تخم در یک نوبت، و ریختن آن‌ها در محیط (معمولاً آبی) می‌شود، و نوزادان را به حال خود رها می‌کند. در بیش‌تر این موارد، والدین خیلی زود پس از تلاش سنگین [برای بازآوری] جان خود را از دست می‌دهند. ماهی آزاد^{۳} نمونه کلاسیک آن است. گمان این است که شما بتوانید به شکارگران زیادی که ممکن است بچه‌های شما را بخورند، آن‌قدر [از تن خود] بخورانید، که از پس آن برنمایند. اگر فقط بخش کوچکی از نتاج به بزرگ‌سالی برسند، خوب است: [حتی] از بخش کوچکی از یک میلیون تخم، شمار [به اندازه] زیادی از بزرگ‌سالان ماندگار خواهند بود. گونه‌های تکرارزایشی، راه‌کار دیگری را دنبال می‌کنند. آن‌ها این راه‌کار را دارند که شمار کمی فرزند، در هر زمان تولید کنند، تا بتوانند روی هر یک از آن‌ها سرمایه‌گذاری کنند، تا شانس آن‌ها را برای رسیدن به بزرگ‌سالی بیشینه کنند. بوزینه‌ها و میمون‌ها (و البته انسان‌ها) بالاترین حد این راه‌کار را [دنبال می‌کنند]: آن‌ها معمولاً فقط یک نوزاد را در هر زمان تولید می‌کنند و سرمایه‌گذاری زیادی روی آن می‌کنند (بیش‌تر تا چندین سال)^[۶]. این‌که کدام راه‌برد بهتر است کاملاً بستگی به شرایطی دارد

^{1} Semelparous.

^{2} Iteroparous.

^{3} Salmon.

که، هم‌چون یک گونه، با آن روبرو می‌شوید. [چیزی به نام] بهترین روش برای انجام آن وجود ندارد!

[۴] ساختار این جمله را خیلی عوض کرده‌ام! هم‌آن‌طور که خود نویسنده در پیش‌گفتار کتاب گفته است، او تصور می‌کند که دقیق نوشتن، هم مطلب را دراز می‌کند و هم از گیرایی و جذابیت متن کم می‌کند. از نظر من، بی‌دقتی‌های او باعث ادامه بعضی کژفهمی‌ها می‌شود. در خیلی جاها، و منجمله در این بند، او از کلماتی استفاده می‌کند که به‌اندازه "عمومیت" ندارند. مثلاً به کار بردن کلمه "زایش یا تولد" (birth) در یک جمله و مثال آوردن از ماهی آزاد در دو جمله بعد، هم بی‌دقتی است و هم عمومیت ندارد.

[۵] و این هم از آن نام‌گذاری‌های نامناسب است!

[۶] برای این‌که ضعف استدلال نویسنده در بند پس از این برای شما روشن شود، در نظر بگیرید که اسب و الاغ و گاو و گاومیش هم همین راه‌کار را دارند!

مساله بزرگی که این دو گزینه را از هم جدا می‌کند اندازه مغز است. مغزهای بزرگ، انعطاف‌پذیری رفتاری را شدنی می‌کنند. این بدان معناست که نمی‌توان [مغزهای بزرگ] را در کارهایی که انجام می‌دهند از پیش برنامه‌ریزی کرد: نحوه سازگاری با شرایط متغیر باید آموخته و تمرین شود، و این کار، زمان و تجربه زیادی را می‌طلبد و به مغز بزرگی نیاز دارد که بتواند یادگیری کند [۷]. از آن‌جا که بافت مغز، فقط می‌تواند با سرعت ثابت ایجاد شود، مغزهای بزرگ نیاز به یک دوره دراز برای رشد خود دارند، و این بدان معناست که والدین باید مدت‌ها پس از تولد [فرزند]، به سرمایه‌گذاری خود ادامه دهند. بنابراین، در حد نهایی، نه تنها والدین مجبور به تغذیه کودکان در حال رشد خود، مانند بسیاری از پرندگان و پستان‌داران هستند، بلکه ممکن است به فرزندان خود نیز کمک کنند تا نحوه یافتن خوراک و کنارآمدن با پیچیدگی‌های زندگی اجتماعی را بیاموزند [۸].

[۷] صدر و ذیل این جمله، "همان‌گویی" (حشو قبیح) (tautology) دارد!

[۸] نویسنده بحث "یک‌جا زایشی" و "تکرارزایشی" را شروع کرد، ولی گویا آن را فراموش کرده است!

در بیش‌تر گونه‌ها، سرمایه‌گذاری در فرزندان با از شیر گرفتن پایان می‌یابد [۹]. در نخستین‌سالان [سرمایه‌گذاری روی فرزندان] حداقل تا بلوغ ادامه می‌یابد، زیرا روندها و تجربیات اجتماعی شدن نقش مهمی در رفتار بزرگ‌سالان ایفا می‌کنند (به پرسش ۸۴ نگاه کنید). در انسان، این دوره از زمان بلوغ بسیار فراتر می‌رود، عمدتاً به این دلیل که ما توانایی اجتماعی کامل بزرگ‌سالی را تا اواسط ۲۰ سالگی، که مغز بالاخره تثبیت می‌شود، به دست نمی‌آوریم. انسان‌ها حتی می‌توانند سرمایه‌گذاری والدانه را فراتر از این‌ها، به نسل آینده ببرند: تا حدی از طریق وراثت فرهنگی اطلاعات به پیش ببرند (قواعد رفتاری که راه‌های میان‌بر برای رو در رویی با پیچیدگی‌های دنیایی را که در آن زندگی می‌کنند، به ویژه دنیای اجتماعی، یاد می‌دهند) (به پرسش ۹۱ نگاه کنید) و تا حدی از طریق وراثت منابع و ثروت.

[۹] خواننده متوجه این موضوع باشد که نویسنده، با بی دقتی، بین بحث در مورد همه جانداران (از ویروس و باکتری و قارچ و گیاه و جانور) و پستانداران (و مخصوصاً انسان) نوسان می‌کند و کلمات را، مثلاً "از شیر گرفتن" را، طوری استفاده می‌کند که تو گویی در مورد همه این جانداران مصداق دارد.

هنگامی که سرمایه‌گذاری والدانه (یا مراقبت والدانه)، به نفع برخی از فرزندان سوگیری پیدا می‌کند، تصمیم‌گیری می‌تواند از این هم پیچیده‌تر شود. این امر می‌تواند در صورتی رخ دهد که فرزندان یک جنس، از فرزندان جنس دیگر، ارزش‌مندتر باشند (در برخی زمینه‌ها فرزندان ماده ممکن است فرصت بیش‌تری برای بازآوری نسبت به فرزندان نر داشته باشند، اما در زمینه‌های دیگر ممکن است رابطه معکوس وجود داشته باشد). ترتیب تولد نیز ممکن است مهم باشد، یا حتی ممکن است به ویژگی‌های شخصی فرزندان مربوط شود. با وجود این واقعیت که گزینش زیستاری، در همه ما انگیزه‌ای قوی برای پرورش هر یک از فرزندانمان [در زمان به وجود آمدن] نهاده است، تصمیم‌ها برای سرمایه‌گذاری ناهم‌گون بر روی فرزندان، هم‌چنان وجود خواهد داشت (به پرسش ۷ نگاه کنید) [۱۰].

[۱۰] به نظر می‌رسد که نویسنده ادعا می‌کند که ما انسان‌ها، بین فرزندان خود تبعیض قائل می‌شویم. اما در مورد این ادعا، نه صراحت دارد و نه مثالی می‌آورد.

پرسش ۶۰ - چرا جدال زیستار/پرورش به آلوده‌کردن مباحث ادامه می‌دهد؟

بحث زیستار / پرورش [۱] یک اختلاف نسبتاً عجیب بود (و هنوز هم هست)، اما نمونه‌ای آموزنده است از این‌که مسائل زیست‌شناسانه، چه‌گونه می‌توانند باعث سردرگمی بشوند. از زمانی که سازوکارهای وراثت ژنتیکی کشف شده است، دل‌بستگی شدیدی وجود دارد که چه میزان از زیست‌شناسی و روان‌شناسی جانداران، ناشی از ژنتیک، و چه میزان ناشی از تأثیر محیط یا یادگیری است. این سوالات خیلی هم جدید نبودند. ما همیشه می‌دانستیم که کودکان از نظر جسمی و رفتاری همانند والدین خود هستند. در واقع، آزمایش‌های دقیق اصلاحی [۲] انقلاب کشاورزی در اواخر قرن ۱۸ دقیقاً باعث به‌بود چشم‌گیر بهره‌وری گیاهان زراعی و دام‌های اهلی شده بود [۳].

[۱] بعضی ضرب‌المثل‌ها یا عبارات‌های متداول هستند که بدآموزی فراوانی در آن‌ها نهفته است. یکی از این‌ها واژگان "زیستار/پرورش" (nature/nurture) است. به کار بردن این واژگان نیاز به این دارد که این دو عامل، قابل جدا کردن از هم باشند. اما به راستی جدا کردن این دو از هم، امکان ندارد، و این دو هم‌واره در هم‌کاری و برهم‌کنش (interaction) با یکدیگر هستند.

[۲] واژه "breeding" در یکی از معانی خود، در فارسی، معمولاً به "اصلاح نژاد" برگردان می‌شود. اما، از آنجایی‌که واژه "نژاد" پایه و اساس ژنتیکی خود را از دست داده است، آن را به "اصلاح" برگردان می‌کنم.

[۳] در اینجا نویسنده "انقلاب کشاورزی" را به فعالیت‌های اصلاح دام و نبات، در میانه قرن ۱۸، گره زده است. در حالی‌که برداشت من از "انقلاب کشاورزی" آن است که ورود ماشین‌آلات مکانیکی به کار کشاورزی، در نیمه اول قرن ۲۰، باعث "انقلاب کشاورزی" شد. استفاده گسترده از تراکتور در امریکای شمالی در سال‌های دهه ۱۹۳۰ و در اروپا

(1) Nature / nurture.

در دهه 1960 صورت گرفت. در ضمن فعالیت اصلاحی در گیاهان، که با ایجاد گندم ساقه کوتاه شروع شد و به "انقلاب سبز" معروف است، مربوط به دهه 1960 است.

این بحث در طول دهه 1930 در قالب برخورد بین روان‌شناسان مقایسه‌ای (بیش‌تر در ایالات متحده) و رشته نوظهور کردارشناسی جانوران^(۱) (بیش‌تر در اروپا) به اوج خود رسید. روان‌شناسان، به ویژه پدران بنیان‌گذار رفتارگرایی^(۲) مانند جان بی واتسون^(۳) و بورروس اف اسکینر^(۴)، و هم‌چنین برخی از دانش‌مندان دانش‌های اجتماعی دل‌بسته به فرهنگ انسانی، مانند فرانتس بواس^(۵)، معتقد بودند که هر کاری که یک جانور (یا انسان) انجام می‌دهد، آموخته شده است. برخی دیگر، مانند کردارشناس، کانرد لورنز^(۶) و نیکو تینبرگن، معتقد بودند که حداقل برخی از جنبه‌های رفتار، غریزی است (و بنابراین، به طور ضمنی، [به صورت] ژنتیکی تعیین می‌شود). این بحث به مدت نیم‌قرن ادامه داشت و هیچ نشانه‌ای از به نتیجه رسیدن در آن وجود نداشت^(۴).

[۴] البته معلوم نیست که منظور نویسنده از به نتیجه نرسیدن چیست. در مطالعات پزشکی معمولاً وقتی به دنبال عامل‌های ژنتیکی می‌گردند، خواهان آن هستند (یا حداقل بودند) که "یک ژن" پیدا کنند، که بتوانند آن را در تهیه ابزار تشخیصی، و یا درمانی، به کار ببرند. اگر چنین چیزی را پیدا نکنند، تصور می‌کنند که "ژن‌ها" نقشی ندارند. چنین تفکری ریشه در "مدل تک جای‌گاهی" ("ژن") دارد. در حالی که با استفاده از "مدل بسیار جای‌گاهی" به راحتی می‌توان اثر "ژن‌ها" و اثر متقابل با محیط را نشان داد. البته، طی سال‌های گذشته (۱۰ سال گذشته) "مدل بسیار جای‌گاهی" جای پای خود را، حتی در پزشکی باز کرده است، اما تا استفاده عمومی از آن، هنوز راه زیادی داریم. آن چه که از آن با عنوان "پزشکی دقیق (precision medicine)" نام برده می‌شود بر مبنای "مدل بسیار جای‌گاهی" است.

با این حال، در طول دهه 1960، زیست‌شناسان به این نتیجه رسیدند که تقریباً هیچ چیز به طور کامل به طور ژنتیکی، یا به طور کامل نتیجه تجربیات محیطی (یا یادگیری)، نیست^(۵). البته برخی از ویژگی‌ها (مانند رنگ چشم، کوررنگی و برخی اختلالات رشدی، مانند نشانگان داون و نشانگان ترنر دارای پایه‌های ژنتیکی بسیار ساده‌ای هستند^(۶)، در حالی که به نظر می‌رسد ویژگی‌های دیگر (مانند مذهبی که یک فرد به آن تعلق دارد) کاملاً از طریق فرهنگ به ارث رسیده است^(۷). با این حال، پیشینه ویژگی‌های زیست‌شناسانه و روانی، مانند قد و هوش، ترکیبی از اثرات ژنتیکی و محیطی را نشان می‌دهند، زیرا محیط پرورش، بیش‌تر بر نحوه بیان ژن‌ها، تأثیر می‌گذارد^(۸). ممکن است ژن‌های [لازم برای] قد بلند داشته باشید، اما بزرگ شدن در محیط تغذیه نامناسب، رشد شما را مختل کند. تا حدی این امر به این دلیل است که صدها ژن گوناگون معمولاً درگیر هستند که [الل‌های موجود در هر کدام] یک اثر افزایشی کوچکی دارند (موضوعی که به نام ژنتیک کمی شناخته می‌شود^(۹)). پرسیدن این‌که آیا چیزی، از نظر ژنتیکی، بیش‌تر یا کم‌تر تعیین شده است، یا بیش‌تر یا کم‌تر آموخته شده است، یک سوال بی‌معنی است، زیرا جدا کردن این دو جزء، در روند رشد، ناممکن است (به پرسش ۷۸ نگاه کنید).

(1) Ethology.

(2) Behaviorism.

(3) John B. Watson.

(4) Burrhus F. Skinner.

(5) Franz Boas.

(6) Konrad Lorenz.

[۵] به قول قدیمی‌ها، نباید به خاطر یک دستمال، قیصریه را به آتش کشید. اما، من با این جمله، و مخصوصاً زمان‌بندی آن، مشکل دارم. زیست‌شناسی و ژنتیک شاخه‌های گوناگون دارند و همه یک جور فکر نمی‌کردند. گروهی که به آن‌ها بیومتریست‌ها (زیست‌سنج‌ها = biometricians) می‌گفتند، همین حرف‌ها را از اواخر قرن 19 می‌زدند. بسیاری از ژنتیک‌دانان، مخصوصاً امثال فیشر، رایت و هلدین از سال‌های 1920، این حرف را می‌زدند که هیچ صفتی نه ۱۰۰٪ ژنتیکی است و نه ۱۰۰٪ محیطی/آموزشی. با کمی اغماض، می‌توانم ادعا کنم که در نیمه اول قرن 20، غیرژنتیک‌دانان بودند که از استدلال‌های ژنتیکی سوءاستفاده کرده، و همه چیز را ژنتیکی فرض می‌کردند.

[۶] برای خواننده باید روشن باشد، که من چیزی را ناشی از "پایه‌های ژنتیکی بسیار ساده" نمی‌دانم. هیچ چیزی "ساده" نیست!

[۷] این حرف که "ویژگی‌های دیگر (مانند مذهبی که یک فرد به آن تعلق دارد) کاملاً از طریق فرهنگ به ارث رسیده است"، کاملاً درست نیست. نوع مذهب، ممکن است کاملاً فرهنگی باشد، اما مذهبی بودن، کاملاً فرهنگی نیست. خود نویسنده در پرسش ۹۱ به نقش داشتن ژنتیک در مذهبی بودن اشاره دارد. من هم در هم‌آن‌جا، در این باره پانویسی کرده‌ام.

[۸] این جمله دقت ندارد و ممکن است کژفهمی به بار آورد. بهتر است بگوید: "زیرا محیط و ژن‌ها در یک برهم‌کنش پیچیده هم‌کاری دارند."

[۹] این همان مدل "مدل (اثر) بی‌اندازه کوچک" (The infinitesimal model)، یا "مدل بسیار جای‌گاهی (Many loci model)" است، که در پایان فصل ۵ به آن اشاره کردم.

بخشی از مشکل ممکن است بدفهمی در مورد مفهوم [۱۰] واژگان کارشناسی ژنتیکی "وراثت‌پذیری" باشد، که نسبت پراکنش (واریانس) در صفتی را که ناشی از [پراکنش] عامل‌های ژنتیکی است در مقایسه با [پراکنش] عامل‌های محیطی محلی اندازه‌گیری می‌کند [۱۰]. وراثت‌پذیری معمولاً به اشتباه هم‌چون نسبت یک صفت که از نظر ژنتیکی تعیین می‌شود، تفسیر می‌شود. در واقع، این [واژه] تنها به ناهم‌گونی‌های مشاهده شده در یک صفت، بین افراد در یک جمعیت اشاره دارد، نه به آن‌چه که خود صفت را تعیین می‌کند. وانگهی، وقتی همه افراد به منابع محیطی و تجربیات اجتماعی دست‌رسی یکسانی دارند، وراثت‌پذیری ۰٪ نیست، بلکه ۱۰۰٪ است، زیرا پراکندگی بازمانده در سیستم به دلیل وجود ژن‌ها است [۱۱].

[۱۰] "وراثت‌پذیری = heritability" یک تعریف مفهومی (conceptual definition) و چندین تعریف اجرایی (operational definition) دارد. تعریفی که نویسنده در اینجا ارائه کرده، یکی از تعریف‌های اجرایی وراثت‌پذیری است. به راستی دو نوع از این تعریف اجرایی وجود دارد، که نویسنده، به درستی، روی تعریفی که معادله زیر را دارد، انگشت گذاشته است:

$$h^2 = V_A / V_P$$

که در آن، h^2 وراثت‌پذیری، در مفهوم خاص، است، V_A پراکنش (واریانس = variance) ارزش افزایشی تمام ژن‌هایی است که در بروز یک صفت نقش دارند، و V_P پراکنش فنوتیپی (اندازه‌گیری شده) یک صفت است. خود پراکنش فنوتیپی، جمع پراکنش ژنتیکی و پراکنش محیطی است. مفهوم وراثت‌پذیری، احتمالاً بیش‌تر از هر مفهوم دیگری، دچار بدفهمی و سوءاستفاده قرار گرفته است. برای اطلاع از مهم‌ترین بدفهمی‌ها، در مورد وراثت‌پذیری، به مقاله زیر نگاه کنید:

Visscher, P. M., Hill, W. G., & Wray, N. R. (2008). Heritability in the genomics era—Concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*, 9(4), 255–266.
<https://doi.org/10.1038/nrg2322>.

دقت کنید که در معادله به "اثر تک تک ژن"ها یا "اثر تک تک عامل‌های محیطی" اشاره‌ای نمی‌شود، بلکه روی "پراکنش اثر ژن"ها و "پراکنش اثر عامل‌های محیطی" تاکید دارد. تفکیک "اثر ژن"ها و "اثر عامل‌های محیطی" اصلاً امکان پذیر نیست. باز هم دقت کنید که وراثت‌پذیری، پارامتری است که برای یک جمعیت، محاسبه می‌شود. آن را برای یک فرد نمی‌توان به کار برد. گسترش آن به جمعیت‌ها و زمان‌ها و مکان‌های دیگر نیز باید با "اما و اگر"های فراوان همراه باشد.

[۱۱] این حرف نیاز به توضیح دارد. تاکید بر "دست‌رسی یکسان به منابع"، بسنده نیست و ممکن است به بدفهمی منجر شود. افزون بر "دست‌رسی یکسان به منابع"، "یکسانی و وفور منابع" هم لازم است. اما در عمل، همواره ناهم‌گونی‌هایی در منابع دردست‌رس وجود دارد.

به نظر می‌رسد ریشه‌های این اختلاف در یک ترس ضمنی و خیراندیشانه از جانب برخی از روان‌شناسان و دانش‌مندان دانش‌های اجتماعی نهفته است، که اگر هوش یا رفتار انسان دارای یک مولفه ژنتیکی، هرچند کوچک باشد، هرگونه چشم‌انداز به‌بود وضعیت انسان، نقش بر آب می‌شود [۱۲]. افسوس، این بیش‌تر یادآور چیزی است که به نام "پرونده لیسنکو" [۱۳] معروف شد. در طول دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰، یک زیست‌شناس نه‌چندان معروف روسی، به نام تروفیم لیسنکو موفق شد توجه استالین را جلب کند، و او را متقاعد کند که ژنتیک مندلی مدرن (در واقع، هر نوع ژنتیکی)، ضدمارکسیستی است، زیرا به این معنی است که، ناممکن است که بهبود وضعیت شرایط انسانی، با اجرای اصلاحات اجتماعی، صورت پذیرد. در عوض، او از چیزی نزدیک به نگره لامارک در مورد وراثت صفات‌های اکتسابی حمایت می‌کرد (به پرسش ۳ نگاه کنید)، و مدعی شد که چاودار با کیفیت پایین، می‌تواند با وارد کردن استرس بر گیاهان، به گندم و جو درجه یک، تبدیل شود و بهره‌وری کشاورزی را می‌توان با کاشت بسیار نزدیک‌تر گیاهان به یک‌دیگر افزایش داد، زیرا مانند سوسیالیست‌های خوب، آن‌ها دوست دارند به جای رقابت با یک‌دیگر (مانند سرمایه‌داران شرور)، با یک‌دیگر همکاری کنند. هنگامی که کشاورزان مجبور به اجرای نگره‌های او در سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ شدند، نتیجه، مرگ بر اثر گرسنگی بیش از یک میلیون دهقان، در مزارع جمعی روسیه و چین، بود. این داستان غم‌انگیز با این واقعیت که اکثر ژنتیک‌دانان برجسته روس، در دوران پیش از جنگ اعدام شده، یا به گولاگ‌ها فرستاده شده بودند، تشدید شد. در دهه ۱۹۲۰، ژنتیک در روسیه چندین دهه جلوتر از غرب بود، اما این دانش، توسط ایدئولوژی به حاشیه رانده شده بود [۱۴].

[۱۲] البته که این یک بدفهمی است! به‌بود وضعیت انسان، از طریق تغییر شرایط اجتماعی، همیشه امکان‌پذیر است.

[۱۳] تلفظ انگلیسی نام "Lysenko" لایزنکو است. ولی تلفظ روسی آن لیسنکو و تلفظ روسی‌ترش لیسنکا است.

[۱۴] برداشت من از ماجراهای لایزنکو چیز دیگری است. تصور من این است که لایزنکو بیش از آن‌که با ژنتیک مشکل داشته باشد، شیفته تجربیات موفق پداگوگ روسی، انتون مکرنکو (Anton Makarenko)، بود. یافته‌های

⁽¹⁾ Lysenko Affair.

کارهای مکرنکو به راحتی می‌توانستند تفسیری مارکسیستی / عدالت‌خواهانه داشته باشند. یک تعریف ساده از نتیجه کار مکرنکو این است که، "کودکان مساوی به دنیا می‌آیند، و چیزی که باعث ناهم‌گونی آن‌ها، در طول رشد می‌شود، عامل‌های محیطی (تربیتی) است". لایزنکو، با همین استدلال، معتقد بود که جان‌داران (حتی بذره‌های چاودار) در بدو تولد، "پتانسیل" مساوی دارند، و با کمک عامل‌های بیرونی، می‌توان آن‌ها را بهبود داد. آزمایشات او در استفاده از پرتو X، روی بذر گیاهان گوناگون نیز، در همین چهارچوب معنی دارد. به هر رو، اشکال کار لایزنکو در آن بود که، به خودش اجازه داد تا با عینک ایدئولوژیک، یافته‌های دانشیک را نبیند. یک نکته فرعی در مورد این بند این است که، ادعای نویسنده در مورد جلوتر بودن دانش ژنتیک در روسیه / شوروی در دهه 1920 درست است، ولی نه این‌که آن‌ها "دهه‌ها" جلوتر باشند. علت جلو بودن ژنتیک‌دانان روسی هم، در استفادهٔ بیش‌تر از ریاضیات، نهفته بود. یک کتاب که در سال‌های پایانی وجود شوروی نوشته شده، گسترش و عمق استفاده از ریاضیات در ژنتیک، در سال‌های نخستین به وجود آمدن شوروی را، به خوبی نشان می‌دهد:

Svirezhev, Y. M., & Passekov, V. P. (1989). *Fundamentals of Mathematical Evolutionary Genetics* (Vol. 22). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-2589-2>

غرب، در طول ۲۰ سال اول قرن 20، به علت مجادله معروف "بیومتریست‌ها - مندلی‌ها"، یک عقب‌ماندگی ناپایدار داشت. این عقب‌ماندگی، پس از چاپ مقاله معروف فیشر، به سرعت جبران شد.

این که سایه شوم بحث "زیستار/پرورش" هم‌چنان بر روی هرگونه بحث در مورد رفتار انسان ادامه دارد، احتمالاً بیشتر گویای ناتوانی ما در دست و پنجه نرم کردن با روندهای پیچیده زیست‌شناسی، و این واقعیت است که ورود سیاست به بحث‌های دانشیک، و منحرف کردن آن، بسیار آسان است.

فصل ۷: فرگشت انسان‌ها

پرسش ۶۱ - اجداد نخستین ما چه کسانی بودند؟

می‌توان گفت که دودمان ما از زمانی شروع شد که میمون‌های بزرگ آفریقایی در اواخر میوسن، حدود شش یا هفت میلیون سال پیش، به شکل یک گروه جدید [که بیش‌تر روی سطح زمین زندگی می‌کردند]، به نام اوسترالوپیت‌سین^(۱)، در آمدند. در این مرحله دو رخداد مهم روی داده بود. یکی این بود که حداقل برخی از گونه‌های میمون [دوران] میوسن در آفریقا تصمیم گرفته بودند^[۱] از درختان پایین بروند تا زندگی زمینی‌تری را دنبال کنند. فرزندان آن‌ها، شامپانزه‌ها و گوریل‌ها، هنوز در این ویژگی همانند ما هستند. این بدان معنا نیست که آن‌ها نمی‌توانند از درخت بالا بروند، یا [معمولاً از درخت بالا] نمی‌روند - آن‌ها، خیلی ساده، زمینی‌تر از پیشینیان خود شدند. این احتمالاً نتیجه رقابت با بوزینه‌ها، در برابر کاهش منابع خوراکی در جنگل‌های گرم‌سیری و فرگشت جهش تغذیه‌ای^[۲] است، که به آن‌ها اجازه می‌دهد از میوه‌های پوسیده روی زمین جنگل استفاده کنند (به پرسش ۲۰ نگاه کنید).

[۱] ترکیب "تصمیم گرفته بودند"، یک ترکیب غایت‌گرایانه است که برای راحتی کلام به کار رفته است. در این‌جا منظور این نیست که میمون‌های دوران میوسن آگاهانه تصمیم گرفتند که روی زمین زندگی کنند. بلکه منظور این است که آن میمون‌هایی که در دوره میوسن، بیش‌تر روی زمین زندگی می‌کردند، برآزش بالاتری داشتند.

[۲] ترکیب "فرگشت جهش تغذیه‌ای" ترکیب غریبی است! منظور نویسنده این است که جهشی پیدا شد، که پی‌آمد تغذیه‌ای داشت. نویسنده به توانایی هضم الکل موجود در میوه‌های از درخت‌افتاده، اشاره دارد.

دومین روی‌داد کلیدی، این بود که این میمون‌های بیش‌تر زمینی، دودمانی را ایجاد کردند که شروع به حرکت روی دو پا کرد، تا بتواند به منابع غنی خوراکی نهفته در دشت‌های سیلابی رودخانه‌ها، و دریاچه‌های بزرگ آن سوی لبه جنگل، دسترسی داشته باشد. با این وجود، اوسترالوپیت‌سین‌ها که بجز نامشان، [همه چیزشان] میمون بود، فقط در دوپایی بودن از بقیه میمون‌های آفریقایی جدا بودند. مغز آن‌ها، بزرگ‌تر از مغز شامپانزه‌های معاصر نبود، و آن‌ها مانند دیگر میمون‌ها گیاه‌خوار بودند - هرچند بدون تردید، گاهی با شکار بوزینه یا غزال، درست مانند شامپانزه‌های امروز، خوراک اضافی [برای خود فراهم می‌کردند]. اوسترالوپیت‌سین‌ها گروه فوق‌العاده موفقی بودند، و بیش از دوازده گونه از آن‌ها، بین شش تا دو میلیون سال پیش، زیست‌گاه‌های بالاتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع، در شرق و جنوب آفریقا را، اشغال کرده بودند.

^(۱) Australopithecine.

از زمانی که اولین فسیل‌های اوسترالوپیت‌سین‌ها در جنوب آفریقا در دهه 1920 کشف شد، دلیل این‌که چرا آن‌ها ایستادن دوپایی را اتخاذ کردند، مورد بحث است. اوسترالوپیت‌سین‌ها قطعاً به اندازه ما در راه رفتن روی دو پا خوب نبودند، اما می‌توانستند حرکت دوپایی را به گونه‌ای ادامه دهند، که هیچ یک از دو میمون بزرگ آفریقایی زنده، نمی‌توانند آن را انجام دهند. به نظر می‌رسد قانع کننده‌ترین دلیل دوپایی شدن آن‌ها، تنظیم حرارتی است [۳]. هنگام سفر در میان درخت‌زارهای باز [موجود] بین جنگل‌ها، که پناه‌گاه‌های شبانه را در اختیار آن‌ها قرار می‌داد، و دشت‌های سیلابی کنار رودخانه‌ها، که منابع خوراکی غنی را در طول روز در اختیار آن‌ها می‌گذاشت، با گرمای تابشی قابل توجهی از خورشید، روبرو شدند. مدل‌های تازه از [بررسی] مزایای دوپایی بودن [در برابر] چهارپایی بودن نشان می‌دهد که، دوپاها در مقایسه با جانورانی که روی چهار دست و پا راه می‌روند، ۱۲٪ گرمای کم‌تری جذب می‌کنند، عمدتاً به این دلیل که به جای تمام پشت، فقط بخش بالای سر و شانه‌های آن‌ها در برابر آفتاب قرار می‌گیرد. با این وجود، در این مرحله، آن‌ها به زیست‌گاه‌های ارتفاع بالا محدود شده بودند و بار اضافی گرما از فرود آمدن [آن‌ها] به مناطق ساحلی جلوگیری می‌کرد (همان‌طور که امروزه شامپانزه‌ها و گوریل‌ها مجبورند در ارتفاعات بالاتر بمانند). به نظر می‌رسد به همین دلیل است که آن‌ها هرگز از آفریقا خارج نشدند: آن‌ها نمی‌توانستند با گرمای مناطق ساحلی کنار بیایند، آن‌ها هیچ راهی برای دست‌رسی به پل‌های زمینی، به اروپا و آسیا، نداشتند.

[۳] من، در اصل و اساس، و به شدت، با این داستان‌سرایی‌هایی که در این بند (و بندهای پس از این) آمده‌اند، مخالفم. چرا؟ برای مخالفت دو سری دلیل دانشیک و فلسفی دارم. دلیل‌های دانشیک ناشی از این است که این داستان‌سرایی‌ها معمولاً فقط "گزینش زیستاری" را در نظر می‌گیرند، یا تأکید بسیار زیادی روی آن دارند، و به دیگر دلیل‌های تغییرهای فرگشتی مانند رانش تصادفی ژنتیکی، جهش، مهاجرت و سامان‌دهی‌های آمیزشی توجه نمی‌کنند. یک دلیل دانشیک دیگر این است که به تاریخ فرگشتی موجود، که به راحتی می‌تواند محدودیت‌های ساختاری ایجاد کنند، توجه نمی‌شود. دلیل‌های فلسفی ناشی از این است که هر انگاره‌ای "ممکن" است معقول به نظر برسد، که این به خودی خود، ارزشی ندارد. اما، تنها در مقایسه با انگاره‌های دیگر، و انجام آزمایش‌ها و آزمون‌های مناسب است که، "احتمال" معقول بودن، تعیین می‌شود. در همین چهارچوب، در این جور داستان‌سرایی‌ها، تقریباً بدون استثناء، به دست آوردن داده‌های تجربی که بتواند "احتمال" انگاره‌های گوناگون را تعیین کند، فراموش می‌شود.

به طور متناقض، به نظر می‌رسد سرد شدن اقلیمی، که در حدود ۲.۵ میلیون سال پیش رخ داده است مشکل‌هایی را برای آن‌ها ایجاد کرده است، احتمالاً به این دلیل که زیست‌گاه‌های آن‌ها، در آن هنگام بسیار سردتر شده، و آن‌ها دیگر توانایی کنار آمدن با این مشکل را نداشتند. اوسترالوپیت‌سین‌ها خیلی زود پس از [سرد شدن اقلیمی] ناپدید شدند، و جنس جدیدی به نام هومو (جنسی که ما به آن تعلق داریم) جای‌گزین آن‌ها شد، که از یکی از دودمان‌های فرگشت یافته از اوسترالوپیت‌سین است. این دودمان دارای اسکلتی بود که حتی به‌تر با حرکت بر روی دوپا سازگاری داشت، و با شیوه زندگی تقریباً عشایری، این امکان را داشت که هر روز مسافت‌های قابل توجهی را طی کند. هم‌چنین مغز آن به مراتب بزرگ‌تر بود و شروع به توسعه ابزارهای ساده ساخته شده از سنگ کرد.

در این مرحله بود که به نظر می‌رسد انسان‌های نخستین، موهای خود را از دست داده و توانایی عرق کردن را هم‌چون راهی برای افزایش اتلاف گرما، به روش خنک‌شدن تبخیری، به دست آوردند.

این [روش] به آن‌ها این امکان را داد که زیستگاه‌های ساحلی با ارتفاع پایین‌تر را ساکن شوند، و بنابراین برای اولین بار، از آفریقا خارج شوند. طی چند ده هزار سال، آن‌ها بیش‌تر مناطق جنوبی اروپا و آسیا را، اشغال کرده بودند. شاید به دلیل این‌که آن‌ها بیش‌تر متحرک بودند، و می‌توانستند میزان بالاتری از جریان ژنی را بین جمعیت‌ها حفظ کنند (به پرسش ۴۳ نگاه کنید)، آن‌ها به اندازه اوسترالوپیت‌ه‌سین‌ها گونه‌زایی نکردند، و در عوض تنها دو گونه تولید کردند، انسان کارگر ^(۱) در آفریقا و انسان راست قامت ^(۲) در اوراسیا ^(۴).

[۴] اوراسیا (Eurasia) همان اروپا-آسیا است.

این گونه‌های نخستین انسان، بسیار موفق بودند، و تقریباً بدون تغییر، حدود یک و نیم میلیون سال در آفریقا، و نزدیک به دو میلیون سال در آسیا، زنده ماندند. در حدود ۵۰۰ هزار سال پیش ^(۵)، برخی دودمان‌های جدید در آفریقا بوجود آمدند. بار دیگر، به نظر می‌رسد موجی از گونه‌های جدید در مناطق گوناگون آفریقا پراکنده شده‌اند، که مغزی حتی بزرگ‌تر و بدنی تنومندتر از نیاکان خود داشتند. این‌ها سه دودمان بسیار موفق ایجاد کردند: انسان ^(۶) هایدلبرگ ^(۳) در آفریقا و اروپا، نئاندرتال‌ها ^(۴) در اروپا و غرب آسیا، و مردم دنیسووان ^(۵) در شرق دور ^(۷). این سه دودمان، که در مجموع هم‌چون انسان‌های باستانی شناخته می‌شوند، بخش زیادی از اروپا، آسیا، بخش جنوبی مدیترانه، و بیش‌تر آفریقا را، در حدود ۵۰۰ هزار سال اشغال کردند. آن‌ها هم‌چنین ابزارهای پیچیده‌تری، نسبت به سایر انسان‌های پیشین، تولید کردند.

[۵] برآوردهای دیگری که من دیده‌ام، قدمت این سه دودمانی را که در این‌جا به آن‌ها اشاره میشود، حتی به ۸۰۰ هزار سال پیش می‌رسانند.

[۶] نویسنده در این‌جا از واژه ناکارشناسی مردم / قوم (folk) استفاده کرده بود، که من آن را به انسان برگرداندم.

[۷] قرار دادن یک گونه، در یک رده بندی، را نباید ساده گرفت. گاهی وقت‌ها، بحث‌های مربوط به رده‌بندی‌ها می‌تواند کش و قوس پیدا کند. این‌که انسان هایدلبرگ، نئاندرتال و دنیسووان را گونه‌های گوناگون و ناهم‌گون از انسان امروزی دانست و یا آن‌ها را بخشی از انسان امروزی دانست، یکی از همان بحث‌های بی‌پایان است. از نظر من، چون انسان‌های امروزی توانسته‌اند با انسان نئاندرتال آمیزش کرده و فرزند بازآور داشته باشند، همهٔ این‌ها را باید یک گونه به حساب آورد.

پرسش ۶۲ - نئاندرتال‌ها چه کسانی بودند؟

حدود ۴۰۰ هزار سال پیش، گروه جدیدی از انسان‌ها در جنوب اروپا، از انسان‌های باستانی پدید آمدند ^(۱) که به آهستگی جای‌گزین جمعیت اجدادی انسان در آفریقا و اروپا شدند. آن‌ها ساخت سنگینی داشتند و دارای مغز بزرگ بودند، با جمجمه‌ای کشیده که در پشت به یک برجسته‌گی متمایز ختم می‌شد. آن‌ها نئاندرتال نام گرفتند، زیرا در منطقهٔ نئاندرتال در آلمان، در سال ۱۸۵۶

(۱) Homo ergaster.

(۲) Homo erectus.

(۳) Heidelberg.

(۴) Neanderthal.

(۵) Denisovan.

کشف شدند. نئاندرتال‌ها بسیار موفق بودند و جنوب اروپا و خاورمیانه را برای ۳۵۰ هزار سال، به رغم شرایط آب و هوایی بسیار سخت ناشی از دوران‌های یخبندان، در اسکان داشتند. به نظر می‌رسد که آن‌ها در پسین‌ترین و ژرف‌ترین دوران یخبندان تاب نیاوردند [۲].

[۱] در این یک جمله، دو فرض مشکوک وجود دارد. فرض اول آن است که نئاندرتال‌ها در اروپا از انسان‌هایی که از پیش در اروپا وجود داشته‌اند، جدا شده‌اند. فرض دوم آن است که نئاندرتال‌ها هم در اروپا "جایگزین" انسان‌های دیگر شده‌اند، و هم در آفریقا. نشانه‌هایی برای میزان محدودی از مهاجرت نئاندرتال‌ها به آفریقا وجود دارد، ولی جای‌گزینی صورت نگرفته است.

[۲] ارائه انگاره‌های گوناگون (و متناقض) در مورد گونه‌مرگی نئاندرتال‌ها به قدری رواج دارد، و "تجاری و پرفروش" شده، که من دیگر این موضوع را دنبال نمی‌کنم!

نئاندرتال‌ها تنومند و دارای بازوها و پا‌های کوتاه (حداقل در مقایسه با دستان ما) و سینه‌ای بشکه‌ای شکل بودند. همانطور که از افرادی که در عرض‌های جغرافیایی بالا زندگی می‌کردند انتظار می‌رود، آن‌ها دارای پوست روشن بودند (به پرسش ۶۸ نگاه کنید) و برخی از آن‌ها، حداقل، ژن [های] موهای قرمز را داشتند. تصور می‌شود که ساختار تنومند آن‌ها به ساکن بودن در زیست‌گاه‌های سرد مربوط می‌شود: ساختار جمع و جورتر و اندام‌های کوتاه‌تر، از دست دادن گرما را کاهش می‌دهد - پدیده‌ای که به نام قاعده برگمن^(۱) معروف است و بیش‌تر در پستان‌دارانی که در عرض‌های جغرافیایی بالا زندگی می‌کنند و همچنین اسکیموهای معاصر [۳] [۴] مشاهده می‌شود.

[۳] به کار بردن واژه "اسکیمو" بار نژادپرستانه دارد.

[۴] دقت کنید که به کار بردن هم زمان پستان‌داران و اسکیموها، کج‌سلیقه‌گی است، زیرا این دو واژه هم‌رده نیستند. انسان هم پستان‌دار است.

با این حال، اندام نئاندرتال‌ها به آن‌ها قدرت فوق‌العاده‌ای می‌داد - حتماً شما نمی‌خواستید با هیچ یک از آن‌ها در یک مسابقه کشتی شرکت کنید. شاید به همین دلیل، شیوه اصلی شکار آن‌ها شامل احاطه یک جانور شکاری بزرگ و استفاده از نیزه‌های سنگین برای ضربه زدن از فاصله نزدیک بود. این که این [روش شکار] یک کار خطرناک بود، از فراوانی شکستگی استخوان در اسکلت‌های نئاندرتال‌ها مشخص می‌شود. رژیم خوراکی آن‌ها مبتنی بر گوشت بود که از شکار جانوران گیاه‌خوار با بدن بزرگ، مانند کرگدن و ماموت به دست می‌آمد.

وابستگی نئاندرتال‌ها به گوشت، به وسیله کاربرد مبتکرانه فیزیک و شیمی پایه در باستان‌شناسی، نشان داده شده است. آن‌چه که خورده می‌شود مواد اولیه برای ساختن استخوان‌ها را فراهم می‌کند، بنابراین اثر [مواد خوراکی] در بدن محبوس می‌ماند. نیتروژن یکی از ویژگی‌های مهم رژیم خوراکی است زیرا یکی از اجزای اصلی اسیدهای آمینه‌ها و در نتیجه پروتئین‌ها است. مانند بسیاری از عناصر، [نیتروژن] در دو ایزوتوپ وجود دارد که از نظر وزن اتمی کمی ناهم‌گون هستند

^(۱) Bergman's rule.

و یکی از آن‌ها بسیار رایج تر از دیگری است. گیاهان نیتروژن را از هوا یا خاک به دست می‌آورند، و سپس آن را به گیاه‌خوارانی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند منتقل می‌کنند و [گیاه‌خواران] به نوبه خود آن را در زنجیره خوراکی (به پرسش ۵۳ نگاه کنید) به گوشت‌خوارانی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند منتقل می‌کنند. در طی این روند، ایزوتوپ سنگین‌تر، آسان‌تر از [ایزوتوپ] سبک‌تر حفظ می‌شود و بنابراین به طور نامتناسبی در سطوح پشت سر هم تغذیه‌ای افزایش می‌یابد و به ما این امکان را می‌دهد که تعیین کنیم هر گونه، متعلق به کدام تراز تغذیه‌ای است. تحلیل ایزوتوپ‌های نیتروژن در نئاندرتال‌های اروپای غربی از حدود ۴۰ هزار سال پیش نشان داده است که ۸۰٪ رژیم خوراکی آن‌ها گوشت و فقط ۲۰٪ مواد گیاهی بوده است. این همانند چیزی است که ما در گرگ‌ها (شکارگر بالادستی در همان دوره زمانی) می‌بینیم (به پرسش ۵۲ نگاه کنید) و بسیار بیش‌تر از آن چیزی است که در رژیم خوراکی گوشتی شکارگر-گردآور امروزی (حدود ۵۰٪) یافت می‌شود.

نئاندرتال‌ها ابزارهای بسیار پیچیده‌تری نسبت به انسان‌های پیش از خود ایجاد کردند، اگرچه آن‌ها هرگز واقعاً به چیزی همانند انواع آثار هنری پیچیده‌ای که انسان‌های امروزی حتی در ۱۰۰ هزار سال پیش شروع به تولید آن کرده بودند، تمایل نداشتند (به پرسش ۶۶ نگاه کنید). اگرچه شیوه شکار [نئاندرتال‌ها] به کار گروهی مردانی وابسته بود که در شکاری بسیار خطرناک همکاری می‌کردند، اما آن‌ها در تراکم جمعیت نسبتاً پایینی زندگی می‌کردند. مانند همه [انسان‌های] باستانی، هم‌آن‌طور که تحلیل ژنتیکی برخی از جمعیت‌های باستانی نشان می‌دهد، [نئاندرتال‌ها] چندهمسر بودند، و زنان بین گروه‌های اجتماعی جابه‌جا می‌شدند (یا منتقل می‌شدند) [۵].

[۵] دو نکته در باره این بند می‌توان گفت. اول این که این بند حاوی چند جمله است که ربطی به یکدیگر ندارند! دوم آن که این بند حاوی چند ادعای بزرگ و مهم است، ولی دلیلی یا مثالی برای آن‌ها نیامده است.

پرسش ۶۳ - چرا نئاندرتال‌ها چشمان درشتی [۱] [۲] داشتند؟

مشخص‌ترین ویژگی نئاندرتال‌ها "برجسته‌گی" پشت سر آن‌ها است. شگفت‌انگیز آن که، هیچ پیش‌نهادی در مورد دلیل داشتن این ویژگی نامعمول ارائه نشده است [۳]. در واقع، برجسته‌گی به چیز دیگری مربوط می‌شود که در مورد نئاندرتال‌ها متمایز است - حفره چشم فوق‌العاده بزرگ آن‌ها. اگرچه چشمان درشت آن‌ها گاهی وقت‌ها جلب نظر کرده است، اما هیچ توضیحی برای این موارد ارائه نشده است. به نظر می‌رسد هر دوی این ویژگی‌ها بدیهی انگاشته شده‌اند. نئاندرتال‌ها همین جوری بودند.

[۱] در پانوش [۱]، پرسش ۶۲ از "تجاری و پرفروش" بودن بعضی انگاره‌ها گفتم. در این جا می‌افزایم که هر موضوعی که "تجاری و پرفروش" بشود، به ناچار به گم‌گشته‌گی می‌انجامد! در بین چند میلیارد گونه‌ای که در چند میلیارد سال گذشته در زمین زندگی کرده‌اند، یک گونه (چه انسان باشد، چه دایناسور) چه اهمیتی دارد؟ چه اهمیتی دارد که چشمان نئاندرتال‌ها، مثل چشم گاو، بزرگ و زیبا باشد؟ به‌تر است که ارائه هر موضوعی با نسبت اهمیت آن موضوع، هم‌تراز باشد. در هر چیزی، مثلاً در بحث فرگشت، باید دقت کنیم که حواس خود را، با موضوعات کوچک و فرعی، پرت نکنیم!

[۲] تمام این بخش، بر اساس یک مقاله‌ای است که نویسنده کتاب، یکی از نویسندگان آن بوده است.

Pearce, E., & Dunbar, R. (2012). Latitudinal variation in light levels drives human visual system size. *Biology Letters*, 8(1), 90–93. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0570>

این مقاله، نمونه خوبی از یک "کار ضعیف دانشیک" است. در نتیجه، کل این بخش، از نظر من، یک داستان سرایی تخیلی است!

[۳] این جمله باید خنده دارترین جمله این کتاب باشد. اگر در این مورد "هیچ پیش‌نهادی" ارائه نشده است، پس ادامه این بند چیست؟

با این حال، چشم‌های بزرگ و برجسته‌گی [جمجمه] نئاندرتال‌ها به هم پیوند خورده است. توضیح [این امر] مستقیماً به چیز دیگری مربوط می‌شود که نئاندرتال‌ها را مشخص می‌کند - این واقعیت که آن‌ها در عرض جغرافیایی بالا در شمال مدار سرطان^(۱) زندگی می‌کردند (که در حال حاضر در ۲۳ درجه شمال خط استوا واقع شده است). مشکل زندگی در خارج از مناطق گرم‌سیری این است که روزها بیش‌تر کسل‌کننده هستند (نور خورشید باید از جو بیشتری عبور کند زیرا با زاویه‌ای [حاد] وارد [جو] می‌شود و همان‌طور که ساکنان [مناطق] شمالی خیلی خوب می‌دانند، معمولاً پوشش ابری بسیار زیادی وجود دارد). افزون بر این، با افزایش فاصله از خط استوا، طول روز [در تابستان] یا شب‌های دراز تاریک زمستانی، فصلی‌تر می‌شود. همه این‌ها به بینایی بیش‌تری نیاز دارد و گونه‌هایی که در این عرض جغرافیایی زندگی می‌کنند بینایی به‌تر از حد میانگین [لازم] دارند.

تنها یک راه برای به‌بود بینایی در این شرایط وجود دارد و آن افزایش مساحت شبکیه (لایه حساس به نور در پشت چشم) است (به پرسش ۱۲ نگاه کنید)، به طوری که نور بیش‌تری دریافت شود. با این حال، این بدان معناست که کل کره چشم باید بزرگ‌تر باشد، و این به نوبه خود، بدان معناست که سازوکارهای عصبی، برای پردازش نشانه‌های نوری دریافت شده (هم در یاخته‌های عصبی که پشت کره چشم را به مغز متصل می‌کنند، و هم در مناطقی از مغز که پردازش و تفسیر این نشانه‌ها را انجام می‌دهند)، باید نسبتاً بزرگ‌تر باشد - داشتن سازوکار کارآمد دریافت نور، و سپس نداشتن قدرت رایانه‌ای برای درک نشانه‌های اضافی، فایده‌ای ندارد^[۴]. در نتیجه، نه تنها به چشم‌های بزرگ‌تر، بلکه به مغز بزرگ‌تر، نیز نیاز است^[۵]. از آن‌جا که مناطق بینایی اولیه که این نشانه‌ها را پردازش می‌کنند در پشت مغز هستند، چیزی که به دست می‌آورد برجستگی [پشت سر] نئاندرتال است.

[۴] ببینید این نویسنده چقدر بامزه است!

[۵] ساختار این جمله را قدری تغییر دادم.

در واقعیت، ما می‌توانیم این تأثیر را حتی در انسان‌های امروزی نیز تشخیص دهیم: جمعیت‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی بالا زندگی می‌کنند، کره چشم بزرگ‌تری نسبت به مردم مناطق گرم‌سیری دارند (هرچند نه به اندازه نئاندرتال‌ها)، و در نتیجه مغز بزرگ‌تری دارند^[۶]. (ما به همین

^(۱) Tropic of Cancer.

دلیل برجسته‌گی پشت سر را نداریم، زیرا در انسان‌های امروزی یک سیستم بینایی بزرگ، به اندازه نئاندرتال‌ها، فرگشت نیافته‌اند.) این ناهم‌گونی جغرافیایی در حجم مغز انسان امروزی، مدت زمان درازی است که شناخته شده است. اما، اهمیت آن هم‌واره بد فهمیده شده است. این هیچ ارتباطی با هوش افراد گرم‌سیری در مقایسه با افراد دارای عرض جغرافیایی بالا ندارد، زیرا هوش با لوب‌های پیشینی^(۱) ارتباط دارد^[۷] که [در انسان‌های امروزی] از نظر اندازه ناهم‌گونی ندارند. این فقط به تیزبینی مربوط می‌شود. در واقع، در انسان‌های امروزی، اندازه کره چشم (و از این رو مغز) به خوبی با میزان نور محیط (در یک روز میانگین) که جمعیت در آن زندگی می‌کند، ارتباط دارد. تنها چیزی که [در این بین دارای] معناست این است که مردم مناطق گرم‌سیری، اگر در مناطق با عرض جغرافیایی بالا زندگی کنند، نمی‌توانند در روزهای کم نور، به خوبی ببینند، و افرادی که در عرض‌های جغرافیایی بالا زندگی می‌کنند، هنگام رفتن به مناطق گرم‌سیری، چشم‌هایشان دچار آفتاب‌زدگی می‌شود (به احتمال زیاد به همین دلیل است که آن‌ها از عینک آفتابی استفاده می‌کنند).

[۶] انتخاب کلمات (و مفاهیم) در این بند بسیار سبک‌سرانه صورت گرفته است. چنین بی‌دقتی‌هایی به راحتی می‌تواند به بدفهمی‌های نژادپرستانه منجر شود.

[۷] در این جا هم واژه هوش، و ارتباطش با حجم بخش‌های گوناگون مغز، سبک‌سرانه به کار رفته است.

انسان‌های امروزی تنها در حدود ۴۰ هزار سال در اروپا زندگی کرده‌اند - فقط یک دهم زمانی که نئاندرتال‌ها در [اروپا] بوده‌اند. این بسیار جالب است که ما می‌توانیم چنین نشانه‌های روشنی از این سازگاری را پس از مدت کوتاهی مشاهده کنیم^[۸]. این منعکس کننده سرعت گزینش است که می‌تواند فرگشت را، در مواقعی که [فشار] محیطی به اندازه بالا باشد، نشان دهد (به پرسش ۱۶ نگاه کنید). هم‌چنین یادآوری می‌کند که بسیاری از این اثرها ناشی [از تغییرهای] اقلیمی است^[۹] (به پرسش ۱۷ نگاه کنید).

[۸] فرگشت می‌تواند با سرعت بالا پیش برود. اما اعدادی که در این جا به کار می‌رود ($40000/400000=0.1$) دقت بسنده را ندارد و مقایسه مناسبی هم ایجاد نمی‌کند. نشانه‌های ژنتیکی (نگاه کنید به مطالب منتشر شده توسط برنده جایزه نوبل پزشکی سال ۲۰۲۲) حاکی از این است که نئاندرتال‌ها شاید حدود ۸۰۰ هزار سال پیش از آفریقا بیرون آمده باشند. بنابراین وقتی از سرعت فرگشت اسم برده می‌شود باید به عددهایی مثل ۴۰۰ هزار سال و یا ۸۰۰ هزار سال فکر کرد. در یک مقایسه مناسب باید گفت که با توجه به این که بازه نسلی (فاصله بین دو نسل، که سن متوسط والدین، هنگام تولد فرزندان نشان می‌باشد) در انسان امروزی حدود ۲۵ سال است، رقم‌های ذکر شده در اینجا برابر ۱۶۰۰۰ تا ۳۲۰۰۰ نسل است. بگذریم از این که بازه نسلی در آن زمان کوتاه‌تر هم بوده است.

[۹] این جمله، توضیح واضح‌تر است. تمام فرگشت درباره رو در رویی موجودات با اثر تغییرهای محیطی است! اصلاً همین یکی از بهترین تعریف‌های فرگشت است!

با آن که گاهی ادعا می‌شود که نئاندرتال‌ها مغزی بزرگ‌تر از ما داشتند، در واقعیت اندازه میانگین مغز آن‌ها بسیار همانند مغز ما بود، شاید حتی کمی کوچک‌تر. یکی از پی‌آمدهای این امر این

^(۱) Frontal lobe.

است که با اختصاص فضای زیاد مغز به پردازش بینایی، آن‌ها دارای مواد عصبی کم‌تری در مغز پیشین بودند - جایی که بیش‌تر تفکرات هوش‌مند ما در آن انجام می‌شود. احتمالاً به همین دلیل است که آن‌ها دارای پیشانی بسیار کج‌تری نسبت به انسان‌های امروزی بودند و سر گنبدی بلند ما طوری طراحی شده بود که برای پیشانی بزرگ ما مناسب بود ^[۱۰]. این ممکن است توضیحی باشد که چرا با آن که مغز آن‌ها به اندازه مغز ما بزرگ بود، ابزارهای سنگی ساخته شده آن‌ها هرگز در آن میزان از پیچیدگی ابزارهای ساخت انسان‌های امروزی، که جای‌گزین آن‌ها شدند، نبود (بر خلاف ادعاهای مکرر که نئاندرتال‌ها در همه موارد کاملاً امروزی بودند). البته این بدان معنا نیست که نئاندرتال‌ها احمق بودند. اصلاً این طور نبود. اگر آن‌ها هوش‌مند نبودند و راه‌هایی برای رو در رویی با این نوع شرایط پیدا نمی‌کردند ^[۱۱]، هرگز نمی‌توانستند تقریباً ۴۰۰ هزار سال از سختی‌های دوران یخبندان در اروپا جان سالم به در ببرند.

[۱۰] به‌تر است تکرار کنم که خیلی از حرف‌هایی که نویسنده این کتاب می‌زند، "می‌تواند" درست باشد، ولی لزومن درست نیست. چرا؟ برای این که این جور حرف‌ها معمولاً نشانه‌های تجربی ندارند. برای این که بتواند این حرف را بزند، باید بتواند رابطه شیب پیشانی با هوش را اندازه بزند (!) و چنین اندازه‌گیری‌هایی از زمان نازیست‌ها به این سو، صورت نگرفته است. اصلاً این تصور که چنین اندازه‌گیری‌هایی بتواند مبنای آزمون یک انگاره باشد، به روشنی نشانه‌ای از انکار دست‌آوردهای دانشیک در زمینه‌های گوناگون از ژنتیک تا فیزیولوژی سیستم عصبی است. از درازگویی خودداری می‌کنم، اما در دهه ۱۹۷۰، بحث‌های مفصلی در آمریکا در مورد ارتباط اندازه کلاه‌خود سربازان با ریشه اروپایی، و ریشه آفریقایی، و هوش آن‌ها در جریان بود. کل این تفکر که چنین چیزهایی را اندازه بزنند، ناشی از ساده‌اندیشی است. اگر کسی مایل است بیش‌تر درباره این موضوع بدانند، با من تماس بگیرد!

[۱۱] البته که این استدلال خیلی ضعیفی است. اگر زندگی دراز یک گونه، در شرایط سخت، دلیل هوش‌مندی است، پس جانورانی مانند کوسه، تمساح و لاک‌پشت باید خیلی باهوش باشند. این که یک گونه (یا جمعیتی از یک گونه) برآزش (=سازگاری x ماندگاری) بالا داشته باشد، ربطی به هوش فرد آن گونه (یا جمعیت) ندارد. یک مثال شاید به فهم این مطلب کمک کند: آیا اکنون که آمریکا و چین قدرت اول و دوم اقتصادی جهان هستند به هوش فرد آن انسان‌های آمریکایی و چینی ربط دارد؟ آیا ایران که کاهش شدید درآمد سرانه داشته به خاطر کم‌هوشی ایرانیان بوده؟ به همین صورت، ماندگاری نئاندرتال‌ها در طی چندصد هزار سال دلیل باهوش بودن آن‌ها نبوده، و گونه‌مرگی آن‌ها هم به خاطر کم‌هوش بودن (یا کم‌هوش‌تر بودن آن‌ها نسبت به "ما") نبوده. دلیل‌های ماندگاری و ناماندگاری چیزهای دیگری است.

با این حال، معنای آن این است که نئاندرتال‌ها در حالی که بسیار باهوش‌تر از نیاکان خود بودند، به‌اندازه انسان‌های از نظر کالبدشناسی نوین، که حدود ۱۵۰ هزار سال پیش در آفریقا فرگشت یافته بودند و حدود ۴۰ هزار سال پیش به سرزمین نئاندرتال‌های اروپا وارد شده بودند، باهوش نبودند ^[۱۲]. این آفریقایی‌ها با پوست بسیار تیره خود (و به احتمال زیاد موهای فرفری) (به پرسش ۶۸ نگاه کنید)، [به همراه] ابزارهای پیچیده‌تر مینیاتوری خود مانند سوزن و دکمه، سلاح‌های جدیدتر مانند تیر و کمان، و نیزه‌های بلند پرتابی، که فاصله و دقت پرتاب نیزه را افزایش داد، [از آفریقا بیرون] آمدند. لوب‌های جلویی کوچک‌تر مغز نئاندرتال‌ها نیز به این معنا بود که آن‌ها از لحاظ اجتماعی کم‌تر باهوش بوده، و نمی‌توانستند به حفظ جوامع بزرگی مانند انسان‌های امروزی، دست یابند (به پرسش ۶۴ نگاه کنید). و این می‌تواند انواع و اقسام پی‌آمد را داشته باشد که مستقیماً بر توانایی آن‌ها برای زنده ماندن تأثیر می‌گذارد ^[۱۳].

[۱۲] تمام تاریخ‌هایی که در مورد زمان به وجود آمدن نئاندرتال‌ها و انسان‌های امروزی آمده است، تقریبی است. بعضی برآوردها حکایت از این دارد که نئاندرتال‌ها حدود ۸۰۰ هزار سال پیش به وجود آمده‌اند و انسان امروزی حدود ۳۰۰ هزار سال پیش. هم‌چنین برآورد زمان مهاجرت نئاندرتال‌ها و انسان‌های امروزی به بیرون از آفریقا تقریبی است. در مورد انسان‌های امروزی این بحث هم وجود دارد که آیا "ما" در یک موج از آفریقا بیرون آمدیم یا در چند موج.

[۱۳] در دو بند آخر این پرسش، نویسنده با احتیاط درباره ناهم‌گونی هوش نئاندرتال‌ها و انسان‌های امروزی حرف زده است. با این حال، مایلم یادآوری کنم که بسیاری از این حرف‌ها، داستان‌سرایی (و یا حداقل بسیار ساده‌انگارانه) است. به طور کلی، وصل کردن پدیده "هوش" به اندازه جمجمه یا اندازه مغز یا اندازه بخش‌هایی از مغز، بر پایه‌های محکم دانشیک استوار نیست. این موضوع از دهه ۱۸۸۰، و هر چند سال یک بار، به نوعی مطرح شده است و هر بار پس از چند سالی فروکش کرده است. اوج این حرف‌ها هم در سال‌های ۱۹۳۰ و در آلمان نازی بود. من از میانه دهه ۱۹۸۰ تا به حال شاهد چندین موج از این جور تلاش‌های "مذبوحانه" برای نشان دادن رابطه "هوش" و اندازه جمجمه و مغز و یا بخش‌هایی از مغز بوده‌ام. برای این‌که "چرت و پرت" بودن این حرف‌ها معلوم شود، به نکته زیر توجه کنید. مغز مردان ۱۰٪ تا ۱۲٪ از مغز زنان بزرگ‌تر و سنگین‌تر است. حالا فکر می‌کنید مریم میرزاخانی، که لابد مغز کوچک‌تری داشته، باهوش‌تر بود، یا مردانی که در کشور ما صاحب قدرت هستند؟

پرسش ۶۴ - چرا نئاندرتال‌ها گونه مرگ شدند؟

پس از اشغال جنوب اروپا تا بخش غربی سیبری در بیش‌تر ۴۰۰ هزار سال گذشته، پسین‌ترین نئاندرتال‌ها با فاصله کمی پس از ورود انسان‌های امروزی از استپ‌های روسیه به اروپا در ۴۰ هزار سال پیش، در اسپانیا از بین رفتند. در ابتدا تصور می‌شد که آن‌ها تا ۲۸ هزار سال پیش در اسپانیا زنده مانده باشند و از این رو در حدود ۱۵ هزار سال در کنار انسان‌های امروزی زندگی کرده باشند، اما تاریخ نگاری‌های جدیدتر، از پسین‌ترین مکان‌های شناخته شده زندگی آن‌ها، نشان می‌دهد که این‌ها کهن‌تر از آنچه تصور می‌شد، هستند. در واقع، هنگامی که انسان‌های امروزی از استپ‌های روسیه وارد شدند، نئاندرتال‌ها احتمالاً آنقدر کم شده بودند که انسان‌های امروزی عملاً به منطقه‌ای خالی از رقبای رسیدند. به هر حال، برای بیش از ۱۰۰ هزار سال، نئاندرتال‌ها در منطقه [شمال خاورمیانه]^[۱] توانایی‌های انسان‌های امروزی برای خروج از آفریقا را از طریق تنها پل زمینی لونت^[۲] مسدود کرده بودند و آن‌ها را مجبور به استفاده از گذرگاه دریایی بسیار دشوارتر باب المندب در انتهای پایین شبه جزیره عربستان کرده بودند. بنابراین، اگر [نئاندرتال‌های زیادی در اروپا زندگی می‌کردند] بعید به نظر می‌رسد که انسان‌های امروزی، در صورت حضور جمعیت نئاندرتال، که از نظر جسمی قوی‌تر بودند، به این راحتی می‌توانستند به اروپا هجوم آورند^[۳].

[۱] نویسنده واژه "Levant" را استفاده کرده که منطقه‌ای در شرق دریای مدیترانه است. اما این منطقه در زبان‌ها و کشورهای گوناگون اندازه گوناگونی دارد. ترجیح من این است که به جای واژه "Levant" از واژه "پل شمالی" استفاده کنم. آن منطقه ای را هم که امروز باب المندب خوانده می‌شود، میتوان "پل جنوبی" خواند.

[۲] نکته‌ای که در این جا اهمیت دارد این است که انسان‌ها (از هر نوعی که باشند، چه نئاندرتال و چه انسان امروزی) از چه نقطه‌ای از آفریقا خارج شده‌اند؟ تصور نویسنده این است که انسان‌ها یا باید از "مسیر خشکی" در شمال شرقی آفریقا و در جایی که امروز کانال سوئز قرار دارد خارج شده باشند (پل شمالی)، و یا از "مسیر دریایی" در منطقه میانی آفریقا یعنی شاخ آفریقا (پل جنوبی). دقت کنید که هر باری که زمین در یک دوره یخبندان به سر می‌برد، مقدار زیادی از آب‌های زمین به صورت یخ در قطب‌ها جمع می‌شود و در نتیجه سطح دریاها در طول دوران‌های یخبندان

^(۱) Levant.

بسیار پائین است. بنابراین، منطقه‌ایی مانند باب المندب در بعضی دوره‌ها کاملاً خشک بوده است. با این استدلال، "ترس" نویسنده از دریای طوفانی در باب المندب، بی‌مورد است!

[۳] برای ما ایرانی‌ها که خود را محور عالم وجود می‌دانیم، خواندن مقاله زیر، در مورد خروج انسان از آفریقا، و اقامت اولیه‌اش در "ایران" باید جالب باشد!

Vallini, L., Zampieri, C., Shoaee, M. J., Bortolini, E., Marciani, G., Aneli, S., Pievani, T., Benazzi, S., Barausse, A., Mezzavilla, M., Petraglia, M. D., & Pagani, L. (2024). The Persian plateau served as hub for Homo sapiens after the main out of Africa dispersal. *Nature Communications*, 15(1), 1882. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46161-7>

این که چرا نئاندرتال‌ها گونه‌مرگ شدند بیش از یک قرن است که مورد بحث و جدل شدید قرار گرفته است. در میان توضیحات زیادی که ارائه شده است، مانند: نابودی توسط انسان‌های امروزی، بیماری‌هایی که توسط انسان‌های امروزی منتقل شده و [نئاندرتال‌ها] در برابر آن‌ها مصنوعیتی نداشتند، ناتوانی در خوب کنار آمدن با انسان‌های امروزی، بدتر شدن آب و هوا در اوج پسین‌ترین عصر یخبندان، اندازه‌های کوچک جمعیت که برای جای‌گزینی از بین رفتن جوامع محلی بسنده نبود، جذب در جمعیت‌های گوناگون انسان امروزی از طریق بین‌آمیزی و قرار گرفتن زیر تأثیر یک فاجعه آتش‌فشانی. همه این‌ها ممکن است درست باشد - حداقل تا حدی - اگرچه ما هنوز نیاز داریم این سوال را بپرسیم که آیا یکی از [این دلیل‌ها] از دیگران مهم‌تر بوده است یا خیر. با این وجود، این سوال مطرح می‌شود که چرا انسان‌های امروزی در همان زیست‌گاه‌هایی که نئاندرتال‌ها را پایان داد، زنده ماندند.

با توجه به این‌که نئاندرتال‌ها از نظر جسمی بسیار قوی‌تر از انسان‌های امروزی بودند، نابودی مستقیم نئاندرتال‌ها توسط انسان‌های امروزی بعید به نظر می‌رسد. با این وجود، حتماً تصادفی نیست که نئاندرتال‌ها در چند هزار سال پس از ورود انسان‌های امروزی از بین رفتند. فروپاشی جمعیت بومیان [۴] آمریکایی در قرون شانزدهم و هفدهم ناشی از بیماری‌های اروپایی، که مصنوعیتی نسبت به آن‌ها نداشتند، شاید سرخی برای آن‌چه ممکن است رخ داده باشد، ارائه دهد. چنین مثال‌های تاریخی نشان می‌دهد که [انتقال بیماری] ممکن است با کمک مقداری کشتار عمدی در این‌جا و آن‌جا، و بدون شک گاهی هم سرقت زنان [انسان امروزی توسط مردان نئاندرتال] صورت گرفته باشد (به پرسش ۶۵ نگاه کنید).

[۴] نخستین ساکنان قاره آمریکا!

اگر بیماری‌های جدید منجر به [کوچک شدن بیش از حد] جمعیت شده باشد، این امر باعث شده، که حتی در صورت عدم رقابت با انسان‌های امروزی، نئاندرتال‌ها به سمت جوامع کوچک منزوی، سوق داده شده باشند. این نوع تکه‌تکه شدن جمعیت، شاید مهم‌ترین تهدید فوری برای ماندگاری هر گونه‌ای باشد، زیرا جمعیت‌های آن از مقاومت لازم در برابر سایر تهدیدهای جمعیت‌شناختی ^(۱) برخوردار نیستند (به پرسش ۴۵ نگاه کنید). هر گونه فشار اضافی بوم‌شناسانه

^(۱) Demographic.

از سوی انسان‌های امروزی، هرگونه کاهش جزئی در دسترس بودن گونه‌های طمعۀ معمولی آن‌ها، هرگونه بدتر شدن آب و هوا، چند زن کمتر برای بازآوری - هر یک از این‌ها می‌توانست آن‌ها را به راحتی به حاشیه براند، و چه بسا که اگر جمعیت‌های آن‌ها چندان کوچک و جدا افتاده نبود، شاید زنده می‌ماندند [۵].

[۵] ساختار این جمله را تغییر داده‌ام.

یکی از شاخص‌هایی که نشان می‌دهد جمعیت [۶] نئاندرتال‌ها نسبت به انسان‌های امروزی کوچک‌تر بوده است، از اندازه مغز آن‌ها به دست می‌آید. انگاره مغز اجتماعی [۷] (به پرسش ۸۵ نگاه کنید) به رابطه بین اندازه اجتماع و (به ویژه) حجم لوب‌های پیشینی در نخست‌های اولیه (از جمله انسان‌های امروزی) می‌پردازد [۸]. از آن‌جا که مغز نئاندرتال‌ها بیش‌تر به لوب‌های پشت سر [۹] و پردازش بینایی اختصاص داده شده بود و به لوب‌های جلویی، و شناخت هوش‌مند/اجتماعی، کم‌تر اختصاص داشت، لوب‌های جلویی کوچک‌تر آن‌ها [می‌توانست] اجتماع‌هایی در حدود ۱۲۰ نفر را سامان‌دهی کند، در مقایسه با اجتماع‌های ۱۵۰ نفری که انسان‌های با کالبد شناسی [۹] امروزی سامان می‌دادند. در هر درگیری که ممکن بود رخ دهد، انسان‌های امروزی می‌توانستند شمار بیش‌تری از جنگ‌جویان را سامان‌دهی کنند. هم‌چنین این به آن معنا بود که [نئاندرتال‌ها، از نظر] فرهنگی، به طور کامل در تراز انسان‌های امروزی نبودند. این امر می‌تواند منجر به ناهم‌گونی قابل‌توجهی در نحوه استفاده از فرهنگ برای پیوند گروه‌های اجتماعی (به پرسش ۸۷ نگاه کنید)، و در نتیجه اندازه این گروه‌ها بشود.

[۶] در این بخش نویسنده از دو واژه "جمعیت = population" و "اجتماع = community" به یک معنی استفاده می‌کند. به هر رو، منظور او "گروه" است! و من در آخر این بند مجبور شده‌ام از واژه "گروه" استفاده کنم.

[۷] در برگردانی این کتاب، جای بحث در مورد ناهم‌گونی "دانش و نادانش"، یا "دانش و شبه دانش"، یا "دانش قوی و دانش ضعیف"، و یا "دانش خوب و دانش بد" نیست. با این حال، من پیش از این به پدیده "داستان‌سرایی" اشاره کرده‌ام. داستان‌سرایی، چیزی است که ممکن است معقول (plausible) به نظر برسد، حتی ممکن است یک مدل ریاضی (mathematical model) داشته باشد، اما در مورد آن داده‌های تجربی (empirical data) و تحلیل‌های آماری (statistical analysis) که "کافی و لازم" باشند، وجود نداشته باشد. برای مثال، ممکن است هم‌بستگی نشان‌آر (significant correlation) بین ناهم‌گونی اندازه مغز و اندازه گروه در "خانواده = family" انسان‌ها وجود داشته باشد، ولی هم‌بستگی نشان‌آر بین ناهم‌گونی اندازه مغز و اندازه گروه در "زیرگونه = sub-species" انسان وجود نداشته باشد. "انگاره مغز اجتماعی"، که در این‌جا به آن اشاره می‌شود، مثال خوبی است، چون برای آن یک "مثقال" داده تجربی وجود دارد و یک "خروار" نتیجه‌گیری. به عبارت دیگر، هر "گمانه زنی دانشیک"، لزومن "دانشیک" نیست! همین حرف را در چهارچوب آماری هم می‌توان مطرح کرد. در یک تحلیل آماری، یک مدل آماری می‌تواند ضریب تعیین ($R^2 = \text{coefficient of determination}$) بالایی داشته باشد، و حتی بتواند شمار زیادی هم‌سنجی (contrast) نشان‌آر را نشان بدهد، اما تمام هم‌سنجی‌های موجود در آن تحلیل آماری، نشان‌آر نباشند. با کمی اکراه، بیتی از مولوی را نقل می‌کنم:

گمان که جزو یقینست، شد یقین ز یقین
وگر جدا هلیش از یقین، گمان داری.

(1) Occipital lobe.

به هر رو، از نظر من، "انگاره مغز اجتماعی"، پایه‌های دانشیک قوی ندارد!

[۸] این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

[۹] نویسنده هر از گاهی یک "صفت" را، و در این‌جا "کالبد شناسی" را، احتمالاً برای تاکید، به کار می‌برد که باعث سنگین شدن جمله‌ها می‌شود. حدس من این است که او تکلیف خود را با نئاندرتال‌ها و این که آن‌ها چقدر با انسان‌های "امروزی" فرق دارند، و این که "نئاندرتال‌ها" و "ما" یک گونه یا دو گونه هستیم، روشن نکرده است.

پوشاک ممکن است نقش مهمی، در توانایی آن‌ها برای کنار آمدن با شرایط رو به وخامت، داشته باشد. اجتناب از اتلاف گرما برای زنده ماندن در آب و هوای سرد بسیار مهم است و ناهم‌گونی بین لباس‌های دوخته و دکمه‌دار، برخلاف شنل‌های ساده که در پیرامون بدن پیچیده شده باشند، اگر این ناهم‌گونی‌ها نشانی از نوآوری‌های فنی باشند، ممکن است بین انسان‌های امروزی و نئاندرتال‌ها، ناهم‌گونی ایجاد کند. ناهم‌گونی در ویژگی‌های حرارتی لباس زمستانی ممکن است توضیح دهد که چرا انسان‌های امروزی در دوران یخبندان، بدون در نظر گرفتن نحوه پیش‌روی و عقب‌نشینی جبهه‌های یخی، که این دو گونه را به سمت شمال و جنوب می‌راند، بسیار بیش‌تر از نئاندرتال‌ها در شمال زندگی کردند. [نوع لباس] ممکن است برای توانایی زنده ماندن یک گونه و از بین رفتن گونه دیگر کلیدی باشد.

نشانه‌های باستان‌شناسی وجود دارد که نشان می‌دهد دکمه و منجوق متصل به لباس‌های انسان‌های امروزی موجود در اروپای ۳۵ هزار سال پیش (و پیش از آن در آفریقا) وجود داشته، که نشان می‌دهد انسان‌های امروزی باید سوزن و چوب‌مورد نیاز برای تهیه لباس‌های پیچیده‌تر را داشته‌اند. هیچ مدرکی مبنی بر این که نئاندرتال‌ها از این نوع ابزارها داشته‌اند وجود ندارد، هرچند که ابزارهای آن‌ها در اواخر [حضور آن‌ها] تا حدودی پیچیده‌تر شده است.

اطلاعات نامنتظره‌ای در مورد این سوال توسط ژنتیک دو گونه شپش، که انسان‌های امروزی را آلوده می‌کنند. ارائه شده است (شپش بدن و شپش سر که از سر پیش‌آمد به دلیل این که در بخش‌های گوناگون بدن انسان زندگی می‌کنند، هم‌آمیزی ندارند)^۱. ژنتیک این دو گونه نشان می‌دهد که نیای مشترک آن‌ها گونه‌ای بوده که در حدود ۱۰۰ هزار سال پیش وجود داشته است. شپش‌ها فقط در محیط‌های بسته (که معمولاً توسط پشم فراهم می‌شود) می‌توانند زنده بمانند. بدن‌های بدون موی ما از دو میلیون سال پیش، که موهای بدن خود را از دست دادیم، بیابان شپش‌ها بود (به پرسش ۶۱ نگاه کنید)، و سر مودار ما تنها پناه‌گاه بازمانده برای آن‌ها بود. هنگامی که ما لباس‌های تن-چسب را اختراع کردیم، یک زیست‌گاه جدید، به طرز جادویی، در دست‌رس [شپش‌ها] قرار گرفت، و به برخی از آن‌ها اجازه داد به یک زیستگاه خالی [مشابه رخنه] جدید، مهاجرت کنند. هنگامی که آن‌جا بودند، آن‌ها ناگزیر فرگشت کردند و به گونه‌ای جداگانه تبدیل شدند. زمانی که آن‌ها به دو گونه تبدیل شدند، برآوردی از زمان احتمالی اختراع لباس به ما می‌دهد.

^۱ این به خودی خود عجیب است: همه گونه‌های دیگر جانوران فقط یک گونه واحد از شپش بدن دارند.

پرسش ۶۵ - آیا این درست است که همه ما ژن‌های [۱] نئاندرتال داریم؟

تاریخ‌نگاری نئاندرتال‌ها دارای افت و خیز زیادی بوده است و نظرات بین این پیش‌نهاد که آن‌ها اجداد مستقیم ما بوده‌اند (و بنابراین بدیهی است که باهوش هستند) و این پیش‌نهاد که آن‌ها شاخه‌ای فرعی هستند که گونه‌مرگ شده‌اند (به این معنی که غارنشینانی گنگ بودند) در حال چرخش بوده است. با این حال پیشرفت ژنتیک مولکولی در دهه گذشته نشان داده است که آن‌ها نیاکان مستقیم ما نیستند. با این وجود، حدود ۱ تا ۴ درصد از ژن‌های اروپاییان امروزی، احتمالاً از طریق ازدواج [۲] متقابل (یا به احتمال زیاد، با توجه به رفتارهای تاریخی بشر، زنان نئاندرتال که توسط گروه‌های انسانی اسیر شده‌اند) خاست‌گاه نئاندرتالی دارند. در هیچ یک از دودمان‌های ژنتیکی آفریقا، هیچ ژن نئاندرتالی وجود ندارد، زیرا نئاندرتال‌ها در آفریقا وجود نداشتند. هر گونه تلاقی با انسان‌های امروزی پس از خروج انسان‌های امروزی از آفریقا رخ داد [۳].

[۱] این بند از آن بندهایی است که واژه "ژن" در آن زیاد تکرار شده است. لازم می‌دانم بگویم که تعریف واحدی از واژه "ژن" وجود ندارد و بسیاری از ژنتیک‌دانان (مانند من) به طور معمول از این واژه استفاده نمی‌کنند (مگر این که مجبور شوند!)

[۲] به کار بردن واژه "ازدواج"، که یک پدیده اجتماعی جدید است، در مورد آمیزش‌هایی که حدود ۴۰ هزار سال پیش صورت گرفته، بی‌مورد است!

[۳] این دو جمله آخر ممکن است درست نباشند. نویسنده در دو پرسش ۱۶ و ۶۲ خلاف این موضع را مطرح کرده بود که من در پانویشت‌ها با آن مخالفت کرد. در اینجا او ادعاهای قبلی خود را نقض می‌کند. بهرجهت، این احتمال وجود دارد که در طول بعضی یخبندان‌ها، گروه‌های کوچکی از نئاندرتال‌ها از اروپا به شمال آفریقا رفته باشند. اما، در جستجوهای اولیه در انسان‌های ساکن شرق آفریقا (اریتره و اتیوپی، در آن منطقه‌ای که در ایران با نام سننتی "حبشه" شناخته می‌شود) "ژن‌های نئاندرتالی دیده نشده است.

ژن‌هایی که اروپایی‌ها از نئاندرتال‌ها به ارث برده‌اند، ژن‌هایی هستند که بر ویژگی‌هایی مانند رنگ مو و پوست روشن‌تر، امکان برنزه شدن و آفتاب‌سوختگی، رفتارهایی مانند شب‌زنده‌داری و تمایل به نیکوتین تأثیر می‌گذارند [۴]. (منظور این نیست که چه نئاندرتال‌ها و چه انسان‌های امروزی ۴۰ هزار سال پیش دخانیات مصرف می‌کرده‌اند: گیاه تنباکو بومی قاره آمریکا است و انسان‌ها تا ۲۵ هزار سال بعد به آن‌جا نرسیده بودند.) همچنین نشانه‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد ژن‌های نئاندرتال بر صفاتی مانند تمایل به چرت زدن در طول روز، تنهایی و خلق و خوی پژمرده، تأثیر می‌گذارد [۵]. از آنجا که رنگ پوست مربوط به عرض جغرافیایی است (رنگ روشن پوست باعث تولید ویتامین D در پوست، توسط نور خورشید می‌شود، که برای ماندگاری در عرض‌های جغرافیایی بالا ضروری است) (به پرسش ۶۸ نگاه کنید)، نئاندرتال‌ها، که چند صد هزار سال را در اروپا گذرانده بودند، پوست روشن‌تری داشتند. در برابر، انسان‌های امروزی تازه وارد رنگ پوست تیره‌تری، مانند مردمان آفریقایی، داشتند. به دست آوردن ژن‌های نئاندرتال‌ها برای رنگ روشن پوست، سازگاری [انسان‌های تازه از آفریقا آمده] را با زندگی در عرض جغرافیایی بالا تسریع می‌کند (دلیل آن را در پرسش ۶۸ توضیح خواهم داد).

[۴] در ادعاهایی که در این بند مطرح می‌شود مقداری داستان‌سرایی وجود دارد و پایه‌های دانشیک چنین ادعاهایی ضعیف است.

[۵] در برابر چنین ادعاهایی، اولین چیزی که به ذهن من می‌رسد این است که "این را چه‌طور اندازه زدی؟"

شاید شگفت‌انگیزتر این باشد که اندک اندک معلوم شد که مردمان آسیای شرقی و ملانزیان‌های {۱} امروزی از گینه نو و جزیره‌های مرتبط با آن، و جمعیت نگریتو {۲} از فیلیپین، ۴ تا ۸ درصد از ژن‌های خود را از گروه دیگری از انسان‌های باستانی، دنیسوان‌ها، به دست آورده‌اند. از دنیسوان‌ها تنها چند دندان، از چهار فرد گوناگون که حدود ۴۰ هزار سال پیش، در غاری در کوه‌های آلتای {۳} در مرکز سیبری زندگی می‌کرده‌اند، یافت شده است [۶]. به نظر می‌رسد دنیسوان‌ها حتی ممکن است شاخه‌ای از جمعیت باستانی هایدلبرگ اروپا بوده‌اند که به سمت شرق حرکت کرده‌اند. جمعیت‌های انسانی امروزی که حدود ۷۰ هزار سال پیش به جنوب آسیا رسوخ کرده‌اند، باید با آن‌ها در جنوب شرقی آسیا ملاقات کرده و با آن‌ها بین‌آمیزی داشته‌اند. در واقع، نشانه‌های ژنتیکی نشان می‌دهد که ممکن است حداقل در دو موج جداگانه مبادله ژنتیکی وجود داشته است.

[۶] تا آنجایی که من می‌دانم، اولین فسیل مربوط به دنیسوان‌ها، بند آخر انگشت کوچک دست یک دختر بوده است.

پرسش ۶۶ - چرا فقط یک گونه از کل دودمان ما زنده ماند؟

از آنجا که ما تنها گونه‌ای از دودمان خود هستیم که در حال حاضر زنده هستیم، بر این باوریم که همیشه همین طور بوده است، [به این ترتیب که] در یک روند گونه‌زایی، هر گونه با گونه پس از آن دودمان، جای‌گزین شده است (به پرسش ۴۳ نگاه کنید). در واقع، ۴۰ هزار سالی که از زمان ناپدید شدن نئاندرتال‌ها گذشته بسیار غیرعادی بوده است، زیرا تنها یک گونه از دودمان ما وجود داشته است. تضاد ظاهری بین ما و نزدیک‌ترین اقوام زنده ما، شامپانزه‌ها، در غیاب گونه‌ای واسطه [۱]، بزرگ‌نمایی شده است.

[۱] اشاره به "گونه‌ای واسطه" که هم‌آن "حلقه مفقوده" باشد، بی‌مورد است (به پرسش ۱۰۰ نگاه کنید).

بین دو تا چهار میلیون سال پیش، هنگامی که استرالوپیت‌هسین‌ها در اوج [زندگی] خود بودند، چهار گونه [انسانی] به طور هم‌زمان زندگی می‌کردند. بین ۱.۸ تا ۲.۴ میلیون سال پیش، زمانی که جنس هومو برای اولین بار فرگشت یافت، چندین دوره وجود داشت که تا شش گونه گوناگون از دودمان ما، در یک زمان زنده بودند. در برخی موارد، گونه‌های اولیه انسان [۲]، در زیست‌گاه‌های یکسانی، با پسین‌ترین گروه‌های استرالوپیت‌هسین‌ها زندگی می‌کردند. میلیون‌ها سال بعد این میزان تنها به دو گونه کاهش یافت. اما، از حدود نیم میلیون سال پیش، حتی تا شش گونه انسان

{1} Melanesian.

{2} Negrito.

{3} Altai.

در مناطق گوناگون آفریقا و اوراسیا زندگی می‌کردند.^۱ سپس، از حدود ۵۰ هزار سال پیش، این میزان به سرعت به دو کاهش یافت و سپس فقط ما باز ماندیم^[۳].

^۱هومینین‌ها^(۱) از دودمان ما هستند، از جمله استرالوپیتکسین‌ها و اعضای جنس هومو. در متون قدیمی از واژگان هومینید برای این گروه استفاده می‌شد، اما اکنون این واژه گسترش یافته است، و شامل همه میمون‌های بزرگ می‌شود.

[۲] تکرار می‌کنم، در اینکه کدام یک از جمعیت‌های انسانی "گونه"ای جدا از ما بوده‌اند اختلاف نظر وجود دارد.

[۳] نویسنده در این بند، ترتیب زمانی را رعایت نکرده، و پس و پیش رفته است.

گونه ما، در ۱۰۰ هزار سال اول وجود خود به سان یک گونه متمایز، محدود به آفریقا بود، به احتمال زیاد به این دلیل که در خاورمیانه نئاندرتال‌ها راه آن‌ها را برای خروج از آفریقا مسدود کرده بودند. با این حال، حدود ۷۰ هزار سال پیش، شمار کمی از افراد می‌توانستند از جنوب آسیا گذر کنند (احتمالاً با استفاده از قایق برای عبور از باب المندب در انتهای جنوبی دریای سرخ و دور از دست‌رس نئاندرتال‌ها)^[۴]. از آن‌جا، آن‌ها در طول ۲۰ هزار سال پس از آن به سرعت در سراسر جنوب آسیا تا استرالیا گسترش یافتند، احتمالاً با رفتن از ساحلی به ساحلی دیگر (احتمالاً در قایق). از جنوب آسیا، آن‌ها حدود ۴۰ هزار سال پیش از طریق روسیه امروزی به اروپا بازگشتند و پس از هم‌زیستی کوتاه مدت با نئاندرتال‌ها، به سرعت جای‌گزین این گونه قدیمی شدند تا تنها گونه انسانی روی کره زمین شوند.

[۴] جغرافیای کنونی زمین تصویر مناسبی از جغرافیای ۷۰ هزار سال پیش به دست نمی‌دهد. در آن موقع، زمین در اوج یکی از دوران‌های یخبندان بود. وجود یخ زیاد در مناطق گوناگون (مخصوصاً مناطق نزدیک به قطب‌های زمین)، به معنی پایین بودن تراز آب دریاها بود. در نتیجه در مناطقی مانند باب‌المندب، و یا در کل منطقه خلیج فارس، دریایی بسیار کم عمق وجود داشت، و حتی ممکن است به جای یک دریای یک‌پارچه، دریاچه‌های کوچک با فاصله از هم وجود داشته است. حتی این احتمال می‌رود که بسیاری از این دریاچه‌ها، آب شیرین داشته‌اند (بر خلاف امروز که به علت اتصال به دریاهای آزاد، آب موجود در باب‌المندب و خلیج فارس شور است). با نگاهی مختصر به نقشه مناطق گوناگون بین مالزی، اندونزی، گینه پاپائو، استرالیا، تاسمانی و نیوزیلند هم وضعیت مشابهی را می‌توان حدس زد. در نتیجه برای حرکت انسان به نقاط گوناگون لزوم نیازی به قایق نبوده، و یا این که قایق‌های بسیار ساده هم می‌توانستند از آب‌های کم‌عمق عبور کنند.

این که به چه دلیل ما تنها گونه از دودمان خود هستیم هم‌چون یک معمای حل نشده باز مانده است، اگرچه نمی‌توان شکی داشت که شرایط آب و هوایی پسین‌ترین عصر یخبندان، فشارهای قابل توجهی را بر تمام گونه‌های انسانی که هنوز در آن زمان وجود داشتند، اعمال کرده است. پسین‌ترین نمونه انسان راست‌قامت در جنوب چین، و انسان کوتاه‌قد هومو فلورنسیس^(۲)، با قد حدود یک متر در جزایر اندونزی، در حدود ۶۰ هزار سال پیش، هنگامی که پسین‌ترین عصر یخبندان در اوج خود بود، از بین رفتند (هر چند، در هر دو مورد، به طور مشکوکی نزدیک به زمان ورود انسان‌های امروزی از آفریقا است). به‌رغم استفاده از غارها هم‌چون پناه‌گاه، و کنترل آتش

(۱) Hominin.

(۲) Homo floresiensis.

در حدود ۴۰ هزار سال پیش، به نظر می‌رسد که نئاندرتال‌ها نتوانستند با سرما، و انسان‌های از نظر کالبدشناسی امروزی، کنار بیایند (به پرسش ۶۴ نگاه کنید).

با این حال، یک امر روشن این است که ادامه‌گونه ما کاملاً در [لبه خطرناکی] بوده است و ما به راحتی می‌توانستیم در کنار سایر گونه‌های انسان ناپدید شویم. این از نشانه‌های ژنتیکی گلوگاه چشم‌گیر جمعیتی، که باعث به وجود آمدن انسان‌های امروزی شده است، آشکار است: تحلیل آماری از توزیع ژن‌های انسان معاصر به ما می‌گوید که، همه افراد زنده امروزه از مجموعه‌ای از تنها [حدود] ۵۰۰۰ زن در سن باروری هستند، که حدود ۱۵۰ هزار سال پیش زندگی می‌کردند. (به پرسش ۳۰ نگاه کنید). از راستاهای گوناگون، این یک معجزه است که هر یک از ما اصلاً اینجا هستیم [۵].

[۵] گلوگاه به معنی کوچک شدن سریع اندازه یک جمعیت است. نویسندگان، در اینجا از مفهوم "اندازه موثر جمعیت" (effective population size)، که در رشته‌هایی مانند ژنتیک جمعیت و ژنتیک کمی کاربرد دارد، سخن می‌گویند. برای اندازه‌گیری این مفهوم می‌توان از مقایسه پراکندگی ژنتیکی موجود در یک گروه، اندازه این گروه، در گذشته را، برآورد کرد. با توجه به رقم ۵۰۰۰ زن در سن باروری که نویسنده به آن اشاره می‌کند، داوری من این است که گلوگاهی در بین نبوده است. از نظر من اگر شمار زنان در سن باروری به ۱۰۰ زن یا کمتر می‌رسید، می‌توانستیم از بروز گلوگاه سخن بگوییم.

تاریخ درج شده در ژن‌های انسان‌های زنده به ما می‌گوید که، یکی از چهار دودمان اصلی دی‌ان‌ای میتوکندریایی (mtDNA) در آفریقا [۶]، حدود ۱۰ هزار سال پیش از آن‌که انسان، آفریقا را برای سکونت در بقیه جهان ترک کند، افزایش چشم‌گیری در اندازه جمعیت داشت. این نشانه‌ای از حضور گروهی در ۸۰ هزار سال پیش در شرق آفریقا است، که باعث ایجاد اروپایی‌ها، آسیایی‌ها و بومیان آمریکا و همچنین گسترش تاریخی پس از آن قوم‌های بانتو^(۱) به غرب و جنوب آفریقا بود [۷]. این دودمان در حال حاضر نیمی از همه مردم جنوب صحرای آفریقا و همه ساکنان بومی بقیه جهان را شامل می‌شود. سه دودمان دیگر mtDNA در آفریقا ماندند، و تا زمانی بسیار دراز گسترشی واقعی را نشان ندادند.

[۶] گمان من بر این است که نویسنده در مورد "چهار دودمان اصلی دی‌ان‌ای میتوکندریایی" دچار قدری بدفهمی است. زیرا شمار این دودمان‌ها بیش‌تر از چهار است. اما متأسفانه، تابحال، نتوانسته‌ام ریشه بدفهمی نویسنده را پیدا کنم! برای توضیحات بیشتر در این باره، به مقاله زیر نگاه کنید.

Maca-Meyer, N., González, A. M., Larruga, J. M., Flores, C., & Cabrera, V. M. (2001). Major genomic mitochondrial lineages delineate early human expansions. BMC Genetics, 2(1), 13. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-2-13>

[۷] ساختار این جمله را تغییر دادم!

^(۱) Bantu.

پرسش ۶۷ - ژنتیک مولکولی چه چیزی توانسته است درباره تاریخ گذشته ما به ما بگوید؟

هرچقدر هم که شگفت‌آور به نظر برسد، ژنتیک مولکولی می‌تواند اطلاعات زیادی در مورد تاریخ گذشته گونه ما، به ما بگوید. پیش از این مشاهده کردیم که ژنتیک به ما می‌گوید که ما یک گونه نسبتاً جوان هستیم که ریشه ما به گروه بسیار کوچکی از انسان‌ها می‌رسد (به پرسش ۶۶ نگاه کنید) [۱]. در نتیجه، تنوع ژنتیکی در انسان‌های امروزی، در مقایسه با اکثر گونه‌ها، واقعاً اندک است. ما زمان بسنده برای تنوع یافتن نداشته‌ایم. یافته دوم این است که همه اروپاییان امروزی (قفقازی [۲])، استرالیایی‌ها، آسیایی‌ها و ساکنین بومی آمریکا به یک‌دیگر نزدیک‌تر هستند تا به آفریقایی‌ها. تنوع ژنتیکی غیر اروپایی‌ها بسیار کم‌تر از جمعیت بومی آفریقا است. جمعیت‌های غیر آفریقایی یک [جمعیت] اجدادی مشترک دارند، که احتمالاً حدود ۷۰ هزار سال پیش، در گوشه شمال شرقی آفریقا وجود داشته است. درحالی‌که [جمعیت] اجدادی مشترک همه آفریقایی‌ها به حدود ۱۵۰ هزار سال پیش می‌رسد [۳].

[۱] ساختار این جمله را قدری تغییر داده‌ام!

[۲] واژگان "قفقازی" = Caucasian، که من فکر می‌کنم باری "نژادپرستانه" دارد، بازمانده تئوری‌های سستِ زبان‌شناسانه قرون ۱۸ و ۱۹ است. در بند پس از این توضیح بیش‌تری خواهم داد.

[۳] هم‌آن‌طوری که پیش از این هم گفته بودم، این تاریخ‌ها تقریبی است. ریشه جمعیت اجدادی آفریقایی‌ها باید قدیمی‌تر ۱۵۰ هزار سال باشد.

تحلیل ژنتیکی به ما می‌گوید که جمعیت اینوئیت {۱} [۴] و آمریندی {۲} [۵] زیرمجموعه‌ای از جمعیت اوراسیا هستند که ۱۶ هزار سال پیش از راه تنگه برینگ به قاره آمریکا رفته‌اند. تنگه برینگ، بین شرق سیبری و آلاسکا، در آن هنگام، که تراز دریا بسیار پایین‌تر بود، مانند یک پل زمینی بود که بین دو قاره قرار داشت. نشانه‌های زبانی [۶] نشان می‌دهد که سه موج اصلی وجود داشته و سه گروه اصلی از زبان‌های مرتبط را به وجود آورده است: موج اولیه‌ای که به آهستگی به ایالات متحده امروزی و سرانجام در آمریکای جنوبی گسترش یافت و یک خانواده بزرگ و پراکنده از زبان‌های آمریندی ایجاد کرد. موج دوم باعث ایجاد گروه زبانی نادینی {۳} شد که شامل کرو {۴} و سایر قبایل [۷] از جنوب کانادا و اپاچی {۵} و ناواهو {۶} در جنوب غربی ایالات متحده می‌شود. و سرانجام اینوئیت‌ها که جدیدترین مهاجران هستند و محدود به بخش‌های شمالی کانادا و گرینلند هستند (که حدود ۲۰۰۰ سال پیش به آن‌جا رسیده‌اند).

[۴] نویسنده در پراتنز واژه "اسکیمو" = Eskimo را به کار برده. این واژه، از دیدگاه ساکنین مناطق قطبی تحقیق‌آمیز و نژادپرستانه محسوب می‌شود.

[۵] این واژه هم واژه درستی نیست!

{1} Inuit.

{2} Amerindian.

{3} Na-Dene.

{4} Crow.

{5} Apache.

{6} Navaho.

[۶] "نشانه‌های زبانی" که در این بند به آن‌ها اشاره می‌شود شامل بررسی همانندی واژه‌های مربوط به طبیعت در زبان‌های گوناگون در قرون 18 و 19 می‌شود. "بدجنسانه" می‌گوییم که، دانش‌مندان نژادپرست در این جور بررسی‌ها سهم بزرگی داشتند. نام اجرام آسمانی، گل‌ها، جانوران، ساختارهای زمین‌شناسی و روابط خانوادگی مثال‌هایی از واژه‌های مربوط به طبیعت هستند. از دیدگاه دانش امروزی، اشکال آن بررسی‌های قدیمی این بود که هر همانندی را نشانه‌ای از هم‌ریشه بودن می‌دانستند. در حالی که امروز می‌دانیم که افزون بر انتقال (= یادگیری) یک واژه از یک زبان به زبان دیگر، حداقل دو نوع همانندی وجود دارد "هومولوژی = homology" و "انالوژی = analogy". هومولوژی ناشی از ریشه مشترک است و انالوژی ناشی از "کارکرد" مشابه است. تشخیص و تفریق این دو نوع از همانندی ساده نیست. برای مثال، در زبان فارسی نام پرندهای "کلاغ" است و نام صدای آن پرند "غارغار". در زبان انگلیسی همین پرند "crow" خوانده می‌شود و نام صدای آن "caw" است. آیا "کلاغ-crow" و "غارغار-caw" هم‌ریشه هستند یا "کلاغ-caw" و "غارغار-crow"؟ چه بسا که صدای این پرند در یک زبان برای "نام پرند" به کار رفته باشد و در زبان دیگر برای "نام صدای پرند"! به هر رو، بررسی‌های قرون 18 و 19 به یافته‌هایی رسیده‌اند که از نظر دانش امروز دقت ندارند. امروزه از روشی که در واژگان دانشیک به آن "سه‌جانبی = triangulation" می‌گویند استفاده می‌شود. در این روش، نشانه‌های ژنتیکی، زبان‌شناسانه و باستان‌شناسانه، با هم ترکیب می‌شوند، تا ریشه‌ی زمانی یک واژه را پیدا کنند و از آن طریق هومولوژی و انالوژی را، هم تشخیص، و هم تفریق، دهند. در پانوش [۴]، پرسش ۹۱ به مثالی از کاربرد این روش اشاره کرده‌ام.

[۷] به کار بردن واژه "قبیله" برای ساکنان اولیه آمریکا درست نیست. آن‌ها خود را "nation" می‌نامند.

ژنتیک مولکولی هم‌چنین توانسته است چیزهای شگفت‌انگیز زیادی، در مورد تاریخ گذشته، به ما بگوید. تحلیل [ژنتیکی] کروموزوم‌های Y (که فقط از طریق پدر به ارث می‌رسد)، از مردان نقاط گوناگون جهان، نشان می‌دهد که نیم درصد از تمام مردان زنده امروزه، از فرزندان مستقیم رهبر قرن سیزدهم مغول، چنگیزخان و برادرانش هستند. این رقم برای محدوده‌ی نزدیک سرزمین اصلی امپراتوری مغول، در آسیا و شرق اروپا، به حدود ۷٪ می‌رسد. این پی‌آمد مستقیم واقعیت مستند تاریخی است که وقتی مغول‌ها شهری را تصرف می‌کردند، همواره تمام مردان را کشته و همه زنان را به بردگی می‌گرفتند. چنگیزخان و همراهانش اصلی‌ترین بهره‌برداران از آن وضعیت بودند.

به طور مشابه، تحلیل [ژنتیکی] کروموزوم‌های Y ساکنین ایسلند، نشان دهنده خاست‌گاه نرس {۱} است، اما ۸۵٪ از دی‌ان‌ای میتوکندری زنان ایسلندی (که فقط از طریق مادر به ارث می‌رسد) خاست‌گاه سلطیک [= کلتیک {۲}] دارد [۸] [۹]. آشکارا، وقتی مردان نرس در قرن 9 و 10 برای تسخیر ایسلند به سمت آن جا حرکت کردند، زنانشان دل‌بستگی چندانی به همراهی با مردان نداشتند، بنابراین مردان نرس، در مسیر حرکت، خود را به زنانی از ایرلند و اسکاتلند تحمیل کردند [۱۰]. در واقع، حماسه‌های ایسلندی (تاریخچه‌های خانوادگی، که بیش‌تر آن‌ها در قرن دوازدهم نگاشته شده بودند) بسیار از برده‌های زن ایرلندی نام می‌بردند - اگرچه این می‌تواند به معنای به دست آوردن آن‌ها در دابلین، پایتخت پادشاهی وایکینگ غربی، و اصلی‌ترین بازار برده‌داری برای سلت‌ها و ساکسون‌ها در زمان حملات وایکینگ‌ها به سرزمین اصلی انگلیس باشد^۱.

{1} Norse.

{2} Celtic.

^۱ حتی تا قرن 11، برده‌های انگلیسی توسط وایکینگ‌ها تا جنوب روسیه و ترکیه معامله می‌شدند.

[۸] دو واژه نارس و سلتیک را باید توضیح داد! واژه "نارس = Norse" عموماً به معنی دانمارک - نروژ - سوئد است، و به طور خاص معنای نروژ را هم می‌دهد. مردمانی که به نام "وایکینگ" خوانده می‌شوند از این سه کشور بودند. سلتیک (یا کلتیک)، عموماً به معنی مردمان شمال اروپا است، و به طور خاص معنای مردمان اسکاتلند و ایرلند را هم می‌دهد. معنای این دو واژه در طول تاریخ تغییرهای زیادی کرده و هم اکنون نیز در معانی گوناگون استفاده می‌شود.

[۹] در این بند، دو واژه کروموزم Y و میتوکندری، طوری استفاده شده‌اند که ممکن است باعث بدفهمی بشود. در انسان، به طور معمول، دو کروموزوم جنسی وجود دارد، X و Y. کروموزوم‌های جنسی زنان XX و کروموزوم‌های جنسی مردان XY است. هر فردی، چه زن و چه مرد، یک کروموزوم را از مادر می‌گیرد و یک کروموزوم را از پدر. بنابراین روشن است که یک مرد، کروموزوم Y خود را، لاجرم باید از پدرش گرفته باشد. به همین دلیل، کروموزوم Y تاریخ تحولات ژنتیکی "نرینگی" را به‌تر نشان می‌دهد. کروموزوم‌های X و Y بخشی از کروموزوم‌هایی هستند که در هسته یاخته، قرار دارند. در بیرون هسته، اندامکی به نام میتوکندری (mitochondrion) وجود دارد که حاوی کروموزومی کوچک و حلقوی است. معمولاً از کروموزوم میتوکندری با حروف mtDNA نام برده می‌شود. میتوکندری هم در اسپرم وجود دارد و هم در تخمک. اما هنگام لقاح، میتوکندری اسپرم به تخمک منتقل نمی‌شود. بنابراین، همه انسان‌ها، چه زن و چه مرد، میتوکندری خود را از مادر می‌گیرند. به همین دلیل، mtDNA تاریخ تحولات ژنتیکی "مادینگی" را به‌تر نشان می‌دهد.

[۱۰] این بند هم از آن بندهایی است که نویسنده، به تصور خود، "شوخی" کرده است. غافل از این که با این "شوخی" ارزش‌های عقب‌مانده خود را افشا کرده است. تجاوز، تجاوز است. با هیچ کلمه‌ای نمی‌توان چنین رفتاری را توجیح کرد. تجاوز، در هیچ زمان و مکانی مجاز نیست.

مثال دیگری از بررسی مقایسه‌ای بر روی کروموزوم Y و mtDNA در زمان معاصر، در بخش جنوب انگلستان، از انگلیای شرقی ^{۱} در شرق، تا ولز ^{۲} در غرب، ارائه شده است. در حالی که mtDNA زنان، خاست‌گاه نسبتاً پایداری از خاست‌گاه بیش‌تر سلتیک را نشان می‌دهد، دی‌ان‌ای کروموزوم Y مردان، یک پیوستار از ژن‌های عمدتاً ساکسون ^{۳} در شرق (نقطه ورود مهاجمان آنگلوساکسون ^{۴} قرن پنجم پس از میلاد)، به ژن‌های عمدتاً سلتیک در غرب (جایی که آنگلوساکسون‌ها نفوذ نکردند) را، نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، هنگامی که آنگلوساکسون‌ها به آرامی در جنوب انگلستان گسترش یافتند، مردان سلتیک را کنار گذاشتند و زنان آن‌ها را دزدیدند.

نمونه تاریخی دیگر توسط فنیقی‌ها ^{۵} ارائه شده است. این تمدن سامی بین ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ سال پیش از میلاد در لبنان امروزی وجود داشت و یکی از بزرگ‌ترین امپراتوری‌های تجاری در جهان مدیترانه را ایجاد کرده بود. آن‌ها مستعمرات خود را در بنادر ساحلی سراسر دریای مدیترانه، از ترکیه تا اسپانیا تأسیس کردند. بررسی‌های ژنتیکی نشان می‌دهد که یک اثر ژنتیکی کروموزوم Y که امروزه در لبنان (سرزمین فنیقی) رایج است، می‌تواند در بسیاری از بنادر تجاری عمده، در

^{1} East Anglia.

^{2} Wales.

^{3} Saxon.

^{4} Anglo-Saxon.

^{5} Phoenician.

پیرامون مدیترانه، شناسایی شود. منابع تاریخی شناخته شده حکایت از این دارند که این بنادر با فنیقی‌ها ارتباط داشته‌اند.

پرسش ۶۸ - آیا ناهم‌گونی‌های نژادی سازگانه است؟

واژگان "نژاد" در زیست‌شناسی بسیار آزاد [و بدون تعریف مشخص،] استفاده شده است. در قرن نوزدهم، [این واژه] می‌توانست به گونه یا به بخشی از یک گونه اشاره کند. در حال حاضر [۱] از آن برای اشاره به تمایز جمعیت‌های محلی یک گونه یا زیرگونه، در صورتی که این دو، از نظر ظاهر یا ویژگی‌های ژنتیکی، به‌اندازه ناهم‌گون باشند، استفاده می‌شود. برخی از صفات کالبدشناسانه می‌توانند به سرعت با شرایط محیطی محلی یا از طریق گزینش جنسی (۲) سازگار شوند. در موارد دیگر، اگر جمعیت‌هایی که در دو انتهای گستره جغرافیایی یک گونه زندگی می‌کنند به مدت درازی از هم جدا شده باشند، ممکن است تغییرهای ژنتیکی به وجود آید [۲]. استفاده رایج از [واژه نژاد] در انسان برای اشاره به گروه‌های اصلی قاره‌ای (آفریقایی‌ها، اروپایی‌ها، آسیایی‌ها و غیره) از نظر فنی نادرست است.

[۱] در "حال حاضر" از واژه نژاد (breed = race) در میان کارشناسان ژنتیک جانوران و گیاهان، بدون آن که مبنای دانه‌شیک (ژنتیکی) داشته باشد، به دو دلیل استفاده می‌شود. دلیل اول قراردادی/تعریفی است. دلیل دوم تنبلی‌های محاوره‌ای است.

[۲] گریزی از تغییرهای ژنتیکی نیست. هر جمعیتی از این نسل به نسل بعد تغییر می‌کند. تغییرهای دو جمعیت، به ناهم‌گونی بین دو جمعیت منجر می‌شوند. آمیزش بین دو جمعیت که در فاصله نزدیک هم قرار دارند، ناهم‌گونی را کم می‌کند. اما ناهم‌گونی‌های دو جمعیتی که با فاصله از هم زندگی می‌کنند و امکان آمیزش ندارند، اندک اندک زیاد می‌شود.

آفریقایی‌ها یک نژاد واحد نیستند، بلکه نژادهای گوناگونی هستند: آن‌ها از چهار زیرمجموعه اصلی mtDNA (یا هپلوگروه {۳} [۳]) تشکیل شده‌اند که از مناطق گوناگون آفریقا سرچشمه گرفته‌اند، و یکی از آن‌ها شامل بقیه افراد خارج از آفریقا می‌شود [۴]. اگر کسی واقعاً می‌خواست که کار [تشخیص نژادها] را انجام دهد، می‌توانست برای انسان چهار نژاد قابل قبول (بر مبنای چهار گروه هپلوئید آفریقایی mtDNA) ایجاد کند. یکی از این [چهار گروه هپلوئید] شامل همه مردم اروپایی و مدیترانه‌ای، آسیایی‌ها، استرالیایی‌های بومی، آمریکایی‌های بومی، قبایل با زبان کوشیتیک {۳}، که دام‌داران شرق آفریقای شرقی هستند (مانند آمهارای {۴} اتیوپی، ماسایی، ال‌مولو {۵} و عراقو {۶})، فولانی زبانان ساحل (بیش‌تر دام‌داران، که به نظر می‌رسد مهاجران تاریخی از شمال آفریقا بوده‌اند) و بانتوها (بزرگترین گروه قبیله‌های آفریقایی، که از سرزمین خود واقع در کامرون، که در طول ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ گذشته به بیش‌تر مناطق مرکزی و جنوبی آفریقا گسترش یافته‌اند)، می‌شود. به طور

(۱) Sexual selection.

(۲) Haplogroup.

(۳) Cushitic.

(۴) Amhara.

(۵) El Molo.

(۶) Iraqw.

خلاصه، "نژاد" با بار معنایی زیست‌شناسانه، همانندی چندانی با آن چیزی که در قرن نوزدهم متداول بود [۵] ندارد.

[۳] به‌تر است درباره واژه هپلوئید (haploid) توضیحی بدهم. امروزه، هپلوئید یک نام عمومی است که برای بخش‌های گوناگون مجموعه ساختارهای ژنتیکی (مثلاً کروموزوم) به کار می‌رود. در ابتدا واژه هپلوئید برای نشان دادن شمار "دسته" کروموزوم به کار می‌رفت. مثلاً، پستان‌داران یا پرندگان دو "دسته" کروموزوم دارند و به این‌ها، موجودات دیپلوئید (diploid) می‌گویند. بعضی موجودات، مثل بعضی قارچ‌ها، یک "دسته" کروموزوم دارند، و به این‌ها هپلوئید (haploid) می‌گویند. بعضی موجودات هم می‌توانند "دسته"‌های بیشتری داشته باشند و به این‌ها پولی‌پلوئید (polyploid) می‌گویند. مثلاً گندم شش "دسته" کروموزوم دارد. از سوی دیگر می‌توان فرض کرد که هر موجودی "مضربی" از یک هپلوئید دارد. مثلاً شمار هپلوئید (haploid) انسان ۲ و شمار هپلوئید گندم ۶ است. یک استفاده دیگر از این واژه آن است که یک "رشته=sequence"، یا بخشی از کروموزوم را هم، با واژه‌ای که از "هپلو" ساخته شده بنامند. یک مثال، هپلوטיפ (haplotype) است. طول یک هپلوטיפ می‌تواند متغیر باشد، مثلاً ۱۰۰ نوکلئوتید یا تمام طول یک کروموزوم یا "یک دسته" کروموزوم. نویسنده، واژه "haplogroup" را در معنای یک رشته ژنتیکی با طول نامشخص به کار می‌برد.

[۴] این هم یک اشتباه فاحش است! نویسنده با این که پیش از این اشاره کرده است که تعریف واحدی از "نژاد" وجود ندارد، در اینجا، بدون این‌که حتی یک تعریف گذرا از "نژاد" بدهد، کل این پدیده را به mtDNA وصل می‌کند.

[۵] روشن است که من با نویسنده در این مورد اختلاف نظر دارم. از لحاظ ژنتیکی، به کار بردن واژه "نژاد" از سال ۱۹۶۶ به این سو، پایهٔ دانشیک ندارد.

صرف‌نظر از این‌که آیا نژادهای انسانی وجود دارند یا نه، هنوز این سؤال باقی است، که آیا ناهم‌گونی بین جمعیت‌های گوناگون انسانی، سازگاران است؟ برای مثال، رنگ پوست یک سازگاری با مقدار موضعی اشعه ماوراء بنفش در نور خورشید است، و ارتباط چندانی با گروه‌های نژادی ندارد. این امر، سازگاری با خطر آسیب اشعه کیهانی، به پوست و اندام‌های داخلی است، که تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع محل زندگی است. تراکم بالای ملانوسیت‌ها^(۱) (یاخته‌های پوست که ملانین^(۲) تولید می‌کنند، که رنگ تیره به پوست می‌دهد)، از پوست در برابر نور اضافی خورشید، محافظت می‌کند. از این رو، جمعیت‌هایی که در مناطق با نور شدید خورشید، در مناطق گرم‌سیری، زندگی می‌کنند، پوست تیره دارند، در حالی که جمعیت‌هایی که دورتر از مناطق گرم‌سیری زندگی می‌کنند، رنگ پوست روشن‌تری دارند، زیرا نور خورشیدی که به آن‌ها می‌رسد ضعیف‌تر است. به همین ترتیب، جمعیت‌هایی که در ارتفاعات زیاد زندگی می‌کنند، برای مثال در تبت یا آند^(۳)، پوست تیره‌تری نسبت به آن‌چه که در مورد عرض جغرافیایی آن‌ها انتظار می‌رود دارند، زیرا از آن‌جا که بسیار نزدیک به خورشید هستند^[۶] و جو بسیار نازکی در بالای سر آن‌ها قرار دارد، زیر تأثیر تابش شدیدتر نور خورشید قرار می‌گیرند.

[۶] به‌تر بود که نویسنده این عبارت را به کار نمی‌برد! البته که ناهم‌گونی فاصله تا خورشید برای مردمان روی زمین قابل اغماض است. اگر از رقت جو زمین در ارتفاع می‌گفت، شاید به‌تر بود.

^(۱) Melanocyte.

^(۲) Melanin.

^(۳) Andes.

پیش از ظهور انسان‌های امروزی در آفریقا در حدود ۷۰ هزار سال پیش، همه اجداد ما دارای پوست تیره بودند (اگرچه احتمالاً به اندازه برخی از جمعیت‌های امروزی بانتو تیره نبودند). اما در خارج از مناطق گرم‌سیری، پوست تیره ممکن است خطراتی داشته باشد، زیرا در زیر نور ضعیف که در عرض‌های جغرافیایی زیاد حاکم است، نور خورشید به‌اندازه به پوست نمی‌رسد تا بتواند ویتامین D را، که برای جذب روده‌ای کلسیم و دیگر عناصر ضروری است، بسازد. در واقع، در جمعیت‌های با پوست تیره در مناطق گرم‌سیری و نیمه گرم‌سیری، زنان (و نوزادان) همیشه از مردان پوست روشن‌تری دارند، زیرا باید بتوانند جذب کلسیم را برای استخوان‌های در حال رشد نوزاد به حداکثر برسانند.

شدت گزینش [برای رنگ پوست] به‌اندازه قوی است، به طوری که جمعیت‌هایی که از مناطق گرم‌سیری به مناطق با عرض جغرافیایی زیاد مهاجرت می‌کنند، در حدود ۲۵۰۰ سال یا حدود ۱۰۰ نسل [۷] طول می‌کشد تا شمار ملانوسیت‌های [پوست آن‌ها] به‌اندازه کم شود. برخی از بومیان آمازون از نظر جغرافیایی که در آن زندگی می‌کنند، پوست روشن‌تری دارند، و پیش‌نهاد شده است که این امر به این دلیل است که آن‌ها به تازگی به این منطقه نقل مکان کرده‌اند.

[۷] یادآوری می‌کنم که تغییرهای ژنتیکی، حتی به طور محدود، همان‌طور که در این‌جا به آن اشاره شده، به صدها و هزاران نسل زمان نیاز دارند.

مثال دیگر از سازگاری محلی شامل ریخت بدن است. افرادی که در مناطق باز دشت‌های بی‌درخت ^(۱)، در مناطق گرم‌سیری زندگی می‌کنند، و در برابر نور مستقیم خورشید هستند، بلند و باریک هستند، تا میزان سطح پوست در برابر نور خورشید را در گرم‌ترین ساعات روز، که خورشید بر بالای سر است، به حداقل برسانند. برای مثال می‌توان بسیاری از مردمان دام‌دار مناطق گرم‌سیری مانند ماسای آفریقای شرقی و نوئر ^(۲) سودان را نام برد. در برابر، افرادی مانند پیگمی‌های ^(۳) آفریقای مرکزی و مردم نگریتو آسیای جنوبی، که در سایه ژرف جنگل‌های گرم‌سیری زندگی می‌کنند، کوتاه قد و کوچک اندام هستند.

سایر سازگاری‌ها شامل آنزیم لاکتاز ^(۴) است که قندهای لاکتوز ^(۵) موجود در شیر را به گلوکزهای ^(۶) قابل دست‌رسی تبدیل می‌کند (به پرسش ۱۶ نگاه کنید). فقط قفقازی‌ها (هندواروپایی‌ها ^(۸))، و دامداران آفریقای دارای آن جهش ژنتیکی هستند که به آن‌ها اجازه می‌دهد شیر را در ^(۹) بزرگ‌سالی هضم کنند. سایر نژادها می‌توانند محصولات شیر را فقط در صورتی استفاده کنند که فرآوری شده باشند (برای مثال ماست یا پنیر، که باکتری‌های مسئول تخمیر، لاکتوز را به اسید لاکتیک ^(۷) قابل هضم تبدیل می‌کنند).

^(۱) Open savannah.

^(۲) Nuer.

^(۳) Pygmy.

^(۴) Lactase.

^(۵) Lactose.

^(۶) Glucose.

^(۷) Lactic acid.

[۸] این هم یک نمونه از نادرستی‌هایی که من انتخاب کردم به آن اعتراض نکنم! ولی حالا که به آن اعتراض نکرده‌ام (!)، مجبورم توضیح کوتاهی هم بدهم: لاکتوز به دو قند گلوکز و گالاکتوز تقسیم می‌شود.

[۹] نویسنده، دو مفهوم گوناگون گروه‌های جمعیتی و خانواده‌های زبانی را با هم اشتباه کرده است. یک مفهوم "قفقازی" در معنی "سفید پوست" است، که در پرسش ۱۶ و ۶۷ به نژادپرستانه بودن آن اشاره کردم. مفهوم دیگر "زبان‌های هندواروپایی" است، که سانسکریت و فارسی و کردی و لری و اوستایی و پهلوی، ... و انگلیسی و لاتین و فرانسه و آلمانی، ... جزو آن است. این دو مفهوم هم‌پوششی (overlap) دارند، اما دارای دو ریشه گوناگون هستند، همه کسانی که به زبان‌های هندواروپایی سخن می‌گویند، "قفقازی" نیستند.

نمونه دیگری از سازگاری ژنتیکی، ژن گلبول قرمز داسی‌شکل^(۱) در غرب آفریقا و ژن تالاسمی^(۲) در شرق مدیترانه است که هر دوی آن‌ها در شکل هتروزیگوت (حضور [الی که در ایجاد] گلبول داسی‌شکل [دخاله دارد])، همراه با حضور [الی که در ایجاد] گلبول معمولی [دخاله دارد]) مقاومت به انگل مالاریا را ایجاد می‌کند، هرچند که به قیمت یک وضعیت بسیار دردناک و کاملاً ناتوان کننده، در شکل مغلوب هموزیگوت (که هر دو [الی] از نوعی هستند که [در ایجاد] یاخته داسی‌شکل [دخاله دارند])، منجر به مرگ زودرس می‌شود (به پرسش ۲۲ نگاه کنید)^[۱۰]. این جهش‌ها فقط در مناطقی یافت می‌شوند که پشه‌های مالاریا در آن وجود دارند، عمدتاً به این دلیل که گزینش در برابر جهش یاخته داسی‌شکل بسیار شدید است.

[۱۰] نویسنده در اینجا واژه "ژن" را به دو معنی استفاده کرده است. یک بار برای دو "locus=ژن" مربوط به گلبول داسی‌شکل و مربوط به تالاسمی، و یک بار هم برای دو "allele=الی" که در هرکدام از این دو "locus=ژن" وجود دارد. با بازنوشته‌ای که من انجام دادم، این جمله‌ها روشن‌تر می‌شوند.

پرسش ۶۹ - چرا انسان‌ها تنها گونه‌ای است که زبان دارد؟

اگرچه زبان و گفتار بیش‌تر با هم ترکیب می‌شوند، اما تمایز بین آن‌ها مهم است. زبان یک سازوکار شناختی است، که به موجب آن برای حالات خاص روانی، نام‌هایی تعیین می‌کنیم - که گاهی وقت‌ها به نام "زبان فکر"، شناخته می‌شود. پستان‌داران (و احتمالاً پرندگان) به طور عادی اطلاعات جهان را در قالب گزاره (A باعث B می‌شود)، به جای داده‌های ساده، ذخیره می‌کنند. هنگامی که زبان دارای ساختار دستوری است (هم‌آن‌طور که در زبان‌های انسانی وجود دارد)، این امکان فراهم می‌شود که جمله‌های پیچیده (چند گزاره‌ای) را تدوین کنیم، که هم به ما در سازماندهی افکارمان کمک می‌کند، و هم به ما اجازه می‌دهد استنباط‌هایی انجام دهیم (برخی از Aها، B هستند، و برخی از Bها، C هستند. بنابراین برخی از Aها، C هستند). گفتار، سازوکاری فیزیکی است که ما برای انتقال افکار، به افراد دیگر، استفاده می‌کنیم. گفتار، عمدتاً یک رسانه آوایی است، اگرچه گزینه‌های دیگری، مانند زبان اشاره، امکان پذیر است (اگر چه به ندرت به اندازه گفتار آوایی غنی هستند). ما ممکن است تنها گونه‌ای نباشیم که می‌تواند افکار را در ذهن خود شکل دهد، اما ما تنها گونه‌ای هستیم که گفتار [آوایی] داریم^[۱] (در برابر این که بتوانیم صداهای گفتار [آوایی] را، مانند آن چه طوطی‌ها انجام می‌دهند، تقلید کنیم).

(۱) Sickle cell.

(۲) Thalassemia.

[۱] این اظهار نظر که "ما تنها گونه‌ای هستیم که گفتار داریم" نشانه‌ای از یک دیدگاه خودخواهانه "انسان محور" است. نه تنها جانوران می‌توانند با هم گفتار داشته باشند، حتی نشانه‌هایی هم وجود دارد که "لهجه" هم دارند! برای مثال دو مقاله زیر را ببینید:

Pepperberg, I. M. (2020). Vocal communication in nonhuman animals: View from the wings. *Animal Behavior and Cognition*, 7(2). <https://doi.org/10.26451/abc.07.02.03.2020>

Lameira, A. R., Santamaría-Bonfil, G., Galeone, D., Gamba, M., Hardus, M. E., Knott, C. D., Morrogh-Bernard, H., Nowak, M. G., Campbell-Smith, G., & Wich, S. A. (2022). Sociality predicts orangutan vocal phenotype. *Nature Ecology & Evolution*, 6(5), 644–652. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01689-z>

گفتار، بستگی کامل به کنترل تنفس دارد (توانایی بیرون دادن نفس به روش کنترل شده در طول زمانی حدود یک دقیقه یا بیشتر). بدون آن، گفتاری که می‌شناسیم ناممکن است، زیرا در غیر این صورت فقط می‌توانیم جمله‌های بسیار ساده تولید کنیم [۲] [۳]. این امر با یک جهش بزرگ [ژنتیکی] ظاهر نشد. بلکه اوج مجموعه‌ای دراز از مراحل فرگشتی تصادفی نامرتبط با یک‌دیگر بود، که از زمانی آغاز شد که نیاکان میمونی ما، حدود شش یا هفت میلیون سال پیش، شروع به راه رفتن بر روی دو پا کردند. راه رفتن با چهار دست و پا، هر زمان که بازویی (برای حمایت از بدن) با زمین تماس داشته باشد، قفسه سینه را قفل می‌کند. این امر باعث می‌شود که میمون‌ها (یا هر گونه دیگری که با چهار دست و پا راه می‌رود) هنگام راه رفتن، نفس نکشند [۴]. در واقع، آن‌ها مجبورند پس از هر قدم، نفس بکشند. گفتار، تنها زمانی امکان پذیر است که فشار از قفسه سینه برداشته شود و تنفس، مستقل از ایستادن و حرکت باشد.

[۲] پس در این صورت، نهنگ‌ها که می‌توانند تا ۵۰ دقیقه تنفس خود را کنترل کنند، باید بتوانند جمله‌های بسیار پیچیده‌تر از انسان بسازند؟!

[۳] این اظهار نظر هم قدری بی‌دقت است! در موسیقی و شعر همه زبان‌ها و کشورها نمونه‌های "مقطع مقطع" حرف زدن زیاد دیده می‌شود. (به شوخی می‌گوییم که: گویا نویسنده اپرای آرتور شاه (King Arthur) اثر هنری پرسل (Henry Purcell) را ننشیده است!)

[۴] اگر این جور است، آیا یوزپلنگ یا آهو، در طول شکارکردن/شدن، نفس نمی‌کشند؟ آشکار است که این استدلال نویسنده می‌لنگد.

مرحله دوم [به وجود آمدن زبان/گفتار] زمانی رخ داد که انسان‌های باستانی توانایی آواز خواندن را فرگشت دادند [۵]، به احتمال زیاد در قالب زمزمه بدون کلمه، هم‌چون سازوکاری برای ایجاد پیوندهای اجتماعی (به پرسش ۹۶ نگاه کنید). تغییرهای کالبدشناسانه مرتبط با کنترل کامل تنفس، با ظهور یک دست‌گاه عصبی بزرگ در بخش بالای سینه (جایی که اعصاب کنترل‌کننده دیافراگم^(۱) و دیواره قفسه سینه، از ستون فقرات بیرون می‌آیند) و تغییر موقعیت استخوان هیوئید

^(۱) Diaphragm.

{1} در گلو (استخوان ظریفی که بالای مری {2} را پشتیبانی می‌کند و به سمت پایین حرکت می‌کند، تا اندازه حفره صوتی، در دهان و گلو افزایش یابد) نشان داده می‌شود. ما، در این ویژگی‌ها با نئاندرتال‌ها یک‌سان هستیم، بنابراین [چنین ساختارهایی] حتماً بیش از ۵۰۰ هزار سال قدمت دارند و احتمالاً همه انسان‌های باستانی آن‌ها را داشته‌اند [6].

[5] به‌تر بود در این‌جا به جای واژه "فرگشت" از واژه‌ای دیگر، مثلاً، "گسترش" استفاده می‌کرد.

[6] واژه "share" را که دو بار در این جمله به کار رفته بود، تغییر دادم!

دو مرحله پس از آن [در این روند] پیوند دست‌گاه تنفس با افکار موجود در ذهن بود، که اجازه می‌داد افکار، در گفتار، به صورت کلمات بیان شوند و سپس، مهم‌تر از همه، توانایی ایجاد گزاره‌های نهادینه‌شده بود (به راستی دستور زبان). این دو روند، کاملاً مجزا هستند. از آن‌جا که هر دو در مغز رخ می‌دهد، هیچ فسیلی از خود به جا نمی‌گذارند [7]. با این حال، ما از رشد کودکان می‌دانیم که ترتیب ظاهر شدن آن‌ها به این صورت است. کودکان با جمله‌های ساده، بیش‌تر فقط دستورالعمل‌ها (مانند "بیا!" یا "بیش‌تر!") شروع می‌کنند، که تقریباً مانند ارتباط بوزینه‌ها و میمون‌ها است. سپس آن‌ها، اندک اندک، جمله‌های پیچیده‌تری را می‌سازند. رشد و فرگشت جمله‌ها با ساختار پیچیده‌ی دستوری با چندین بند (یا گزاره)، بستگی به یک روند شناختی دارد که به نام ذهن‌خوانی {3} یا ذهنی‌سازی {4} شناخته می‌شود [8].

[7] در بعضی موارد این امکان وجود دارد که بخش‌هایی از ژنوم را که با این روندها هم‌بستگی دارند، شناسایی کرد و فرگشت آن‌ها را با ژنوم به دست آمده از فسیل‌ها، و یا جانوران دیگر مقایسه کرد. بنابراین، این امکان وجود دارد تا "فسیل‌های مولکولی/ژنتیکی" را دنبال کرد.

[8] تا پیدا کردن واژه‌هایی به‌تر "mind" و "mental" را به "ذهن" برگردان کردم!

ذهنی‌سازی، توانایی درک آن‌چه که دیگران فکر می‌کنند، است. کودکان با توانایی ذهنی‌سازی متولد نمی‌شوند، اما از حدود پنج سالگی آن را پرورش می‌دهند. پیش از آن، آن‌ها ذهن خود را می‌شناسند، اما نمی‌توانند محتوای ذهن خود را، از ذهن دیگران، تشخیص دهند. از سن پنج سالگی، آن‌ها درک می‌کنند که دیگران ممکن است به چیزی باور داشته باشند، که با آن‌چه خود باور دارند، ناهم‌گون باشد ("من معتقدم که جیم فکر می‌کند جهان مسطح است [حتی وقتی که من می‌دانم که زمین گرد است]"). پس از آن، آن‌ها اندک اندک توانایی در نظر گرفتن حالات ذهنی بیشتری را رشد می‌دهند تا در دوران نوجوانی، مانند بزرگسالان، به حد معمولِ حدود پنج حالت ذهنی برسند. هرچه به شمارِ حالت‌های ذهنی بیش‌تری احاطه داشته باشیم، جمله‌های از نظر دستوری پیچیده‌تری را، می‌توانیم درک کنیم [9].

[9] این جمله را قدری دست‌کاری کرده‌ام.

{1} Hyoid.

{2} Esophagus.

{3} Mindreading.

{4} Mentalizing.

این دانسته که توانایی‌های ذهنی، با حجم لوب پیشینی (حتی در بزرگسالان معمولی) ارتباط دارد، به این معنی است که ما می‌توانیم از این رابطه برای بازنگری در نشانه‌های فسیلی استفاده کنیم. انجام این کار نشان می‌دهد که انسان‌های باستانی (از جمله نئاندرتال‌ها) می‌توانستند تنها به چهار تراز ذهنی‌سازی^[۱۰] دست یابند (در مقایسه با پنج تراز ذهنی‌سازی در انسان‌های امروزی). بنابراین اگرچه به احتمال زیاد نئاندرتال‌ها می‌توانستند سخن بگویند، اما زبان آن‌ها، مانند زبان ما، پیچیده نبود. این بدان معناست که شوخی‌های آن‌ها کم‌تر خنده‌دار، داستان‌های آن‌ها کم‌تر پیچیده، و توانایی آن‌ها در کشف رشته پیچیده روابط علی، ضعیف‌تر بود. به نظر می‌رسد که زبان کاملاً امروزی، هم‌آن‌طور که می‌دانیم، تا ظهور انسان‌های کالبدشناسانه امروزی، در حدود ۱۵۰ هزار سال پیش، ظهور نکرده است.

[۱۰] سوال من از خواننده این است که آیا به نظرت این حرف که "نئاندرتال‌ها تنها به چهار تراز ذهنی‌سازی" دست یافته بودند (الف) "درست است؟" یا این که (ب) "می‌تواند درست باشد؟"

پرسش ۷۰ - آیا انسان‌ها هنوز در حال فرگشت هستند؟

تا زمانی که افراد در میزان تولید نوه ناهم‌گون باشند، فرگشت ایجاد خواهد شد^[۱]. و تا زمانی که محیط به مرور زمان تغییر کند و برخی افراد یا گونه‌ها را، بر دیگران ترجیح دهد^[۲]، فرگشت رخ خواهد داد. البته سرعت فرگشت می‌تواند کند شود، اما هرگز نمی‌تواند به طور کامل متوقف شود. انسان‌های امروزی با پیش‌رفت در بهداشت و پزشکی، که به حفظ زندگی کمک می‌کند، توانسته‌اند سرعت فرگشت را تا حدی کاهش دهند، در نتیجه افرادی که ممکن است پیش از این نمی‌توانستند بازآوری کنند، و یا فرزندان خود را پرورش دهند، اکنون می‌توانند این کار را انجام دهند. با این حال، فرض بر این است که هیچ بحران بزرگی مانند جنگ‌های بزرگ، قحطی، گونه‌مرگی جمعی^[۳] یا فجایع دیگری که باعث مرگ‌ومیر تفریقی^[۴] در مقیاس بزرگ شود، وجود نخواهد داشت.

[۱] این جمله ممکن است عجیب به نظر برسد، ولی حرف دقیقی است!

[۲] این جمله هم عجیب به نظر می‌رسد، ولی دقیق نیست! منظور نویسنده این است که محیط ممکن است مناسب یا نامناسب باشد.

[۳] نویسنده از واژه کشتار (extermination) استفاده کرده است. حدس من این است که می‌خواسته از "انقراض" بگوید. من "انقراض" را با واژگان خودساخته "گونه‌مرگی" عوض کرده‌ام.

عامل دوم که سرعت فرگشت را در انسان‌های امروزی کند کرده است، پیش‌رفت چشم‌گیر حمل و نقل طی چند قرن گذشته است. از آن‌جا که انزوای جغرافیایی عامل اصلی در گونه‌زایی است (به پرسش ۴۳ نگاه کنید)، [حضور] چشم‌گیر انسان‌ها [در نقاط گوناگون] جهان، اگر [در غیبت

^[1] Mass extermination.

^[2] Differential mortality.

حمل و نقل سریع به اندازه دراز شود، در نهایت منجر به فرگشت جمعیت‌های گوناگون جغرافیایی، به گونه‌های جداگانه می‌شود (هرچند احتمالاً چند صد هزار سال در انزوای بیش‌تر، طول خواهد کشید). با این حال، به دلیل بهبود بسیار زیاد حمل و نقل دریایی، زمینی و هوایی و فرصت‌های ناشی از آن برای ازدواج‌های **بین‌گروهی**، جریان ژنی بین جمعیت‌های گوناگون انسانی در چند هزار سال گذشته به طرز چشم‌گیری افزایش یافته است. با این وجود، برخی از نمونه‌های شگفت‌انگیز وجود دارد که در آن‌ها موانع جغرافیایی، یا حتی اجتماعی بسیار محدودی، از درهم آمیختگی جمعیت‌های هم‌سایه، جلوگیری کرده است.

یک مثال توسط رودخانه تامار ^(۱) فراهم آمده است که شهرستان‌های دِوَن ^(۲) و کورنوال ^(۳) در جنوب غربی انگلستان را از هم جدا می‌کند. از نظر فرهنگی، این رودخانه همیشه دو جمعیت را که با شک به یکدیگر نگاه می‌کنند (و هنوز هم همین‌طور است) از هم جدا کرده است. رودخانه تامار دو جمعیت ژنتیکی را به طور شگفت‌انگیزی از هم متمایز کرده است. در یک سو، فرزندان ساکنان اصلی سلطنت بریتانیا (که تا حدود قرن هجدهم، به زبان سلطنت، کورنیشی ^(۴)، **که دیگر وجود ندارد** سخن می‌گفتند) و در سوی دیگر (دِوَن) فرزندان مهاجمان آنگلو-ساکسون قرن ششم بودند. (برای اطلاعات بیشتر در مورد آن‌چه ژنتیک مولکولی در مورد تاریخ گذشته به ما گفته است، به پرسش ۶۷ نگاه کنید). به‌رغم این دانسته که شرایط شکاف اولیه مدت‌هاست که دیگر اهمیتی ندارد، این دو جمعیت هم‌سایه، میزانی بسنده از جدایی بازآوری موضعی را حفظ کرده‌اند، که ناهم‌گونی‌های ژنتیکی بین آن‌ها پس از چهارده قرن، هنوز وجود دارد.

مثال دیگر سیستم کاست ^(۵) هندوها در هند است ^(۴). از قدیم مشخص بوده است که چهار کاست اصلی یا وارنا ^(۶)، از سیستم اجتماعی مهاجمان هندواروپایی نشأت می‌گیرند که حدود چهارهزار سال پیش از دشت‌های یخ‌زده ^(۷) روسیه به شمال هند آمده بودند، و پایین‌ترین کاست، دالیت‌ها ^(۸) ("لمس نکردنی" ^(۹)) ^(۵) که نماینده ساکنان اصلی هند است، که از هندواروپایی‌ها شکست خوردند. اگرچه کاست‌ها با میزان بالایی از درون‌زایی (ازدواج در داخل کاست) مشخص می‌شدند، اما به تازگی، به این سیستم هم‌چون یک گروه اجتماعی توجه می‌شود. در واقع، مشخص شده است که نسبت ژن‌های هندواروپایی (در واقع، "ژن‌های مشترک با دیگر اروپایی‌ها) با وضعیت کاست ارتباط دارد: بالاترین کاست، برهمن یا کاست کشیشی، که با دقت زیاد هویت خود را با اعمال خلوص حفظ کرده‌اند، دارای بالاترین نسبت ژن‌های هندواروپایی هستند. دالیت‌ها، به سان ساکنان اصلی، جمعیت کوچک‌تری دارند. قابل توجه است که، به‌رغم دفعات فراوانی که شمال هند توسط ایرانیان، افغان‌ها، عرب‌ها و مغول‌ها مورد تهاجم و تصرف قرار گرفته

^(۱) Tamar.

^(۲) Devon.

^(۳) Cornwall.

^(۴) Cornish.

^(۵) Caste.

^(۶) Varna.

^(۷) Steppe.

^(۸) Dalit.

^(۹) Untouchable.

است، این ناهم‌گونی‌های ژنتیکی، با سازوکارهای فرهنگی در طول ۴۰۰۰ سال گذشته، همراه با جریان ژنی بسیار کمی، حفظ شده است.

[۴] به نظر می‌رسد که کل مطالب این بند بر مبنای داده‌های قدیمی استوار باشد. بنابراین باید آن‌ها را با دیده تردید نگریست.

[۵] در ایران و در فارسی از واژه بسیار نامناسبی برای این گروه از مردمان هند استفاده می‌شود.

یک پرسش جالب این است که آیا وابستگی فزاینده ما به دانش و فن‌آوری پیچیده ممکن است منجر به فرگشت مغزهای بزرگ‌تر در گونه ما شود؟ به دو دلیل بسیار خوب پاسخ احتمالاً "نه" است. یکی این است که اندازه مغز ما در حال حاضر در مرز مطلق برای زایمان طبیعی است. در پستان‌داران به طور کلی، نوزادان زمانی متولد می‌شوند که نوزادان، کم و بیش، بتوانند از خود مراقبت کنند، و این امر عمدتاً با رسیدن مغز کودک به میزان مشخصی از رشد، تعیین می‌شود. با این استدلال، انسان‌ها به راستی باید حاملگی ۲۱ ماهه داشته باشند، تقریباً مانند فیل که مغزی تقریباً هم اندازه انسان دارد [۶].

[۶] در این جا، و در ادامه در چند جای دیگر، نویسنده از یافته‌های شاخه‌ای از زیست‌شناسی، به نام رشدسنجی (allometry) استفاده می‌کند که بخشی از شاخه "رشد = development" است، که خود رشد را هم شاید بتوان انتوژنی (ontogeny)، یا بخشی از آن دانست. به‌هررو، رشدسنجی یکی از زیباترین نمونه‌های کاربرد ریاضی در زیست‌شناسی است. در رابطه با مطالب این کتاب باید توجه داشت که وجود یک رابطه رشدسنجانه (allometric relationship) و ناهم‌گونی‌هایی که یک گونه، مثلاً انسان، از روند کلی نشان می‌دهد، "توضیح" آن ناهم‌گونی‌ها نیست، بلکه هر ناهم‌گونی "نشانه‌ای" از روند فرگشتی است که بیش‌تر به یک معمای پیچیده همانند است. بنابراین باید مراقب بود که به دام ساده‌سازی‌ها و ساده‌انگاری‌ها و ساده‌اندیشی‌ها نیافتیم.

هنگامی که ما شش میلیون سال پیش موضع دوپایی را اتخاذ کردیم، تغییر شکل لگن (مورد نیاز برای حمایت از تنه) به طور چشم‌گیری اندازه ورودی لگن (یا کانال زایمان) را، کاهش داد. این مشکل بزرگی نبود تا اینکه، پنج و نیم میلیون سال بعد، مغز بزرگ‌تر، صفت مطلوبی برای انسان شد [۷]. سپس با مشکل فشار دادن یک سر بسیار بزرگ، از طریق یک سوراخ بسیار کوچک، مواجه شدیم. راه حل ما برای این مشکل کوچک، به دنیا آوردن نوزادان بسیار نارس و اجازه رشد کامل مغز در خارج از رحم بود. نوزادان انسان، در سن یک سالگی (برابر ۲۱ ماه حاملگی)، به آن اندازه از رشد می‌رسند که نوزادان میمون به آن اندازه از رشد، متولد شده‌اند. کوتاه کردن طول دوران بارداری به راستی یک گزینه نیست، زیرا نوزادان در هنگام تولد در حال حاضر، به سختی در مرز بقا هستند.

[۷] متن اصلی این جمله حالتی "اراده‌گرایانه" داشت که به بدفهمی می‌انجامید، بنابراین آن را قدری بازنویسی کردم. متن اصلی چنین بود: "این مشکل بزرگی نبود تا اینکه، پنج و نیم میلیون سال بعد، ما تصمیم گرفتیم که مغز بزرگ‌تر چیز خوبی است".

هیچ چیز ناممکنی در فرگشت وجود ندارد، به همین دلیل یک راه حل جای‌گزین وجود دارد، و آن این است که اندازه لگن زن را افزایش دهیم تا کانال زایمان بزرگ‌تر شود. متأسفانه، لگن پهن‌تر

روی راه رفتن و دویدن زنان تأثیر بسزایی می‌گذارد و باعث می‌شود آن‌ها به جای راه رفتن حرکات ناموزونی داشته باشند. افزون بر کاهش احتمال رکوردهای ورزشی زنان، این امر باعث می‌شود که زنان تحرک کمتری پیدا کنند. حتی اگر مشکل دیگری نباشد، این امر به احتمال زیاد منجر به افزایش تفکیک بین جنسیت‌ها می‌شود - هم‌آن‌طور که اساساً در برخی از فرهنگ‌های ساحلی رخ می‌دهد که در آن دختران را به زور تغذیه می‌کنند تا اضافه وزن پیدا کرده و ظاهراً جذاب‌تر شوند، یا در گذشته‌های چین، که زنان طبقات بالا مجبور بودند در خانه کفش چوبی کوچک به پا کنند. من گمان می‌کنم که این راه حلی نیست که خیلی موفقیت‌آمیز باشد [۸].

[۸] نویسنده، باز هم در این بند، زیادی شوخی کرده است.

فصل ۸: فرگشت رفتار

پرسش ۷۱ - رفتار چه نقشی در فرگشت دارد؟

اکثر سازگاری‌ها در نهایت به میزانی از تغییرهای ژنتیکی نیاز دارند، اما تغییرهای ژنتیکی تا حدی به دست‌رس بودن پراکندگی ژنتیکی بستگی دارد - یا حداقل به شانس^[۱] ایجاد جهش‌های جدید. اگر تغییرهای محیطی به اندازه سریع باشند - مانند روی‌داد آب و هوایی [دوران کوتاه زمین‌شناسی] درایاس جوان، که پایان پسین‌ترین عصر یخبندان بود (به پرسش ۱۷ نگاه کنید) - یک گونه، به راحتی می‌تواند گونه‌مرگ شود، به ویژه اگر بازه نسلی در آن گونه دراز باشد و به کندی بازآوری کند (به پرسش ۴۵ نگاه کنید). با این حال، هنگامی که تغییرهای [محیطی] کندتر هستند، توانایی سازگاری رفتاری می‌تواند زمان لازم برای به تاخیر انداختن گونه‌مرگی را فراهم کند تا تغییرهای ژنتیکی مناسب ایجاد شوند. این به نام اثر بالدوین^[۱]، روان‌شناس آمریکایی، که آن را در سال ۱۸۹۶ پیش‌نهاد کرد شناخته می‌شود^۱.

^۱ به‌رغم این‌که بالدوین در دهه‌های پایانی قرن نوزدهم نقش مهمی در روان‌شناسی آمریکا داشته، و حامی اصلی نقش فرگشت در روان‌شناسی بوده است، بالدوین به دلیل اخراج از دانشگاه جانز هاپکینز^[۲]، مرلند^[۳] در سال ۱۹۰۸ به خاطر حضور در یک فاحشه‌خانه، تقریباً فراموش شده است. این روی‌داد به دشمنان بسیاری فرصت داد، تا به او ضربه بزنند. پس از اخراج، به فرانسه رفت و در آن‌جا در سال ۱۹۳۴، بدون اینکه کار دانشیک دیگری انجام داده باشد، درگذشت^[۲]. این واقعه باعث شد که روان‌شناسی در آمریکا به طور ناهم‌گونی سمت‌گیری کند که فرگشت در آن نقشی نداشت. از قضا، او اکنون به دلیل سهم خود در زیست‌شناسی بسیار بهتر به یادها مانده است.

[۱] نویسنده واژه "chance" را به کار برده است. می‌توانستیم آن را به "احتمال" و یا "تصادف" برگردانیم. اما از آنجایی‌که "احتمال" و "تصادف" را برای واژه‌های "probability" و "random" به کار برده بودم، مجبور شدم از "شانس" استفاده کنم!

[۲] این جمله را قدری دست‌کاری کرده‌ام.

توانایی تشخیص این‌که در محیط زیست، نظم‌هایی وجود دارد و عمل بر اساس آن‌ها، به ویژه هنگامی که محیط‌ها دچار تغییر مداوم می‌شوند، به ویژه در مورد زیست‌گاه‌های زمینی، اهمیت ویژه‌ای دارد. این که بتوانید در مورد نشانه‌های موجود در محیط، مانند دانستن مکان‌های امن برای خواب، یا دانستن این‌که کدام خوراکی‌ها قابل خوردن هستند، و کدام خوراکی‌ها قابل خوردن نیستند، می‌تواند ناهم‌گونی بین مرگ و زندگی باشد. نگره تغذیه مطلوب (به پرسش ۱۲ نگاه کنید)

^[۱] Baldwin.

^[۲] Johns Hopkins University.

^[۳] Maryland.

تنها در صورتی شدنی است که جانوران [۳] بتوانند با نشانه‌های محیطی آشنا شوند، و تصمیمات معقولی در مورد این که چه چیزی بخورند یا کجا بروند، بگیرند.

[۳] یک نکته تکراری این است که فرگشت محدود به جانوران نیست!

زمینه دیگری که در آن تصمیم‌گیری راه‌بردی ^(۱) اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، آمیزش (به پرسش‌های ۵۶ و ۷۴ نگاه کنید) است. وقتی گونه‌ای شامل دو زیر گروه (مثلاً جنسیت) است که منافع ناهم‌گونی در بازآوری دارند، زمینه‌ای برای بازی دادن ^(۲) [۴] و برنامه‌ریزی راه‌بردی ^(۳) وجود دارد، و این باعث ایجاد نوعی مسابقه تسلیحاتی می‌شود، زیرا دو زیر گروه [جنسیت] سعی می‌کنند یک‌دیگر را به منظور دستیابی به منافع فرگشتی بازی دهند. در واقع، هر موقعیت اجتماعی، در طول زمان دچار تغییر مداوم می‌شود، و جانوران باید بتوانند این تغییرها را ردیابی کرده، و در مورد رفتار احتمالی آینده افراد دیگر، نتیجه‌گیری کنند.

[۴] بازی دادن (manipulation)، یا گول زدن، که در متن آمده است، واژه‌ای انسانی است. در بحث‌های فرگشتی، به‌تر است واژه‌هایی را که عمومیت بیش‌تری دارند به کار برد. به‌هررو، در این بند، نویسنده به برداشت داوینچی از "مسابقه بین دو جنس" و کمی هم به نگره بازی (game theory) تکیه دارد. این جور پدیده‌ها را با راه‌برد پایدار فرگشتی یا ESS (Evolutionary Stable Strategy) بهتر می‌توان توضیح داد.

سازگاری رفتاری مستلزم فرگشت مغز به‌اندازه پیچیده‌ای است، که جانوران برای تنظیم فعالیت‌های خود که در شرایط متغیر دارند، بتوانند انواع تصمیم‌های لازم را اتخاذ کنند. افزون بر این، البته، جانور به یک سیستم ادراکی به‌اندازه پیچیده نیاز دارد، تا ورودی‌های لازم برای این محاسبات را، در اختیار مغز قرار دهد. به عبارت دیگر، هدف از داشتن یک مغز بزرگ [برای یک جانور] این است که از نظر رفتاری انعطاف پذیر باشد، تا [جانور] بتواند رفتار خود را حداقل با تغییرهای کوچک در محیط، وفق دهد [۵].

[۵] البته که این استدلال ضعیف است. گیاهان هم که مغز ندارند، همین سازگاری‌ها را دارند و هم‌این‌جور تصمیم‌ها را می‌گیرند. خواننده را دعوت می‌کنم که هر گونه جداسازی در پیوستار (طیف) زیستار را با دیده شک بنگرد.

متأسفانه، [نگه‌داری] مغزی که توانایی این کار را داشته باشد، رایگان نیست. فرگشت نورون‌ها ^(۴) بسیار گران است، و حتی حفظ آمادگی برای فعالیت مغزی، بسیار گران‌تر است - در حالت استراحت، مغز حدود ۱۰ برابر بیش‌تر از ماهیچه انرژی مصرف می‌کند. دلیل عمده این امر، ماهیت سازوکار الکتروشیمیایی ^(۵) است که یک نورون را توانا می‌سازد در صورت فعال شدن توسط ورودی یک عصب دیگر، به کار افتد ^(۶). این سازوکار دارای دو جزء جداگانه است: (۱) هزینه انرژی پمپ سدیم ^(۶) که افتراق الکتریکی را در غشای یاخته‌های عصبی، که برای به کار افتادن لازم است،

(1) Strategic.

(2) Manipulation.

(3) Strategizing.

(4) Neuron.

(5) Electrochemical.

(6) Sodium.

تامین می‌کند و (۲) هزینه جابه‌جایی انتقال‌دهنده‌های عصبی^[۱] پس از به‌کارافتادن نورون‌ها، که از نظر شیمیایی گران‌قیمت هستند. اما اگر بتوانید راه‌حلی برای این محدودیت پیدا کنید، رشد مغز بزرگ و استفاده از آن، برای یافتن راه‌حل‌های بهتر، برای مشکل‌های ماندگاری و بازآوری موفق، دارای مزایای زیادی است. به طور خلاصه، انعطاف‌پذیری رفتاری، کلید پیروزی فرگشتی است، اما بهایی دارد.

[۶] در این بند، نویسنده از واژه "fire" برای یاخته‌های عصبی (نورون‌ها) استفاده کرده است. من ترجیح می‌دهم، در این چهارچوب، آن را "به‌کارافتادن" یا "به‌کارانداختن" برگردان کنم.

پرسش ۷۲ - چه‌گونه می‌توان فرگشت دگردوستی را توضیح داد؟

داروین به طور کلی از توضیح خود در مورد چه‌گونگی فرگشت گونه‌ها راضی بود. اما از این موضوع که نمی‌توانست توضیحی رضایت‌بخش برای فرگشت دگردوستی (فداکاری که یک فرد به نفع دیگری انجام می‌دهد) پیدا کند، ناراحت بود^[۱]. فشار ناشی از گزینش زیستاری در افزایش صفات افرادی که با موفقیت بازآوری می‌کنند، باید به سرعت منجر به حذف ویژگی‌هایی مانند دگردوستی از جمعیت شود^[۲]. با این وجود، هم‌آن‌طور که داروین از مشاهده دقیق کندوهای زنبور عسل خود می‌دانست، زنبورهای ماده کارگر، عقیم هستند و از هر گونه بازآوری دست کشیده‌اند^[۳] و در عوض، با پشت‌کار به خاطر نفع بازآوری خواهر خود، ملکه، که تنها ماده فعال در کندو است، زحمت می‌کشند، تا ملکه به بازآوری بپردازد.

[۱] نیازی به "مته به خشخاش گذاشتن" نیست، ولی این حرف در مورد داروین ۱۸۵۹ صادق است و در مورد داروین ۱۸۷۲ صادق نیست.

[۲] من یک اعتراض عمومی، از نوع فلسفی، به این جمله دارم. یک بار دیگر این جمله را می‌نویسم تا موضوع اعتراض مشخص‌تر شود. در متن آمده "فشار ناشی از گزینش زیستاری در افزایش صفات افرادی که با موفقیت بازآوری می‌کنند، باید به سرعت منجر به حذف ویژگی‌هایی مانند دگردوستی از جمعیت شود." در این جمله، کلمه "باید..." در دو معنا می‌تواند فهم شود. معنای اول این می‌تواند باشد که "یکی از تبعات تئوری‌های داروین این است که..." معنای دوم این می‌تواند باشد که "داروین فکر می‌کرد که..." متأسفانه برای هیچ یک از این دو معنا، دلیلی ارائه نمی‌شود. موضوع اعتراض من این است که دانش‌مندانی که پس از داروین آمده‌اند، خودشان برداشتی داشته‌اند، و این برداشت خود را به داروین، یا تئوری‌های او، نسبت داده‌اند. به طور مشخص در این جا می‌توان پرسید که عبارت "به سرعت منجر به حذف ویژگی‌هایی مانند دگردوستی از جمعیت شود" از کدام کتاب یا مقاله یا نامه داروین برداشت شده است؟ او چه حرفی زده است، و شما با چه زنجیره استدلالی، به این نتیجه رسیده‌اید؟ این چیزی نیست مگر تحریف نگره‌های داروین. و من این اعتراض را نه تنها در مورد داروین، بلکه در مورد افراد دیگر هم مطرح می‌کنم. یکی از بدترین کارها، همین است که کسی حرف خودش را به دیگری، چه فرد و چه غیرفرد، منتسب کند. نکته جالب این است که این کار، یعنی ارائه برداشتی غلط از یک نگره، و بعد رد آن نگره، یکی از رایج‌ترین کارهایی است که افراد جویای نام و نان انجام می‌دهند.

[۳] دقت کنید که نویسنده در اینجا از بیانی "اراده‌گرایانه" استفاده می‌کند.

^[۱] Neurotransmitter.

این مشکل تا دهه 1960 حل نشد تا این که بیل [۴] همیلتون متوجه شد که اگر برازش، دربارهٔ آیندهٔ ژن‌های خاص باشد، در آن صورت یک فرد می‌تواند، از طریق کمک به بازآوری یک خویشاوندِ نزدیک، به انتقال نسخه‌هایی از آن ژن به نسل پس از آن کمک کند. البته، به این شرط که هر دو نسخهٔ آن ژن [آن نسخه‌ای که خود داشته، و آن نسخه‌ای که خویشاوندش داشته] از یک نیای مشترک، به ارث رسیده باشند. این همان مفهوم برازشِ دربرگیر است که همیلتون بنیان‌گذار آن بود (به پرسش ۲۵ نگاه کنید) [۵]. آنچه او متوجه شد این است که به علت اشتراک ژنتیکی فرد-خویشاوند (احتمال مشترک بودن یک ژن خاص)، اگر شمار فرزندان اضافی تولید شده توسط یکی از خویشاوندان، که نتیجه مستقیم دگردوستی آن فرد باشند، بیش‌تر از شمار فرزندان آیندهٔ خود فرد باشند، گزینش زیستاری، از دست دادن فرزندان خودِ فرد را، با انتقال ژن‌هایی که دگردوستی را ترویج می‌کنند، جبران می‌کند [۶]. افزون بر این، یک فرد [قاعدتاً] باید بیش‌تر برای یک خویشاوند نزدیک فداکاری کند تا برای یک خویشاوند دور. این اصل به نام نگره گزینش خویشاوندی شناخته شد، زیرا با این استدلال یک فرد باید خویشاوندان نزدیک را در اولویت قرار دهد. با این حال، همه چیز در نسبت سود به زیان [دگردوستی/فداکاری] و میزان خویشاوندی بستگی دارد.

[۴] بیل (Bill) مخفف ویلیام (William) است.

[۵] این سه جملهٔ آخر در متن اصلی در یک جمله آمده بود، و من آن جمله را شکستم!

[۶] این جمله بسیار مغلق بود! بهتر آن است که آن را به شکل دیگری بیان کنم. آن چه که همیلتون نتیجه‌گیری کرد آن بود که شمار فرزندان "غیرمستقیم" یک فرد، در برازش او (انتقال کپی‌های بیش‌تری از ژن‌هایش به نسل پس از آن) موثر است. گاهی، شمار فرزندان "غیر مستقیم"، پس از محاسبه اشتراک ژنتیکی، می‌تواند بیش‌تر از شمار فرزندان "مستقیم" باشد. در چنین صورتی، "ژن‌هایی که در بروز دگردوستی دخالت دارند، بیش‌تر به نسل پس از آن منتقل می‌شوند، و به نوبه خود، به بالا رفتن دگردوستی در نسل بعد، می‌انجامد.

یک توضیح اضافی هم بدهم. از زمان داروین، یکی از بحث‌های مهم فرگشتی، در مورد "تراز" گزینش زیستاری بوده است، و این که گزینش زیستاری، در تراز "فرد" صورت می‌گیرد، و یا در تراز "گروه". در مورد "گروه" باید توجه داشت که گروه می‌تواند جمعیت کوچکی از افرادِ یک گونه باشد، یا تمام افراد یک گونه در یک منطقه، یا گروه‌هایی بزرگ‌تر. پس از آن که "ژن‌ها" کشف شدند، تراز "ژن" به تراز "فرد" و "گروه" افزون شد. نگرهٔ همیلتون، که به اسامی گوناگون شهرت پیدا کرده، نشان می‌دهد که لازم نیست که فرگشت در یک تراز محدود باشد، و گزینش در یک تراز، می‌تواند پی‌آمدهایی برای سطوح دیگر داشته باشد. از نوشته‌های داروین این طور برداشت می‌شود که داروین با تراز "گروه" مخالفتی نداشته، ولی سهم بسیار بزرگ‌تری برای گزینش در تراز "فرد" قائل بوده است.

شوربختانه بحث‌های مربوط به دگردوستی در انسان‌ها بدون استثناء با نوع عجیبی از لغزش زبانی همراه است. در زندگی روزمره، دگردوستی می‌تواند کمک‌های کوچک به گدایان خیابانی (سخت‌مندان) از نظر کمک‌گیرنده، اما ناچیز از نظر کمک‌دهنده)، یا وام دادن به کسی برای رسیدن به هدف خود در زندگی (با مخارج نسبتاً بیش‌تری برای کمک‌کننده، اما به احتمال زیاد ارزش‌مند برای یک خویشاوند کمک‌گیرنده)، یا فداکردن جان خود برای نجاتِ دیگری (هم‌آن‌طور

که در رمان چارلز دیکنز ^{۱} به نام داستان دو شهر ^{۲}، سیدنی کارتن ^{۳} به جای چارلز دارنی ^{۴}، اشراف‌زاده فرانسوی، در پاریس به گیوتین سپرده شد)، باشد. مشکل این است که ما همیشه در مورد دگردوستی به آخرین مثال فکر می‌کنیم، و فرض می‌کنیم که [قربانی کردن خود] هنجار رفتاری دگردوستی است. پس، [از این لغزش زبانی] به راحتی نتیجه‌گیری می‌شود که انسان‌ها به گونه‌ای رفتار می‌کنند که ضد [نگره‌های] داروینی ^[۷] است. ما باید به دلیل‌های گوناگون در مورد این گونه ادعاها دقت کنیم.

[۷] در اینجا مناسب است که دو نکته را یادآوری کنم. نکته اول این که داروین "یک" نگره ندارد، بلکه "چند" نگره را به طور هم‌زمان در کتاب "درباره پیدایش گونه‌ها" مطرح کرد. افزون بر آن، پیش و پس از این کتاب هم، داروین نگره‌های دیگری را در مورد مسئله‌های ناهم‌گون ارائه کرده بود. نکته دوم این که اشکالی ندارد که کسی با نگره‌ای داروینی مخالف باشد. مخالفت با نگره‌های داروینی نه جرم است و نه گناه کبیره. در ضمن، داروین، حق ویژه بر فرگشت و موضوعات فرگشتی ندارد. اهمیت داروین در این نیست که هر چه که گفته است درست است. اهمیت او در این است که راه‌گشای شاخه‌ای جدید از دانش بود، و به تنهایی افق‌های یک زمینه بزرگ را برای دیگران باز کرد.

اول، اندازه کمک ^[۸]، در هر توضیح فرگشتی بسیار مهم است. سوالی که باید ابتدا بپرسیم این است: چه کسی، چقدر، به چه کسی، و چند بار کمک می‌کند؟ پول خوردی که به یک گدا داده می‌شود به ندرت باری بر دوش ما می‌گذارد، چه برسد به این که چشم‌انداز بازآوری [فرزندآوری] ما را زیر تأثیر قرار دهد. ما ممکن است آن را به سان دگردوستی روزمره (و در واقع، کاری که بیش‌تر وقت‌ها انجام می‌شود) در نظر بگیریم، اما به راستی یک آزمون دگردوستی زیست‌شناسانه محسوب نمی‌شود، زیرا هزینه آن بسیار کم است. واگذاری مقدار زیادی پول یا منابع دیگر، ممکن است یک موضوع اساسی‌تر باشد، اما کمک بزرگ از سوی فردی که بسیار ثروتمند است، ممکن است تأثیر چندانی بر برازش او نداشته باشد. ما همچنین باید هدف [کمک] مورد نظر را از نزدیک بررسی کنیم. کمک یک مرد ^[۹] به یک زن غیرخویشاوند، که در سن باروری است، بهتر است به سان تبلیغات همسریابی توضیح داده شود: یک مثال رایج این است که [مردی] کسی را [زنی را] برای یک وعده خوراکی گران‌قیمت میهمان کند، به این امید که او را به اندازه زیر تأثیر قرار دهد، تا نتیجه مطلوبی به دست آید ^[۱۰].

[۸] نویسنده در این بند (و در بند پیش) از واژه "هدیه" استفاده کرده است. من ترجیح دادم آن را به "کمک" برگردان کنم.

[۹] نویسنده از واژه "نر" و "ماده" استفاده کرده است، اما چهارچوب بحث نشان می‌دهد که در باره موضوعی خاص انسان حرکت می‌کند و منظورش "مرد" و "زن" است.

[۱۰] در این جا هم نویسنده از دایره ادب خارج شده است. این هم یک نشانه دیگر از آن که نویسنده، ادبیات "مردانه" قرون وسطایی دارد.

{1} Charles Dickens.

{2} A Tale of Two Cities.

{3} Sydney Carton.

{4} Charles Darnay.

اما در مورد شرایطی مانند آن چه که سیدنی کارتن، در انجام دگردوستی جان خود را واقعاً فدا می‌کند تا فرد دیگری زندگی کند، چه باید گفت؟ پرسیدن دو سؤال لازم است. اول، چنین رخ‌دادی در زندگی واقعی چقدر رخ می‌دهد؟ پاسخ این است: به راستی به ندرت - دقیقاً به همین دلیل است که ما در موارد نادری که این رخ‌داد پیش می‌آید، در مورد آن سروصدای زیادی به راه می‌اندازیم. اگر سیدنی کارتن فقط [مقدار کمی پول] برای پرداخت هزینه کفن و دفن دارنی داده بود - یا حتی موافقت کرده بود که از خواهرزاده دارنی، پس از کشته شدن با گیوتین، مراقبت کند، داستان دیکنز آن‌قدر دل‌خراش نمی‌شد. تحلیل چهارچوب‌هایی که در آن غیرنظامیان، عملیات نجات خطرناک را انجام می‌دهند، قویاً نشان می‌دهد که، مردان برای نجات زنانی که در سن بازآوری هستند، جان خود را در تیررس خطر قرار می‌دهند و زنان، زمانی این کار را انجام می‌دهند که جان خویشاوندی نزدیک (مانند فرزندان) در خطر باشد. [این رفتار به] دو دلیل فرگشتی کاملاً معقول^[۱۱]، به ترتیب، [فراهم آمدن] فرصت‌های آمیزشی، و سرمایه‌گذاری والدین روی فرزندان، مرتبط است.

[۱۱] به عبارت "دو دلیل فرگشتی کاملاً معقول" توجه کنید. آن چیزی که نویسنده آن را کاملاً معقول می‌شمارد، ممکن است فقط یک داستان‌سرایی بی پایه و اساس باشد. با یک دیدگاه دانشیک باید از او پرسید که چه چیزی را اندازه‌گیری کرده و چه آزمونی انجام داده که به این "دو دلیل فرگشتی کاملاً معقول" رسیده؟ تا وقتی این دو دلیلی که در ذهن نویسنده نقش بسته‌اند، ما به ازای واقعی و قابل اندازه‌گیری نداشته باشند، چیزی جز خیال‌بافی نیستند. فراموش نکنید، "اندازه‌گیری" بخش مهمی از هر کار دانشیک است. بدون "اندازه‌گیری" از حوزه دانش بیرون می‌رویم. در بیرون رفتن از حوزه دانش، ممکن است کار ارزش‌مند و مهمی هم انجام بدهیم، ولی کار دانشیک انجام ن داده‌ایم.

البته این [دو دلیل] نباید مانع بشوند تا ما، هنگامی که خطرپذیری روی می‌دهد، برای آن کف ننزیم. اما نیازی هم نیست که اهمیت آن را بیش از حد تفسیر کنیم. اقدام‌های ما ممکن است همیشه آن‌طور که در نگاه اول به نظر می‌رسد نباشد و باید در نحوه تفسیر آن‌ها مراقب باشیم.

پرسش ۷۳ - چرا هم‌کاری فرگشت یافته است؟

هم‌کاری از بسیاری از راستاها، کلید زندگی اجتماعی پیچیده است، و از این رو، در رفتار انسان‌ها و دیگر جانوران [با ساختار] پیش‌رفته اجتماعی، از اهمیت اساسی برخوردار است. موارد زیادی در زیستار وجود دارد که به نظر می‌رسد جانوران با هم هم‌کاری می‌کنند (برای مثال، شامپانزه‌ها [با هم‌کاری] با هم بوزینه‌ها را شکار می‌کنند، سگ‌های آبی [با هم‌کاری] سدهای خود را می‌سازند)، و این امر به روشنی در انسان رخ می‌دهد. اما از دیدگاه فرگشتی، هم‌کاری با همان معمای دگردوستی روبروست (به پرسش ۷۲ نگاه کنید): اگر با شخصی هم‌کاری می‌کنید، و اگر او به شما کمک متقابل نکند، به ناچار زمان، تلاش یا پول خود را برای بازآوری او سرمایه‌گذاری می‌کنید. بنابراین، [کمک شما به دیگری را باید] دگردوستانه دانست. در اقتصاد، این مشکل به نام تنگنای کالای عمومی^(۱) شناخته می‌شود.

بنابراین چه‌گونه می‌توان هم‌کاری را گسترش داد؟

(۱) Public goods dilemma.

البته یک پیش‌نهاد، گزینشِ خویشاوندی است: حتی اگر هرگز لطفی را که من به شما می‌کنم، جبران نکنید، [به این دلیل که] خویشاوند هستیم، من بازپرداختم را در نسل آینده از طریق فرزندان اضافی که شما تولید می‌کنید، و من هم در آن‌ها سهم دارم (به پرسش ۷۲ نگاه کنید)، به من خواهد رسید [۱]. اما این [روش] تنها در صورتی می‌تواند کاربرد داشته باشد که ما خویشاوند باشیم. آیا اگر خویشاوند نباشیم، باز هم هم‌کاری به وجود می‌آید؟ یک [راه حل] احتمالی، هم‌یاری {۱} (یا گزینش بهبود گروهی {۲}) است: اگر انجام کاری، نیاز به هم‌کاری هم‌زمان ما دارد، و ما هر دو از این هم‌کاری به اندازه برابر بهره ببریم [۲]، آن‌گاه، هم‌کاری به راحتی فرگشت می‌یابد. یکی از نمونه‌های بارز زندگی در گروه برای دفاع در برابر شکار [شدن]، آن است که گاهی صرف حضور در گروه [اندازه گروه]، شکارگر را از تلاش برای حمله باز می‌دارد و [گروه نیاز ندارد که] فعالانه به شکارگر حمله کند (به پرسش ۸۱ نگاه کنید).

[۱] این جمله را دست‌کاری کرده‌ام!

[۲] این تعریف از "بهبود گروهی" = group augmentation تعریف دقیقی نیست. در تعریف معمولی از این پدیده، بهره‌وری مساوی، ضروری نیست. [

شکار هم‌کارانه مثال دیگری است: با هم‌کاری، می‌توان طعمه‌های بسیار بزرگ‌تری، از آن چه که هر یک از ما به تنهایی بتوانیم شکار کنیم، به دست آورد، مانند روش شکار بسیاری از شکارگران بزرگ مانند شیرها، کفتارها و گرگ‌ها. با این حال، این امر، تنگنای کالای عمومی را به طور کامل برطرف نمی‌کند: ممکن است با سرعت به این‌ور و آن‌ور بدوم، و در حالی که از هر گونه خطر اجتناب می‌کنم، خود را درگیر شکار نشان دهم، اما باز هم سهم خود را از شکار بطلبم. این مشکل که مجانی‌سواری {۳} [۳] نامیده می‌شود، یک مشکل رایج است، نه تنها در زیستار، بلکه هم‌چنین در زندگی اجتماعی روزمره انسان‌ها. چنین فردی وام می‌گیرد، اما هرگز پس نمی‌دهد، دعوت را می‌پذیرد، اما هرگز دعوت نمی‌کند.

[۳] واژه freeriding یا free-riding را در فارسی به "مفت‌سواری" برگردان کرده‌اند. برای واژه hitchhiking هم از "مسافرت مفتی" استفاده شده است. اما از آنجایی که واژه hitchhiking در ژنتیک و فرگشت استفادهٔ بیش‌تری دارد، من ترجیح دادم که از "مفت‌سواری" برای hitchhiking استفاده کنم، و واژه نامانوس‌تر freeriding را به "مجانی‌سواری" برگردان کنم.

راه‌حل متعارف این مشکل، مجازات است: اگر کسی بخشی از قرارداد اجتماعی خود را انجام نمی‌دهد، می‌توانیم او را با راه‌برد "بردن-ماندن / باختن-تغییر" {۴} مجازات کنیم: من تا زمانی به هم‌کاری ادامه خواهم داد که سویی روبرو، هم‌کاری می‌کند، اما لحظه‌ای که این کار را انجام ندهد، من دیگر هم‌کاری نخواهم کرد [۴]. البته این امر تنها در صورتی شدنی است که مغز به‌اندازه فرگشت یافته باشد، تا بتواند برخوردهای گذشته و پی‌آمدهای آن‌ها را به خاطر بسپارد [۵]. یک

{1} Mutualism.

{2} Group augmentation.

{3} Freeriding.

{4} Win-stay/lose-shift.

نسخه دیگر [از راهبرد "بردن-ماندن / باختن-تغییر"] این است که پیش از کمک به فردی، شهرت [یا کارکرد گذشته] آن فرد را بررسی کرد [۶]. به این ترتیب، می‌توان میزان اعتماد به فرد را، بر اساس رفتار آن فرد در قبال دیگران، ارزیابی کرد. آزمایش روان‌شناس کانادایی ایوان راسل [۷] نشان داد که شامپانزه‌ها برهم‌کنش دیگران با یک‌دیگر را نظارت می‌کنند، و از این اطلاعات برای تصمیم‌گیری در مورد هم‌کاری، یا عدم هم‌کاری، استفاده می‌کنند. احتمال دیگر، مجازات دگردوستانه است، که به موجب آن یک فرد حاضر است کسی را که [مطابق] توافق عمل نکرده است، مجازات کند. در آزمایش با انسان‌ها، مردم بیش‌تر آماده‌اند تا برای تنبیه کسانی که رفتارهای خوب انجام نمی‌دهند، هزینه‌ای بپردازند.

[۴] مدل‌هایی مانند "بردن-ماندن / باختن-تغییر" از نگره بازی (Game theory) ریشه می‌گیرد و در رشته‌های گوناگون مانند اقتصاد، رفتارشناسی، یادگیری ماشینی (machine learning) کاربرد دارد.

[۵] این حرف دقیق نیست! واژگان "به خاطر سپردن"، هم‌چون یک لغزش زبانی، در فرگشت یک معنای عام دارد که ربطی به مغز و حافظه ندارد! وقتی یک "نمونه" از یک گیاه در اثر نوعی عامل بیرونی (محیطی) آسیب می‌بیند، "نمونه‌هایی" از آن گونه که مشخصه‌هایی همانند آن "نمونه" دارند، در برابر آن نوع از عامل بیرونی، ضعیف عمل می‌کنند، و در نتیجه در نسل آینده، نتاج (فرزندان) کم‌تری از خود باز می‌گذارند. به عبارت دیگر، آن اثر در "ساختار ژنتیکی" آن گونه باز می‌ماند. این را به سادگی می‌توان به جانوران با مغز بزرگ، گسترش داد. آن چه که در جانوران با مغز بزرگ، در "خاطره / حافظه مغزی" یک فرد می‌ماند، به نسل دیگر منتقل نمی‌شود، مگر آن که اثری روی "ساختار ژنتیکی" آن گونه بگذارد.

[۶] نویسنده در این بند، بیش‌تر از بندهای دیگر، از "من" و "تو" استفاده کرده است. چون این ریخت از نوشتن در فارسی استفاده نمی‌شود، من همه را به سوم شخص تبدیل کردم.

[۷] گاهی وقت‌ها نویسنده از کسانی نام می‌برد که به‌اندازه کافی شناخته شده نیستند، و این باعث تعجب من شده است! در این قبیل موارد، با جست‌وجوی کوتاهی معلوم می‌شود که افراد نام‌برده، از هم‌کاران نویسنده، هستند!

در بیش‌تر این موارد، سازوکاری وجود دارد که به شریکان اجازه می‌دهد بر پای‌بندی یک‌دیگر به قرارداد اجتماعی نظارت کنند. انسان‌ها، به ویژه، نسبت به افرادی که از چیدمان‌های اجتماعی و سهم منصفانه خودداری می‌کنند، حساس هستند. حتی بعضی از جانوران هم این کار را می‌کنند. یک مثال، گنجشک پرچین ^(۲)، یک پرنده کوچک باغ‌های اروپایی، است. از آن‌جا که در پرندگان، ماده‌ها می‌توانند اسپرم را از جفت‌گیری با نرهای گوناگون ذخیره کرده، و سپس تخمک‌های خود را به طور گزینشی با تمام یا بخشی از این اسپرم ذخیره شده بارور کنند ^[۸]، گروه‌های تخم ^(۳)، بیش‌تر توسط چندین نر گوناگون، [چه جفت پایدار و یا غیر آن]، تلقیح می‌شوند. پرندشناس بریتانیایی نیک دیویس نشان داد که نرها میزان تلاش خود، برای جست‌جوی خوراک برای لانه را، پس از به دنیا آمدن جوجه‌ها، مطابق با احتمال بارور شدن تخم‌ها توسط اسپرم خود، تنظیم می‌کنند. و نشانه‌ای که او برای این کار استفاده می‌کند چیست؟ مدت زمانی است که ماده در

^(۱) Yvan Russell.

^(۲) Dunnock.

^(۳) Clutch.

[فصل جفت‌گیری] دور از نظر او بوده و بنابراین می‌توانسته با نرهای دیگر جفت‌گیری کند. راه حلی زیبا و ساده.

[۸] در این بند هم مقداری ساده‌سازی صورت گرفته و هم مقدار زیادی از زبان و بیان اراده‌گرایانه استفاده شده است.

پرسش ۷۴ - آیا برای فرگشت اهمیت دارد که با چه کسی ازدواج می‌کنیم؟

در گونه‌هایی با بازآوری جنسی، هر فرزند فقط نیمی از ژن‌های هر والد را به ارث می‌برد (به پرسش ۲۲ نگاه کنید). بنابراین [سوال این است که] چرا باید مجموعه کامل ژن‌هایی را که نمایان‌کننده یک فرد هستند تقسیم کرد؟ راه حل روشن این است که همسری را گزینش کنید که تا حد ممکن همانند شما باشد. با این حال، اگر همسر شما بیش از حد با شما خویشاوندی داشته باشد، در چهارچوب توارث مندلی، در تیررس خطر قرار می‌گیرید. به این ترتیب که برخی از فرزندان شما دو نسخه از [الل] مغلوب برای بعضی حالت‌های مضر^[۱] را که هر دوی شما ممکن است داشته باشید، به ارث می‌برند^[۲]. اگر فقط یک نسخه از [الل] مضر را به ارث برده‌اید، این امر معمولاً اشکالی ندارد زیرا بروز آن [صفت] معمولاً صورت نمی‌گیرد. اما [به ارث بردن] دو نسخه، فاجعه است (برای مثال، در مورد کم‌خونی گلبول داسی‌شکل) (به پرسش ۶۸ نگاه کنید).

[۱] جمله‌ای که نویسنده در این‌جا نوشته است، درست است. اما متأسفانه، این جمله می‌تواند باعث شمار "زیادی" بدفهمی شود که هیچ‌کس در برابر آن‌ها مصون نیست! اول آن که در این جمله، دو معنی واژه "ژن"، یعنی "ژن" = لوکوس = جایگاهی خاص روی کروموزوم، و "ژن" = الل = شکل خاصی از دی‌ان‌ای (DNA) در آن جایگاه خاص کروموزومی از هم تفکیک نشده‌اند. از این موضوع که بگذریم، بدفهمی‌های ممکن را در پایین توضیح می‌دهم. نخستین بدفهمی این است که همه لوکوس‌ها "می‌توانند" دارای ۲ نوع الل داشته باشند. اما به راستی این‌طور نیست، و در هر گونه‌ای، بیش‌ترین لوکوس‌ها فقط یک نوع الل دارند، و به واژگان دانشیک، هوموزیگوت (homozygote) هستند. درصد لوکوس‌های هوموزیگوت، بسته به آن چیزی که اندازه‌گیری می‌شود، و جایگاه کروموزومی آن، بین ۹۵.۰۰٪ تا ۹۹.۹۸٪ است. دومین بدفهمی این است که اگر در یک لوکوس ۲ الل وجود داشته باشد، لزومی ندارد که رابطه بین این ۲ الل غالب-مغلوب باشد. دو الل موجود در یک لوکوس می‌توانند رابطه افزایشی (additive) داشته باشند. یک نکته فرعی این است که روشن است که یک فرد حداکثر می‌تواند در یک لوکوس ۲ الل داشته باشد. اما درصد بسیار، بسیار ناچیزی از لوکوس‌ها وجود دارند که در جمعیت دارای بیش از ۲ الل باشند. سومین بدفهمی این است که واژه "مضر" = deleterious، نه تنها تعریف مشخصی ندارد، بلکه در ریاضیات ژنتیکی (چه در ژنتیک جمعیت و چه در ژنتیک کمی) هیچ جایگاهی ندارد. کسانی که این واژگان را به کار می‌برند، به راستی به بعضی از انواع مرگ‌های جنینی یا نقص‌های مادرزادی که تصور می‌شود ریشه ژنتیکی دارند، اشاره می‌کنند. در ضمن هر رابطه غالب-مغلوبی به مضر یا مرگ‌آور (deleterious) بودن نمی‌انجامد. چهارمین بدفهمی آن است که تصور می‌شود که اگر مرگ جنینی یا نقص مادرزادی وجود نداشته باشد، اشکال دیگری در بین نیست. در حالی که با ریاضیات ژنتیکی (به خصوص در ژنتیک کمی) می‌توان نشان داد که در صورت وجود رابطه غالب-مغلوب بین دو الل، در هر شرایطی، در تراز جمعیت، اثرات منفی قابل مشاهده خواهد بود. جمع این بدفهمی‌ها به دست‌بالا گرفتن بسامد این نوع رخداد (به ارث بردن دو الل مغلوب) و دست‌کم گرفتن اثرات منفی آن می‌انجامد.

^[۱] Deleterious.

به نظر می‌رسد که از نظر ژنتیکی، عم‌خال‌زادگان ^[۱] یا عم‌خال‌زادگان ناتنی ^[۲] به‌ترین راه‌حل هستند: آن‌ها به‌اندازه دور هستند تا احتمال به ارث بردن یک [الل] مغلوبِ مضر را به حداقل برسانند، اما به‌اندازه نزدیک هستند که در بیش‌ترین مقدار، شریک بقیه [الل‌ها] باشند. این امر گاهی وقت‌ها به نام هم‌آمیزشی بهینه ^[۳] (یا در عوض، برون‌آمیزشی بهینه ^[۴]) شناخته می‌شود. در یک بررسی تجربی زیبا بر روی بلدرچین، پتریک بیتسون ^[۵]، زیست‌شناس فرگشتی، نشان داد که افراد، عم‌خال‌زادگان را بر پرندگان دیگری که خویشاوندی کم‌تر یا بیش‌تری دارند، ترجیح می‌دهند. نشانه‌های قانع‌کننده‌تری از ایسلند وجود دارد، که در آن جا می‌توانیم دودمان انسان را تا حدود ۱۰۰۰ سال پیش دنبال کنیم: ازدواج بین عم‌خال‌زادگان ناتنی، در این جمعیت کوچک و منزوی، از نظر شمار فرزندان باقی مانده، [یعنی] برازش ژنتیکی، موفق‌ترین [نوع آمیزش] بوده است ^[۲] ^[۳].

[۲] در مورد این جمله باید با احتیاط داوری کرد. دلیل اول آن است که محتوای این جمله بر مبنای پژوهش‌های قدیمی (میانه دهه ۱۹۷۰) با استفاده از نشانه‌های ژنتیکی قدیمی بوده است. دلیل دوم آن است که در پانوشت پس از این گفته‌ام.

[۳] در بند پیش، نویسنده دو واژگان متضاد "درون‌آمیزشی" و "برون‌آمیزشی" را برابر هم نهاده است، که در ظاهر اشتباه بزرگی به نظر می‌رسد. اما در این بند، دلیل او روشن می‌شود. در یک جامعه بسته و کوچک، مثل ایسلند ۱۰۰۰ سال پیش، عم‌خال‌زادگان ناتنی "دورترین خویشاوندان" بودند. به هر رو، در ژنتیک نوین، ازدواج با عم‌خال‌زاده‌گان، چه تنی و چه ناتنی، توصیه نمی‌شود.

با این حال، کیفیت [الل‌های] یک فرد، تنها عاملی نیست که برای بازآوری موفق مهم است. اگر نرها از حوزه‌های خوراکی (یا منابع دیگری) دفاع کنند، که ماده‌ها بتوانند از آن‌ها برای پرورش فرزندان خود استفاده کنند، کیفیت حوزه خوراکی نرها نیز ممکن است مورد توجه [ماده‌ها] قرار گیرد. این امر به ویژه در پرندگان رایج است، که کیفیت حوزه خوراکی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان ماندگاری فرزندان داشته باشد. در چنین مواردی، ماده‌ها ممکن است ترجیح دهند با نرهایی که به‌ترین حوزه خوراکی را دارند جفت‌گیری کنند، و نه با نرهایی که به‌ترین [الل‌ها] را دارند ^[۴]. اگر دامنه پراکندگی کیفیت حوزه خوراکی زیاد باشد، ماده‌ها ممکن است ترجیح دهند دومین یا حتی سومین ماده در یک حوزه خوراکی غنی باشند، تا تنها ماده در یک حوزه خوراکی فقیر. این دقیقاً همان چیزی است که در مرغ سیاه پرقرمز آمریکایی ^[۶] ^[۵] رخ می‌دهد، و کیفیت گستره‌ایی که ماده‌ها ترجیح می‌دهند در آن [زندگی کنند] به نام آستانه چند جفتی ^[۷] شناخته می‌شود ^[۶].

[۴] بدفهمی نویسنده در این است که برازش (fitness) را ناشی از یک جای‌گاه می‌داند. به راستی برازش، افزون بر اجزای محیطی، زیر تأثیر شمار زیادی از جای‌گاه‌ها است.

^[۱] Cousins.

^[۲] Second cousins.

^[۳] Optimal inbreeding.

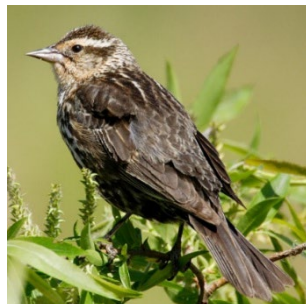
^[۴] Optimal outbreeding.

^[۵] Patrick Bateson.

^[۶] American red-winged blackbird.

^[۷] Polygyny threshold.

[۵] تصویری از یک پرنده ماده (که بیش‌تر قهوه‌ای است) و یک پرنده نر (که پرهایی قرمز و زرد دارد) از گونه مرغ سیاه پرقرمز آمریکایی.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=308953>



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1214891>

[۶] البته که در فرگشت/زیستار پراکندگی زیادی وجود دارد.

ما این را حتی در انسان‌ها می‌بینیم: چند همسری در جاهایی که مردان دارای زمین یا اشکال دیگری از ثروت هستند رایج‌تر است، که [در چنین شرایطی] همسران آن‌ها می‌توانند در پرورش فرزندان خود، [از آن ثروت‌ها] بهره‌برداری کنند. در چنین جوامعی، مردان با جای‌گاه اجتماعی پایین و ثروت اندک، توسط زنانی که به دنبال همسر می‌گردند (و هم‌چنین خانواده‌هایی که برای دختران خود شوهر می‌خواهند) مورد تبعیض قرار می‌گیرند. چنین مردانی به ندرت بیش از یک همسر دارند. مونیک بورگهوف مالدر^(۱)، انسان‌شناس فرگشتی، بر اساس بررسی‌های اثرگذار خود، در باره مردمان کشاورز-دام‌دار کیپ‌سیگیز^(۲) در آفریقای شرقی، نشان داد که چنین مردانی حتی اگر بیش از یک همسر داشته باشند، بیش‌تر مجبورند به زنان مسن‌تر (یعنی آن‌هایی که توانایی باروری کم‌تری دارند) یا زنان دارای معلولیت اجتماعی یا جسمی که ممکن است بر توانایی باروری آن‌ها تأثیر بگذارد، بسنده کنند [۷] [۸].

[۷] سه جمله آخر، در واقع، یک جمله بسیار بلند بود که آن را در سه محل شکستم!

[۸] دو نکته را باید بگویم. اول آن که اطمینان ندارم که جزئیاتی که در این جا آمده درست باشد. این پژوهش، به احتمال زیاد، پژوهشی است که دیوید لاوزون (David Lawson) با همکاری بورگهوف مالدر (و دیگران) انجام داده است. این که مردمان مورد بررسی کشاورز-دام‌دار یا فقط دام‌دار بوده‌اند، و محل زندگی آن‌ها (کنیا یا تانزانیا) بوده، مورد تردید است. نکته دوم آن که، هم‌آن‌طور که در پانوشت [۴] همین پرسش گفتم، در فرگشت / زیستار پراکندگی

^(۱) Monique Borgerhoff Mulder.

^(۲) Kipsigis.

زیادی وجود دارد. به عبارت دیگر، برای هر نگره‌ای می‌توان مثالی پیدا کرد. سؤال این است که هر پدیده‌ای (مانند آن چه که در این‌جا از آن یاد می‌شود) با چه بسامدی مشاهده می‌شود. آیا اگر این بررسی را در ۱۰۰ جای دیگر کره زمین هم انجام بدهیم، به همین یافته‌ها می‌رسیم؟

طراحی سیستم بازآوری پستان‌داران، با سرمایه‌گذاری بسیار بیش‌تری که ماده‌ها به دلیل آبستنی و شیردهی انجام می‌دهند، بدین معنا است که پستان‌داران ماده باید بسیار در [انتخاب جفت] سخت‌گیرتر از نرها باشند، زیرا در هر باروری، ماده‌ها سهم بیش‌تری دارند. تحلیل ترجیح‌های اعلام شده افراد در آگهی‌های شخصی برای همسریابی (یا ستون‌های "قلب‌های تنها"^(۱)) این را تأیید می‌کند: زنان معمولاً بیش‌تر از مردان سخت‌گیرتر هستند و مردان تلاش بیش‌تری برای تبلیغ ویژگی‌هایی که زنان به آن‌ها دل‌بستگی نشان می‌دهند، انجام می‌دهند. در برابر، مردان تمایل دارند خواسته‌های کم‌تری را مطرح کنند، مگر اینکه ثروت‌مند باشند، و زنان معمولاً ویژگی‌های توصیفی کم‌تری از خود را در آگهی‌های خود قرار می‌دهند - حداقل تا زمانی که کاهش باروری آن‌ها، بر جذابیت آن‌ها برای مردان، تأثیر بگذارد. این نمونه‌ای از کاربرد کاوش خوراکی بهینه^(۲) (به پرسش ۱۲ نگاه کنید) در حوزه دیگری است.

پرسش ۷۵ - آیا انسان‌ها واقعاً تک‌جفتی^(۱) هستند؟

بسیاری از ما با آن احساسات و عواطف عجیب و غریبی که آن‌ها را "عاشق شدن" توصیف می‌کنیم، آشنا هستیم - بیانی رویایی، تمرکز بر روی یک شخص خاص، بدون در نظر گرفتن تقریباً هر کسی و هر چیزی (گاهی حتی به میزان از دست دادن اشتها)، دیدی بیش از حد مثبت نسبت به فرد مورد نظر (پدیده "عینک زیبابین"^(۳))، و تمایل بیش از حد برای نزدیک بودن به فرد مورد نظر. البته همه، این احساسات را به یک اندازه تجربه نمی‌کنند، و ممکن است برخی افراد هرگز آن‌ها را تجربه نکنند. اما به طور کلی، عاشق شدن به معنی نزدیک شدن در حد کمال به [معیارهای] جهانی انسان است - و نمونه‌ای از این که چه‌گونه احساسات زیست‌شناسانه ما می‌توانند بر توانایی‌های منطقی زبان‌زد ما چیره شوند^(۲).

[۱] در متن واژه "monogamous" به کار رفته، که معمولاً در انسان، به "تک‌هم‌سری" برگردان می‌شود. از آن جایی که من انسان را موجودی جدابافته نمی‌دانم، از واژه "تک‌جفتی"، که برای همه جانوران مناسب است، استفاده می‌کنم.

[۲] در این‌جا نویسنده خواسته است که با زبان شوخی، عشق و عقل را در برابر هم بگذارد! این کار معمولاً توسط آدم‌های بی‌عقل صورت می‌گیرد.

برای انسان‌ها، عاشق شدن بخش مهمی از روند پیوند بین دو جفت را تشکیل می‌دهد و بیش‌تر (اما نه همیشه) مقدمه‌ای برای یک رابطه بازآوری موفق است. در واقع، بررسی‌ها نشان می‌دهد که شدت عینک زیبابین، که از طریق آن در ابتدای رابطه، به شریک زندگی نگاه می‌شود، مدت زمان دوام این رابطه را پیش‌بینی می‌کند. جالب این‌جا است که از نظر روان‌شناسی، [این نوع نگاه

^(۱) Lonely Hearts.

^(۲) Optimal foraging.

^(۳) Rosy-colored sunglasses.

زیبایی ناهم‌گونی چندانی با نحوه واکنش هر دو جنس زن و مرد نسبت به رهبران کاریزماتیک، [و] خدا و قدیسان ندارد.

اگرچه حتماً این امر، که برخی از روابط عاشقانه می‌توانند یک عمر طول بکشند، درست است، اما انسان‌ها به طور کامل تک‌جفتی نیستند. انسان‌ها در برابر تک‌جفتی مادام‌العمر گونه‌هایی مانند آهوی صخره‌نورد ^{۱} (شاید تک‌جفت‌ترین گونه تمام خانواده گوزن‌ها و آهوان) یا گیبون‌ها، بوزینه‌های شبانه ^{۲} و تی‌تیس ^{۳} (بدون شک تک‌جفت‌ترین میمون‌ها و بوزینه‌ها)، نمایش ضعیفی به عرضه می‌گذارند. در برخی از **[جامعه‌های]** شکارچی-گردآور، که روابط "زناشویی" می‌توانست کاملاً بی‌تشریفات باشد، یک فرد می‌توانست در طول زندگی خود ۱۰ یا ۱۲ شریک زندگی داشته باشد، که فرزندان بسیاری از آن آمیزش‌ها، اگر نه از همه آمیزش‌ها، حاصل می‌شد. این احتمالاً ناهم‌گونی چندانی با آنچه در جوامع غربی مدرن مشاهده می‌کنیم، که در دهه‌های گذشته روابط **[بین افراد]** بسیار کم‌تر رسمی شده، ندارد. در واقع، اکثر جوامع اجازه تعدد زوجات را می‌دهند - بیشتر به نفع مردان، و در موارد معدودی به نفع زنان (مانند تبتی‌ها، مردمان تودا ^{۴} در جنوب هند و نیمبا ^{۵} در نیجریه).

از این دیدگاه، به نظر می‌رسد که انسان‌ها در میانه راه بین پستان‌داران واقعاً تک‌جفتی و پستان‌داران واقعاً **[چندجفتی]** ^{۶} ^{۳} قرار گرفته‌اند. این دوگانگی در بسیاری از شاخص‌هایی که با سامان‌دهی آمیزشی ارتباط دارند، منعکس شده است. برای مثال، درجه دوریختی جنسی ^{۷} در اندازه بدن، پیش‌بینی کننده خوبی برای سامان‌دهی آمیزشی است، عمدتاً به این دلیل که نرها در سیستم‌های **[چند جفتی]** مجبورند برای دسترسی به ماده‌های **[آماده]** باروری با یک‌دیگر بجنگند، و این باعث ایجاد **[نوعی]** مسابقه تسلیحاتی برای بزرگ کردن اندازه بدن، **[به معنی]** ایجاد سلاح بزرگ‌تر، می‌شود. در گونه‌های کاملاً تک‌جفتی، نرها و ماده‌های بالغ، تقریباً یک اندازه هستند، اما در گونه‌های **[چندجفتی]** نرها همیشه بسیار بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند (گوریل‌های نر دو برابر گوریل‌های ماده هستند) ^{۴}. در انسان، اگرچه مردان بزرگ‌تر از زنان هستند، این ناهم‌گونی اندک است - حدود ۷٪ در قد و ۲۰٪ در وزن بدن. اندازه بیضه‌های نرها، یکی دیگر از **[نشانه‌های]** خوب پیش‌بینی کننده سامان‌دهی آمیزشی است، به طوری که نرهای گونه‌های **[چندجفتی]** دارای بیضه‌های بسیار بزرگ‌تر از نرهای گونه‌های تک‌جفتی هستند. انسان‌ها **[از این نظر هم]** دوباره در میانه راه بین دو **[گروه تک‌جفتی و چندجفتی]** قرار دارند.

[۳] نویسنده در اینجا از واژه "بی‌بندوبار = promiscuous" برای شمار جفت‌هایی که یک فرد دارد، استفاده کرده که نوعی ارزش‌گذاری بر رفتار جانوران است، آن هم ارزش‌گذاری بر اساس معیارهایی نامشخص. من به جای "بی‌بندوبار" از "چندجفتی" استفاده می‌کنم.

^{1} Klipspringer antelope.

^{2} Night monkey.

^{3} Titis.

^{4} Toda.

^{5} Nymba.

^{6} Polygamous.

^{7} Sexual dimorphism.

[۴] این جمله به دو دلیل کامل نیست. دلیل اول آن که دوریختی جنسی به وزن محدود نمی‌شود، بلکه در صفات دیگر هم ممکن است دیده شود. دلیل دوم آن است که نویسنده از گونه‌هایی که در آن‌ها جانور ماده بزرگ‌تر است، نام نمی‌برد، و دلیل آن را به بحث نمی‌گذارد.

نشانه‌ای مبهم [در این مورد]، نسبت انگشت دوم و چهارم (انگشت حلقه و انگشت اشاره) است (نسبت 2D:4D) [۵]. این نسبت در گونه‌های تک‌جفتی تقریباً برابر ۱ است، اما در گونه‌های [چندجفتی] از ۱ کوچک‌تر است (انگشت حلقه بلندتر) (هر دو جنس نر و ماده این الگو را نشان می‌دهند). باز هم، انسان‌ها تا حدودی بین این دو محدوده قرار دارند (اگرچه به نظر می‌رسد این امر به این دلیل است که هم مردان و هم زنان دو نوع متمایز را به نمایش می‌گذارند - یکی [چندجفتی] و دیگری [تک‌جفتی]). این نسبت تا حدی با سطوح تستوسترون که جنین در رحم در برابر آن قرار می‌گیرد - که در گونه‌های چندجفتی بیش‌تر از گونه‌های تک‌جفتی است - و حداقل در انسان، توسط آلل‌های خاص [لوکوسی] گیرنده وازوپرسین^(۱) (که از نظر کارکرد، یک هورمون ضدادراری^(۲) است) که یک مرد دارد، تعیین می‌شود. هم نسبت طول انگشتان و هم آلل وازوپرسین، ترجیح مردان برای تعدد شریک جنسی را پیش‌بینی می‌کنند، و این امر، حداقل تا آن‌جا که به نسبت طول انگشتان مربوط می‌شود، در مورد زنان نیز صادق است.

[۵] تمام ادعاهای این بند را باید "شبه دانش = pseudoscience" دانست و آن را جدی نگرفت.

حتی اگر انسان‌ها تک‌جفتی مادام‌العمر نباشند، حداقل می‌توان گفت آن‌ها روابط نزدیک و متمرکز پیوندجفتی^(۳) دارند که چند سال دوام می‌آورد. این به موضوع جالبی ربط پیدا می‌کند که به نام تنگنای دیکن، به نام تری دیکن^(۴)، عصب شناسی که اولین بار به آن اشاره کرد، معروف است. روابط عاشقانه انسانی در یک جامعه بزرگ "چندمرد / چندزن" وجود دارد، با این حال افراد بی‌جفت، تلاش نسبتاً کمی برای دزدی جفت دیگران دارند. در اکثر جامعه‌های دیگر جانوران، این امر به سرعت به [تلاش برای دزدی جفت] منجر می‌شود [۶]. این که چنین چیزی [در انسان] صورت نمی‌پذیرد، و پیوندهای جفتی معمولاً مورد احترام است (هرچند نه همه و همیشه!)، نشان دهنده یک ظرفیت نامعمول، برای مهار آن چیزی است که به نام پاسخ بازتابی^(۵) شناخته می‌شود (در واقع، مشابه تمایلی که کودکان خردسال برای قاپیدن بزرگ‌ترین تکه کیک در یک میهمانی دارند). ظرفیت مهار واکنش‌ها، به این طریق که می‌تواند سهم عادلانه‌ای را به دیگران اختصاص دهد، وابستگی ویژه‌ای به لوب‌های پیشین مغز دارد (ناحیه‌ای که در انسان بی‌اندازه فرگشت یافته است).

[۶] این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

(1) Vasopressin receptor.

(2) Antidiuretic.

(3) Pair-bonded.

(4) Terry Deacon.

(5) Prepotent response.

پرسش ۷۶ - آیا تضاد منافع در فرگشت اجتناب ناپذیر است؟

دیدگاه "ژن خودخواه"^[۱] به ما می‌گوید که هر فردی^[۲] منافع یگانه خود را دارد. این بدان معناست که هر زمان که دو فرد با هم ملاقات می‌کنند، [بروز] تضاد منافع چندان دور [از نظر] نخواهد بود، زیرا هر یک می‌خواهد همیشه کاری را انجام دهد که مطابق منافع خود باشد. سه نمونه نام‌آشنای مهم فرگشتی در این مورد وجود دارد که همه آن‌ها مربوط به سرمایه‌گذاری در فرزندان است^[۳]. یکی تضاد بین والدین و فرزندان بر سر میزان سرمایه‌گذاری روی فرزندان است. مورد دیگر تضاد بین دو جنس در مورد میزان سرمایه‌گذاری هر کدام در فرزندان مشترک آن‌ها است. سوم، تضاد بین ژنوم‌ها برای کنترل نحوه رشد نوزاد است.

[۱] ریچارد داوکینز (Richard Dawkins) بانی یا نام‌آشنا ترین طرفدار دیدگاه "ژن خودخواه" (که آن هم باید "الل خودخواه" خوانده شود) است. این دیدگاه بخشی از دیدگاهی است که به کاردکرد گزینش زیستاری در تراز الل‌ها (ژن‌ها) اولویت می‌دهد. از نظر من، داوکینز در نگره "ژن خودخواه" ساده‌سازی‌هایی می‌کند که فهم آن را، نسبت به نگره‌هایی که اولویت گزینش زیستاری را در تراز فرد یا گروه می‌دانند، برای ناکارشناسان راحت می‌کند. در ضمن ریچارد داوکینز هم آموزگار (پداگوگ) خوبی است، و هم توانایی بالایی در "هنر مناظره" دارد. مجموع این صفات باعث شده که نگره‌های فرگشتی او گسترش عمومی زیادی پیدا کنند، هر چند که در میان دانش‌مندانی که با فرگشت کار می‌کنند، طرفداران زیادی ندارد. در ضمن، ریچارد داوکینز یک آنتیست تهاجمی است (فعالانه آنتیسم را تبلیغ کرده، و با خداباوری مبارزه می‌کند). به همین دلیل در بخش‌های خاصی از مردم ایران طرفداران زیادی دارد. متأسفانه هستند کسانی که چون آنتیسم او را پذیرفته‌اند، برداشت فرگشتی او را هم پذیرفته‌اند. تا آن جا که من می‌دانم، او اولین کسی است که نگره‌ای برای فرگشت خداباوری ارائه داده است. به نظر من این نگره قابل تعمق است. نکته جالب این که نگره او در مورد فرگشت خداباوری از چهارچوب "ژن خودخواه" بیرون می‌رود، و می‌توان اثرهایی از گزینش زیستاری در تراز فرد، یا در تراز گروه، را هم در آن دید.

[۲] این تعبیر نویسنده که "هر فردی منافع یگانه خود را دارد" در تناقض با نگره "ژن خودخواه" است. در این نگره، هر "ژنی" (= اللی) منافع یگانه خود را دارد و از فرد به مانند یک وسیله استفاده می‌کند.

[۳] هر سه نوع مثالی که از آن‌ها نام برده می‌شود، احتمالاً از کتاب "ژن خودخواه = The Selfish Gene" نوشته ریچارد داوکینز در سال ۱۹۷۶ نقل شده‌اند. با خواندن این کتاب متوجه خواهید شد که چه مقدار از نگره‌های داوکینز (که لزومن درست نیستند) به "فرهنگ عامه" نفوذ کرده است.

هنگامی که والدین سهم زیادی در رشد فرزندان خود دارند، ناگزیر عدم تقارن ایجاد می‌شود: فرزندان ترجیح می‌دهند منابع بیش‌تری (خواه شیر باشد یا پول) نسبت به خواهر و برادرشان به آن‌ها داده شود تا بیش‌تر بزرگ شوند، و در رقابت [دست بالا را داشته] باشند، در حالی که والدین دوست دارند منابع خود را به طور عادلانه بین فرزندان خود توزیع کنند (تا حدی برای بهینه کردن برازش خود و تا حدی برای [بیمه کردن خود] در برابر احتمال ناموفق بودن بعضی از فرزندان). این یک نتیجه ساده از قاعده همیلتون است (به پرسش ۲۵ نگاه کنید): یک فرزند، بیش از هر یک از خواهرها و برادرهای فرد، به خود فرد همانند است (مگر این‌که دوقلوهای تک‌تخمی باشند)، بنابراین یک والد باید ترجیح دهد روی یک فرزند سرمایه‌گذاری کند، تا روی هر یک از خواهران و برادران خودش. از سوی دیگر، همانندی هر یک از والدین با همه فرزندان خود یک‌سان است، بنابراین، آن‌ها توزیع عادلانه [سرمایه‌گذاری] را ترجیح می‌دهند. خلق و خوی خشم‌آمیز نوزادان (و شاید نوجوانان) پی‌آمد واقعی این امر است.

با وجود این، گاهی وقت‌ها والدین ترجیح می‌دهند به طور ناهم‌گونی روی فرزندان خود سرمایه‌گذاری کنند. انجام این کار به آن‌ها اجازه می‌دهد تا بهینه کردن برآزش خود را با ماندگاری دودمان و "ژن‌های خود تضمین کنند. در تبت، جایی که زمین نامرغوب است و دسترسی به آن بسیار محدود است، همه برادران موظفند با یک دختر ازدواج کنند^[۴]. برادران همیشه [این وضعیت] را دوست ندارند (هم‌آن‌طور که دختر [همیشه چنین وضعیتی را] دوست ندارد)، اما عرف آن را می‌طلبد: در شرایطی که زمین دیگری وجود ندارد، [این شیوه ازدواج] از تقسیم مزارع خانوادگی به واحدهایی که طی نسل‌های پشت سر هم کوچک‌تر و غیراقتصادی‌تر می‌شوند، جلوگیری می‌کند. از نظر کارکردی، تقریباً همانند راه‌کار اروپایی است که تمام ثروت خانواده را در یک فرزند سرمایه‌گذاری می‌کند، و بقیه فرزندان را به حال خود رها می‌کند. در برخی موارد، والدین حتی ممکن است عمداً شانس ماندگاری فرزندان خود را دست‌کاری کنند، چه با کودک کشی (مانند بسیاری از خانواده‌های راجپوت^[۱] در هند پیش از قرن بیستم) و چه با سرمایه‌گذاری کم. کشاورزان در شمال اروپا در قرون هجدهم و نوزدهم، آن‌چه را که مورخان از آن به نام راه‌برد وارث-و-یدکی یاد می‌کنند، اجرا می‌کردند: این شامل حصول اطمینان از این بود که از شما فقط دو پسر زنده وجود داشته باشد - یکی برای ارث بردن و دیگری هم‌چون یدکی، در صورت مرگ [پسر اول]. این امر با سرمایه‌گذاری بسیار کم‌تر در پسران سوم به بعد صورت می‌گرفت، که نرخ مرگ و میر آن‌ها تا سن یک‌سالگی حتی به ۵۰٪ می‌رسید. به هر حال، این امر بر دختران تأثیر نمی‌گذاشت: همه آن‌ها ارزشمند بودند، زیرا می‌توانستند به ازدواج سایر خانواده‌ها درآیند (و اگر از خانواده‌های دهقانان زمین‌دار بودند، عروس‌های مطلوبی به شمار می‌آمدند).

[۵] البته چندجفتی در تبت، چه برای مردان و چه برای زنان، بخش کوچکی از تمام ازدواج‌هاست. هم‌چنین شرایط تبت هم در طول زمان تغییر کرده است.

مورد دوم تک‌جفتی از نوع پیوندجفتی است. از بسیاری راستاها، این نمونه‌عالی هم‌کاری است: دو فرد نامرتب با یک‌دیگر، در یک کار مشترک (پرورش فرزندان خود)، هم‌کاری می‌کنند. شاید برجسته‌ترین نمونه آن توسط بوزینه‌های مارموزت^[۲] و تمارین^[۳] ارائه شود. در این بوزینه‌های کوچک آمریکای جنوبی، [جانور] نر به طور کامل مسئول مراقبت از نوزادان دوقلو است. ماده در هر بار فقط ۱۰ دقیقه [فرزندان] را برای شیردهی در اختیار دارد، و حتی در این صورت، جانور نر تصمیم می‌گیرد که فرزندان به‌اندازه تغذیه کرده‌اند [یا نه]. تا حدودی، این سیستم نامعمول پرورش فرزندان به این دلیل بوجود می‌آید که ماده، نر را در دام تک‌جفتی قرار می‌دهد: با کمک [جانور] نر، او می‌تواند دو بار در سال، یک جفت نوزاد دوقلو به دنیا آورد، در حالی که اگر [جانور] نر انتخاب کند که برای جستجوی جفت‌های تازه، و بارور کردن آن‌ها تلاش کند، ماده می‌تواند، به دلیل بار ناشی از شیردهی و مراقبت از نوزاد، تنها یک فرزند در سال تولید کند^[۶]. در واقع، ماده، به [جانور] نر پیش‌نهادی برآزش می‌دهد که نر نمی‌تواند [آن پیش‌نهاد را] رد کند. با این حال، این روش تنها به این دلیل ممکن شده است که این گونه‌ها بسیار کوچک هستند. در گونه‌های با

^[۱] Rajput.

^[۲] Marmoset.

^[۳] Tamarin.

اندام بزرگ‌تر که ماده‌ها در هر بار فقط یک فرزند تولید می‌کنند، این راه‌برد امکان پذیر نیست، و ماده‌ها معمولاً [مجبورند] فرزند خود را به تنهایی پرورش دهند [۷].

[۶] نویسنده، دوباره، در این بند از بیانی غایت‌گرایانه استفاده کرده است. دلیلش را هم در اول کتاب آورده است: نوشتن با بیانی غایت‌گرانه ساده‌تر و کوتاه‌تر است. اگر من بدم این‌طور می‌نوشتم: "آن ماده‌هایی که چنین راه‌کاری را به کار می‌برده‌اند، فرزندان بیش‌تری از خود باز گذاشته‌اند. بسیار آهسته، و طی نسل‌های بسیار زیادی، چنین رفتارهایی بسامد (تواتر) بالاتری نسبت به رفتارهای دیگر پیدا کرده‌اند، و در این گونه، تثبیت شده‌اند."

[۷] این چیزهایی که نویسنده در ارتباط با وزن بدن و رفتارهای خانوادگی گفته است "می‌تواند" درست باشد، ولی "می‌تواند" یک نمونه منفرد باشد که نویسنده در پیرامون آن داستان‌سرایی کرده است! پرسش این است که چه نشانه‌هایی برای این ادعا وجود دارد؟ موش هم وزن کمی دارد. خرگوش هم وزن کمی دارد. ولی آن‌ها این شیوه رفتار خانوادگی را ندارند. دوباره می‌گوییم، در فرگشت/زیستار، در مورد هر پدیده‌ای، پراکندگی فراوانی وجود دارد.

در گونه‌های تک‌جفتی، بدیهی است که هر دو سو به نتیجه [آمیزش] دل‌بسته هستند، اما از آن‌جا که ماده و نر با یک‌دیگر ارتباط [خویشاوندی] ندارند (بنابراین گزینش خویشاوندی وجود ندارد [۸]) (به پرسش ۲۵ نگاه کنید)، تنگنای کالای عمومی (به پرسش ۷۳ نگاه کنید) عامل اصلی است: همیشه این وسوسه وجود دارد که کمی کمتر از شریک جنسی سرمایه‌گذاری شود. اگرچه تک‌جفتی در پرندگان یک هنجار است (زیرا هر دو جنس می‌توانند به یک اندازه در کار پرورش [فرزندان] مشارکت داشته باشند)، اما اگر محیط غنی باشد، و اگر ماده‌ها حاضر به پذیرش بار اضافی پرورش فرزندان باشند، نرها گاهی وقت‌ها سعی می‌کنند با یک ماده دیگر، لانه دومی را ایجاد کنند [۹]. با همین استدلال، ماده‌ها همیشه دل‌بسته به آمیزش با نرهای دیگر هستند، به شرط آن که این امر به آن‌ها امکان گزینش بهتر اسپرم برای بارور کردن تخمک خود را بدهد. آمیزش خارج‌جفتی (EPC^(۱))، بین ۵٪ تا ۳۵٪ تمام لقاح‌های گونه‌های پرندگان را در بر می‌گیرد. جفت‌گیری با "مرد همسایه" تا ۱۲٪ از فرزندان گیبون‌ها را که تک‌جفتی اجباری دارند ایجاد می‌کند و برآورد می‌شود که ۵٪ تا ۱۰٪ تمام لقاح‌ها در انسان از این راه باشد.

[۸] این "جمله معترضه" که نویسنده آن را در کمانه آورده، به احتمال زیاد به بدفهمی خواهد انجامید. خاست‌گاه بدفهمی این است که در یک جمعیت واقعی، اندازه جمعیت همیشه محدود است، و به ناچار افراد تا درجه‌ای با هم ارتباط خویشاوندی دارند. البته در مدل‌های ریاضی/آماري که برای بررسی دانشیک ساخته می‌شوند، می‌توان اثرات عامل‌های گوناگون را جدای از هم در نظر گرفت. بنابراین، آن چیزی که این جمله می‌خواهد بگوید آن است که اگر "یک جمعیت بزرگ را در نظر بگیریم که میزان گزینش خویشاوندی در آن قابل چشم‌پوشی باشد، آن موقع تنگنای کالای عمومی، اثر زیادی روی رفتارهای خانوادگی پیدا خواهند کرد".

[۹] نویسنده بار دیگر از بیان غایت‌گرایانه استفاده کرده است. این کاری که به نرها نسبت می‌دهد در اثر انتخاب آگاهانه نرها، یا پس از مذاکره یک نر و یک ماده صورت نمی‌گیرد. بلکه آن پرندگان نری که چنین رفتارهایی را، زیر شرایط خاصی، انجام داده‌اند، فرزندان زیادتری از خود به جا گذاشته‌اند، پس از طی نسل‌های بسیار زیاد، بسامد این رفتار در آن گونه بالا رفته است!

(1) Extrapair copulation.

مثال سوم در لحظه لقاح شروع می‌شود. از آن‌جا که دو جنس از نظر سودِ بازآوری با یک‌دیگر ناهم‌گونی دارند، پدران می‌خواهند به هزینه مادر، سرمایه‌گذاری در فرزندان خود را به حداکثر برسانند (به ویژه اگر این خطر وجود داشته باشد که پدر، فرزند دیگری [با آن مادر] نداشته باشد)، در حالی که مادر می‌خواهد اطمینان حاصل کند که نوزاد آن‌قدر او را خسته نمی‌کند که ماندگاری یا فرصت‌های بازآوری او در آینده، مورد تهدید قرار گیرد. در نتیجه، تضادی اجتناب‌ناپذیر بین ژنوم‌های [۱۰] آن‌ها در مورد کنترل رشد (و به ویژه مطالبه‌گری فرزندان) وجود خواهد داشت. یکی از توضیحات احتمالی برای نقش‌گذاری ژنومیکی ^(۱) (به پرسش ۲۲ نگاه کنید) این است که تضاد والدین بر سر کنترل جنین و رشد آن، باعث آن می‌شود.

[۱۱] این حرفی که می‌زنم، ممکن است مته به خشخاش گذاشتن یا بیش از حد فلسفی به نظر بیاید، اما وقتی درباره نگره‌هایی که بر پایه "گزینش زیستاری در تراز ژن" فکر می‌کنیم، بهتر است که خود را به یک لوکوس (ژن) محدود کنیم. به کار بردن از واژه ژنوم، به علت نزدیکی این واژه به واژه "فرد"، باعث مخلوط کردن ترازهای گوناگون گزینش زیستاری شده، و نگره "ژن خودخواه"، استحکام درونی خود را از دست می‌دهد. بنابراین، به نظر من، بحث "تضاد دو ژنوم" بیرون از چهارچوب نگره "ژن خودخواه" است.

پرسش ۷۷ - آیا ناهم‌گونی‌های جنسی در رفتار وجود دارد؟

بحث‌های زیادی در مورد ناهم‌گونی جنسی در رفتار یا شناخت ^(۲) وجود دارد. در واقع، احتمالاً این خسته‌کننده‌ترین موضوع در کل روان‌شناسی بوده است. در واقع، حداقل در انسان‌ها، ناهم‌گونی [دو جنس] در توانایی‌های فکری، بسیار کم است. به نظر می‌رسد که مردان واقعاً در مشکل‌های [مربوط به] فضای [سه‌بعدی] (و شاید در نتیجه خواندن نقشه) بهتر عمل می‌کنند و هم‌چنین ممکن است در کارهای انتزاعی ^[۱] بهتر کار کنند، در حالی که زنان در انجام وظایف اجتماعی، زبان و برخورد با فرزندان بسیار بهتر از مردان هستند ^[۲]. همین! ناهم‌گونی بیش‌تری وجود ندارد. این دو جنس در بیش‌تر کارهای فکری به یک اندازه خوب هستند.

[۱] در این بند چند واژه آمده است که در چند معنی استفاده می‌شوند. مثلاً واژه abstract را هم می‌توان انتزاعی (آهنجیده) برگردان کرد و هم بسیط (ساده). البته معنای خلاصه هم دارد.

[۲] بوی نگاهی مردسالارانه به مشام می‌خورد! بهتر است به انتخاب مثال‌ها در ادامه این بند توجه کرد.

ناهم‌گونی‌های جنسی در راهبردهای بازآوری، که بر پایه زیست‌شناسی پستان‌داران قرار دارند، از همه مهم‌تر هستند. از آن‌جا که ماده‌ها در پستان‌داران سهم بیش‌تری از سرمایه‌گذاری در زمینه بازآوری را به عهده دارند و نوزادان پستان‌داران ضعیف‌تر هستند، به سازوکاری نیاز است تا اطمینان حاصل شود که پرستار نوزادان، آن‌ها را زودتر از موعد رها نمی‌کنند ^[۳]. از آن‌جا که این امر مهم‌تر از آن است که به شانس واگذار شود، به نظر می‌رسد که کل این روند خودکار بوده و خارج از کنترل ما باشد. خودِ زایمان، و متعاقب آن شیردهی، باعث ترشح اکسی‌توسین می‌شود، و این عاملی برای پیوند ژرف و آبی بین مادر و نوزاد است (به پرسش ۱۳ نگاه کنید). نرها مشابه این اثر را تجربه

(۱) Genomic imprinting.

(۲) Cognition.

نمی‌کنند. در برخی از گونه‌های موش صحرایی، نرها پس از بارور شدن یک ماده، در کار پرورش مشارکت نمی‌کنند، و بیش‌تر با جانوران دیگر رفتار بسیار تهاجمی دارند. تزریق اکسی‌توسین به مغز این نرها باعث می‌شود که آن‌ها تحمل بیش‌تری داشته باشند، و مایل باشند تا در کنار ماده، در حالی که ماده نوزاد را پرورش می‌دهد، بمانند.

[۳] به قول قدیمی‌ها "صدر و ذیل" این جمله با هم نمی‌خواند! ضعیف بودن نوزادان پستان‌داران، دلیل بسنده برای مراقب دراز مدت از آن‌ها است. میزان سرمایه‌گذاری این جنس یا آن جنس، تغییری در این امر نمی‌دهد.

از آن‌جا که دو جنس در سرمایه‌گذاری اولیه خود در تخمک‌های گران‌قیمت و اسپرم ارزان‌قیمت ناهم‌گونی دارند، پرندگان و پستان‌داران ماده، نسبت به نرها، معمولاً تصمیم‌های بسیار پیچیده‌تری برای گزینشِ جفت می‌گیرند. اگر همه چیز خوب پیش نرود، ماده‌ها چیزهای بیش‌تری از دست می‌دهند، و همیشه سعی می‌کنند بین چند معیار متضاد (مثلاً [الل]‌های خوب [۴] در برابر منابع ممکن برای پرورش) هم‌ترازی برقرار کنند. این امر، هم‌آن قدر در انسان صادق است، که در هر پستان‌دار دیگری (به پرسش ۷۴ نگاه کنید).

[۴] در این‌جا نویسنده از "ژن‌های خوب" استفاده کرده است (که من آن را به "الل‌های خوب" عوض کرد. اما این واژگان می‌تواند بدفهمی ایجاد کند، که در ایران کرده است. چیزی به نام الل خوب یا بد نداریم. راه به‌تر نوشتن، که می‌تواند به کم شدن میزان بدفهمی کمک کند، آن است که بگوئیم "ترکیب خوبی از الل‌ها".

در برداشت نخستینِ داروین از گزینشِ جنسی، نرها یا به نمایشی برای ماده‌ها می‌پردازند (و ماده‌ها از بین نرها انتخابی می‌کنند: گزینش بین جنسی^(۱)) یا نرها با یک‌دیگر مبارزه می‌کنند (و ماده‌ها هر کدام را که برنده شده باشد قبول می‌کنند: گزینش درون‌جنسی^(۲)) (به پرسش ۶ نگاه کنید). به نظر می‌رسد که انسان‌ها هر دو راه‌برد را دنبال می‌کنند: نرها [۵] هم نمایش می‌دهند (از طریق رقصيدن، لاف زدن، قصه گویی، شوخی، ریسک کردن) و هم مستقیماً با یک‌دیگر رقابت می‌کنند (با مبارزه یا ترساندن رقیب). در عین حال، نشانه‌های محکمی برای گزینش توسط ماده‌ها در رابطه‌های عاشقانه وجود دارد: به نظر می‌رسد که ماده‌ها خیلی زودتر از نرها، تصمیم خود را می‌گیرند، و سپس بی‌درنگ به سراغ نرِ گزینش شده می‌روند تا او تسلیم شود.

[۵] نویسنده از واژه "female" و "male" استفاده کرده است، که همان "ماده" و "نر" می‌شود!

در اسب‌های وحشی، بابون‌ها، شامپانزه‌ها، و انسان‌ها، توانایی یک ماده برای پرورش موفق فرزندانش به شمار 'دوستان' (یا متحدان) او بستگی دارد. چنین مواردی به این واقعیت اشاره می‌کند که مهارت‌های اجتماعی ماده‌ها، بسیار به‌تر از نرها است. برای مثال، دختران زودتر از پسران زبان می‌آموزند و به طور کلی در دوران کودکی در آن مهارت بیش‌تری دارند [۶]. ماده‌ها [۷] هم‌چنین هم‌واره در مهارت‌های اجتماعی و توانایی خود در اداره موقعیت‌های اجتماعی به‌تر هستند. آن‌ها در مهارت‌های ذهنی‌سازی به‌تر از مردان هستند (به پرسش ۶۹ نگاه کنید) و در نتیجه حلقه‌های اجتماعی بزرگ‌تری دارند. آن‌ها هم‌چنین دوستی‌های بسیار صمیمی‌تری نسبت

(1) Intersexual selection.

(2) Intrasexual selection.

به مردان دارند. شاید در نتیجه، آن‌ها تمایل زیادی برای حفظ روابط دارند، حتی در شرایطی که انجام این کار از نظر جسمی دشوار است (برای مثال، هنگامی که دوستان [خانه خود را عوض کرده‌اند]). در برابر، به نظر می‌رسد که نرها بر اساس اصل "[از دل برود، هر آن که از دیده برفت]"^{1} عمل می‌کنند: اگر به‌ترین دوست آن‌ها دور شده باشد، آن‌ها به سادگی شخص دیگری را برای جای‌گزینی پیدا می‌کنند^[8]. اما، ماده‌ها کم‌تر از نرها نسبت به تخلفات، گذشت می‌کنند. از آن‌جا که مهارت‌های اجتماعی به ندرت در بحث‌های (بیش‌تر تند) در مورد ناهم‌گونی‌های جنسی مورد توجه قرار می‌گیرد، این ناهم‌گونی‌های نسبتاً چشم‌گیر اجتماعی، تقریباً همیشه نادیده گرفته می‌شوند.

[6] نویسنده در این بند مرتب بین انسان و دیگر جانوران پس و پیش می‌کند.

[7] نویسنده از واژه "زن" و "مرد" استفاده کرده است، اما از آن جایی که من انسان را جدابافته نمی‌دانم، از دو واژه "ماده" و "نر" استفاده کردم!

[8] متأسفانه در چنین مباحثی نویسنده دیدگاهی کمی (quantitative) ندارد. در کمتر موضوعی "تک‌روشی" حاکم است و معمولاً افراد گوناگون، روش‌های گوناگونی به کار می‌برند. بهتر بود که نویسنده می‌گفت که میزان تقریبی استفاده از روش‌های گوناگون چقدر است.

پرسش ۷۸ - چرا سامان‌دهی آمیزشی در بین گونه‌ها ناهم‌گون است؟

بسیاری از گونه‌ها تخم‌های بارور شده خود را در محیط می‌ریزند، و آن‌ها را رها می‌کنند تا به رشد خود تا بزرگ‌سالی برسند. سایر گونه‌ها سرمایه‌گذاری بیش‌تری در پرورش [فرزندان] می‌کنند تا بخت رسیدن هر فرزند به بزرگ‌سالی بیش‌تر شود (به پرسش ۵۹ نگاه کنید). این کار معمولاً، اما نه همیشه، توسط ماده‌ها انجام می‌شود. برای مثال، در برخی از ماهی‌ها، ماهی نر تخم‌های در حال رشد را در لانه نگه می‌دارد (مانند ماهی سه‌خاره^{2}) یا تخم‌ها را، و سپس نوزادان جوان در حال رشد را، در دهان خود حمل می‌کند (سیکلیدها^{3}) این کار را انجام می‌دهند، یا حتی آن‌ها را به صورت داخلی رشد می‌دهند و نوزادان زنده را به دنیا می‌آورند (مانند اسب دریایی^{4}) و لوله‌ماهی^{5}). جنس نر وزغ^{6} ماما تخم‌های بارور شده را که در پوست پشت بدن جا می‌گیرند، تا زمانی که به صورت وزغ‌های ریز در آیند، حمل می‌کند. حتی در برخی از پرندگان فقط نرها از فرزندان مراقبت می‌کنند: در شترمرغ‌ها، برخی از ستینت‌ها^{7} [1]، آبچلیک‌ها^{8} و برکه‌نوردها^{9}، ماده‌ها تخم‌های خود را در لانه چندین نر می‌گذارند و نرها تمام مراقبت را انجام می‌دهند. معروف است که [پرنده]

{1} Out of sight, out of mind.

{2} Stickleback.

{3} Cichlid.

{4} Seahorse.

{5} Pipefish.

{6} Midwife toad.

{7} Stint.

{8} Sandpiper.

{9} Jacana.

نر پنگوئن امپراتور^{۱} تک تخم گول پیکر خود را بر روی پاهای خود که توسط یک شکاف شکمی پوشانده می‌شود قرار داده و در طول زمستان قطب جنوب حمل می‌کند، در حالی که [پرنده] ماده برای لذت بردن از آب‌های گرم‌تر به جنوب آفریقا می‌رود، تا چند ماه بعد برای کمک به نگهداری از جوجه پس از این که از تخم درآمد، بازگردد.

[۱] نوعی پرنده ساحلی.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=484725>

اگرچه برخی از گونه‌های پرندگان (مانند مرغ و اردک) دارای نوزادانی هستند که می‌توانند به محض بیرون آمدن از تخم [غذا خوردن را شروع] کنند (با این حال، هنوز هم باید از آن‌ها در برابر شکارگران مراقبت کرد!)، اما بسیاری از پرندگان و همه پستان‌داران در شروع باید به نوزادان خود خوراک بدهند. برای اکثر گونه‌های پرندگان، این شامل انتقال حشره‌ها یا ماهی به لانه است و هر دو جنس [نر و ماده] معمولاً در این وظیفه سهیم هستند. با این حال، چند پرنده (خانواده کبوتر) و همه پستان‌داران نوزادان خود را از شیر تولید شده در داخل [بدن] تغذیه می‌کنند. در کبوترها، هر دو جنس با برداشتن پوشش گلو و غرغره کردن آن برای نوزادان خود "شیر" تولید می‌کنند. البته در پستان‌داران، فقط ماده از طریق سازوکار بسیار ویژه غده‌های پستانی شیر تولید می‌کند. از آن‌جا که این کار تنها توسط یک جنس قابل انجام است، اکثر پستان‌داران ماده بدون کمک جانور نر، نوزادان خود را پرورش می‌دهند. با این حال، در برخی از گونه‌ها، نرها می‌توانند با حمل بچه (بوزینه‌های مارموزت و تمارین) یا دفاع از گستره خوراکی به ماده کمک کنند. وقتی نرها از [هر] راهی، به ماده‌ها کمک می‌کنند، نتیجه تقریباً همیشه تک‌جفتی هستند. در غیر این صورت، سامان‌دهی آمیزشی به صورت پیش‌فرض، نوعی [چندجفتی ناپایدار] یا چندجفتی [پایدار] است که در آن نرها از گروه‌هایی از ماده‌ها دفاع می‌کنند.

به دلیل ناهم‌گونی در توانایی‌های دو جنس در پرورش نوزادان، ۹۵٪ از گونه‌های پستان‌داران چندجفتی هستند، در حالی که حدود ۸۵٪ از گونه‌های پرندگان تک‌جفتی هستند زیرا هر دو جنس می‌توانند به نوزادان خوراک بدهند. خانواده سگ‌ها (گرگ، روباه، کویوت^{۲} و غیره) یک استثنا در پستان‌داران است: تمام گونه‌های [این خانواده] تک‌جفت هستند، اما دلیل آن است که نرها، ماده‌ها و توله‌ها را با گوشت نیمه هضم شده، که او [در طول شکار خورده و برگردان (غرغره)^{۳}

^{۱} Emperor penguin.

^{۲} Coyote.

^{۳} Regurgitate.

می‌کند، برای تغذیه ماده و از شیرگرفتن [فرزندان] به آن‌ها می‌دهد. این روشی است که در مورد گوشت کار می‌کند، اما برای خوراکی‌های گیاهی کارکرد ندارد [۲].

[۲] مطمئن نیستیم که این حرف درست باشد. در پرندگان این سازوکار در مورد دانه‌ها به کار می‌رود. افزون بر آن، بعضی از گونه‌های خفاش‌ها، هم‌این سازوکار را، با خون به کار می‌برند. چنین خفاش‌هایی حتی خون برگردانده را برای هم‌گروه‌های ضعیف خود به کار می‌برند.

اتخاذ روش توسط جانوران در این زمینه بستگی به میزان سرمایه‌گذاری والدین در نیاز فرزندان دارد (بیش‌تر بازتاب اندازه مغز آن‌ها است: به پرسش ۸۵ نگاه کنید): این‌که نر با چه [هزینه‌ای] می‌تواند در امر پرورش [فرزندان] مشارکت کند، و این‌که ماده‌ها [چه قدر] در محیط [حرکت می‌کنند]. اگر خطر شکار کم باشد، ماده‌ها ممکن است ترجیح دهند به تنهایی [در محیط گسترده شوند] (به پرسش ۸۲ نگاه کنید)، و نرها مجبور به تک‌جفتی و ارائه خدماتی به ماده‌ها (مانند دفاع از [امکان] جفت‌گیری، محافظت از فرزندان در برابر فرزندکشی) شوند، [که در آن صورت]، پای‌بندی به یک ماده، ارزش‌مند می‌شود. اگر چنین مزیتی وجود نداشته باشد، به سود نر است که از گستره‌ای که دارای چندین ماده است دفاع کند و آمیزش چندجفتی داشته باشد. اگر خطر شکار زیاد باشد، ماده‌ها به احتمال زیاد برای محافظت دور هم جمع می‌شوند (به پرسش ۸۱ نگاه کنید) و نرها احتمالاً با گروهی از ماده‌ها ارتباط برقرار کرده، و از آن‌ها در برابر نرهای رقیب دفاع می‌کنند. اگر شمار ماده‌ها زیاد شود، نرها نمی‌توانند از پیوستن سایر نرها به گروه جلوگیری کنند. در این صورت، نر از دفاع از گروه، به دفاع از یک ماده منفرد در زمان تخم‌ریزی، حرکت می‌کند، و هر ماده دیگری را که هم‌زمان در [مرحله] تخم‌ریزی قرار می‌گیرد را رها می‌کند تا با نرهای دیگر جفت‌گیری کند. بار دیگر، افراد بین فرصت‌ها و محدودیت‌هایی که [در اختیار دارند]، تاخت می‌زنند [۳].

[۳] واژگان "trade off" واژگانی بسیار رایج در بحث‌های فرگشتی، مخصوصاً از دیدگاه‌های بوم‌شناسی، جانورشناسی، زیستارشناسی (طبیعت‌شناسی)، و دیگر رشته‌های مشابه این‌هاست. این واژگان حتی در ژنتیک جمعیت هم زیاد به کار می‌رود. من این واژگان را به "تاخت زدن" برگردان کرده‌ام. در ژنتیک کمی، به جای "trade off"، از مفهوم هم‌بستگی ژنتیکی (genetic correlation) استفاده می‌شود. بنابراین هر گاه در متن‌های فرگشتی، از تاخت زدن بین دو ویژگی سخن می‌رود (مثلاً در این جا، تاخت زدن بین "خطر شکار" و "شمار ماده‌های در دسترس برای جفت‌گیری برای یک جانور نر") به این معنی است که آن دو ویژگی، با هم "همبستگی ژنتیکی منفی" دارند.

پرسش ۷۹ - آیا رفتار انسان همیشه سازگارانه است؟

در مورد این‌که آیا رفتار انسان، در جهان مدرن، سازگارانه ^(۱) است [یا نه] بحثی قدیمی وجود دارد، به این معنا که آیا رفتار انسان ^(۲) به گونه‌ای شکل گرفته که به هر فردی اجازه بدهد که سهم خود را در مجموعه [ژنتیکی] آینده گونه [انسان] بیشینه کند ^(۳). کسانی که ادعا می‌کنند [رفتارها] سازگارانه نیستند، خاطرنشان می‌کنند که در جهان مدرن، مردم داوطلبانه شمار فرزندان خود را محدود می‌کنند، یا حتی گاهی تصمیم می‌گیرند که اصلاً فرزندى نداشته باشند. این به شکل مشکوکی همانند دگردوستی ژنتیکی است. ادعای جای‌گزین این است که فرگشت فرهنگ، به ما

^(۱) Adaptive.

این امکان را داده است که محیط خود را آن قدر تغییر دهیم، که ژن‌های ما وقت لازم برای سازگاری را نداشته‌اند ("ذهن عصر حجر در بدن عصر فضا").

[۱] در پیش‌گفتار مترجم، به برداشت‌های سازگاران از فرگشت اشاره کردم و این‌طور نوشتم که "برنامه سازگاری‌نگران (adaptationist program)" یا "سازگاری‌نگری (adaptationism)"، نوعی نگرش است که در آن هر پدیده‌ای را می‌توان به سازگاری (adaptation) با عاملی بیرونی، از طریق گزینش زیستاری (natural selection) نسبت داد. در چنین نگاهی، نیروهای دیگر فرگشتی (سامان‌دهی آمیزشی، مهاجرت، جهش ژنتیکی، و روندهای تصادفی) فراموش می‌شوند. در حالی که بسیاری از پدیده‌ها را می‌توان با نیروهای دیگر فرگشتی، به صورت بسیار ساده، توضیح داد. نویسنده در چند جای کتاب، مثلاً در پرسش ۳۹ و ۶۸ و به خصوص در این پرسش، تکیه زیادی به نگرش سازگاران‌نگری داشته است. خواننده بهتر است توجه کند که برای مثال‌هایی که در این‌جا می‌آیند، می‌توان توضیح‌های دیگری را هم فراهم آورد.

[۲] در این‌جا بهتر است به جای "رفتار" از "رفتارها" استفاده شود. زیرا، حتی برای رسیدن به هدفی یکسان (که "ممکن" است بالا بردن سهم خود در مجموعه ژنتیکی آینده گونه انسان باشد)، انسان‌ها به طور فردی یا در گروه‌های کوچک، معمولاً روش‌های ناهم‌گونی را به کار می‌برند. (نگاه کنید به پانویست پس از این.)

[۳] در این‌جا باز هم بیانی "غایت‌گرایانه" به کار رفته است. امری که در این‌جا به آن اشاره می‌شود (بالا بردن سهم خود در مجموعه ژنتیکی آینده گونه) امری عمومی است و هم آن قدر که در مورد انسان صدق می‌کند، در مورد گیاهان و باکتری‌ها و ویروس‌ها هم صدق می‌کند. بنا براین هیچ فردی، چه انسان باشد و چه باکتری، "انتخاب" نمی‌کند که این کار را بکند و یا آن کار را نکند. بلکه یک فرد، این کار را می‌کند، و یک فرد دیگر، یک کار دیگر می‌کند. نتیجه بعضی کارها آن است که سهم فرد انجام دهنده آن کار، در مجموعه ژنتیکی نسل آینده زیاد می‌شود. یا بر عکس، نتیجه بعضی کارها آن است که سهم فرد انجام دهنده آن کار، در مجموعه ژنتیکی نسل آینده کم می‌شود.

چند چیز اشتباه در مورد ادعای جای‌گزین وجود دارد. اول، تنها به این دلیل که افراد فرزندان کم‌تری، نسبت به آن‌چه می‌توانند تولید کنند، دارند، به این معنا نیست که رفتار آن‌ها زیر تأثیر گزینش زیستاری داروینی نیست [۴]. این ادعا نمی‌تواند [این موضوع را توضیح دهد] که همه روندهای فرگشتی شامل مبادلات پیچیده‌ای هستند، همان‌طور که اصل لک^(۱) و مفهوم همیلتون درباره برازش دربرگیر به ما یادآوری می‌کنند (به پرسش ۲۵ نگاه کنید). فرگشت فقط این نیست که تا آن‌جا که می‌توانید بچه‌اندازی کنید، فرگشت در مورد به حداکثر رساندن شمار فرزندان است که به بزرگسالی می‌رسند و به نوبه خود بازآوری می‌کنند. برازش به شمار نوه‌ها و نتیجه‌ها بستگی دارد، و نه به شمار فرزندان. این واقعیت که افراد با زمینه‌های گوناگون روبرو هستند (به ویژه در گونه‌هایی که [ساختار] پیچیده اجتماعی دارند) به این معنی است که ممکن است چندین روش جای‌گزین، و به یک اندازه خوب، برای حل مشکل چه‌گونگی بیشینه کردن برازش وجود داشته باشد. تحلیل بسیار پیچیده‌تری نسبت به آن‌چه در این نوع نقدها [ی جای‌گزین] وجود دارد، مورد نیاز است.

[۴] افتادن از پشت بام بد است، چه از این سوی و چه از آن سوی! در میان کسانی که با فرگشت کار می‌کنند، کسانی هستند که می‌خواهند هر پدیده‌ای را با گزینش زیستاری توضیح بدهند، و نقش دیگر عامل‌ها (مانند جهش، مهاجرت، روندهای تصادفی و سامانه‌های آمیزشی) را نادیده می‌گیرند و یا انکار می‌کنند. به نظر می‌رسد که نویسنده کتاب

^(۱) Lack principle.

چنین تفکری دارد. نظر من این است که گزینش زیستاری، تنها علتِ تغییرهای فرگشتی نیست. برداشت من از داروین هم این است که او نقش عامل‌های دیگر را می‌پذیرفته است.

از یکی از قبایل ساکنین قدیمی آمریکای شمالی، شهین^(۱) مثالی [در این زمینه] وجود دارد. آن‌ها دو نوع رئیس داشتند: رئیس‌های موروثی صلح، که جامعه را اداره می‌کردند و رئیس‌های جنگ، که از قبیله در برابر مهاجمان دفاع می‌کردند. رئیس‌های جنگ، سوگندِ مجرد می‌خوردند و عهد می‌کردند که تا زمانی که پیروز نشده‌اند، هرگز میدان جنگ را ترک نکنند. با این حال، اگر رئیس‌های جنگی زنده می‌ماندند، می‌توانستند از عهد خود آزاد شده و ازدواج کنند. وقتی آن‌ها این کار را می‌کردند، بیش‌تر [جذابیت زیادی داشتند]، به احتمال زیاد به همان دلیلی که زهوی^(۲) در اصلِ معلولیت به آن اشاره کرده بود (به پرسش ۶ نگاه کنید). به طور میانگین، رئیس‌های صلح ۳.۸ فرزند داشتند، در حالی که رئیس‌های جنگی تنها ۲.۶ فرزند داشتند^[۵]. با این حال، پراکندگی^[۶] بازآوری برای رئیس‌های جنگی بسیار بیش‌تر بود، زیرا بسیاری از آن‌ها در جنگ جان باختند و هرگز فرصتی برای ازدواج نداشتند. در واقع، کسانی که از میدان جنگ، جان سالم به در بردند، از نظر بازآوری، بسیار موفق‌تر از اکثر رئیس‌های صلح بودند. آن‌ها برای یک جایزه بسیار بزرگ‌تر، ریسک بیش‌تری کردند.

[۵] هرگاه در جایی عددی را می‌بینید، از خود بپرسید، این عدد چه گونه به دست آمده است؟ در این مورد خاص، چند قبیله شهین در یک بررسی آماری شرکت کرده‌اند؟ این بررسی چه بازه زمانی را در بر گرفته است؟ پسین‌ترین باری که قبیله‌های شهین "رئیس‌های جنگی" داشتند شاید ۱۴۰ سال پیش بوده است. چه کسی و با چه روشی این بررسی آماری را انجام داده است؟

[۶] در این جا نویسنده از واژه پراکندگی (variation) استفاده کرده، اما گمانم بر این است که منظورش پراکنش (variance) بوده است. معنای این ناهم‌گونی این است که عدد ۲.۶ از تمام رئیس‌های جنگی به دست آمده، چه آن‌هایی که کشته شده‌اند و فرزندی نداشتند، و چه آن‌هایی که زنده ماندند و فرزنددار شدند. بنابراین، آن رئیس‌های جنگی که ازدواج کرده‌اند، به طور میانگین بیش از رئیس‌های صلح، فرزند داشته‌اند.

با این حال، چیز دیگری در مورد رئیس‌های جنگی وجود دارد که [به‌تر است به آن توجه کنیم]. در حالی که رئیس‌های صلح، عنوان خود را به ارث برده بودند، اکثر رئیس‌های جنگ در پائین درجات اجتماعی قرار داشتند، و از تبعیض قابل توجهی رنج می‌بردند. انتخاب [برای] آن‌ها بین این بود که ریسک کشته شدن، یا مظلومیتِ اجتماعی را، بپذیرند، و بعید بود که ازدواج کنند، زیرا آن‌ها چیزی برای ارائه به عروس خود نداشتند. تنها راهی که کودکان بی سرپرست می‌توانستند در رقابت با رقبای با شرایطِ بهتر به سر ببرند، این بود که ریسک‌های بزرگی را بپذیرند. رئیس‌های جنگ و صلح یک راه‌برد کلاسیک با "ریسک بالا / سود بالا" در برابر "ریسک کم / سود کم" را نشان می‌دهند: بدون شک مسیرِ رئیس صلح، امن‌ترین راه بود، اما برای مردانِ یتیم، گزینه دیگری وجود نداشت. آن‌چه این مثال را بسیار آموزنده می‌کند این است که سوابق جمعیت‌شناختی نشان می‌دهد که سود و هزینه راه‌بردها، یک‌دیگر را منعکس می‌کنند: این دو راه‌برد در هم‌ترازی فرگشتی بودند (یا آن‌چه که زیست‌شناسان از آن به نام راه‌برد پایدار فرگشتی

(1) Cheyenne.

(2) Zahavi.

یا ESS^(۱) یاد می‌کنند). شما در هر دو صورت می‌توانید به یک اندازه [دست‌آورد] داشته باشید، اما این‌که کدام گزینه را ترجیح می‌دهید بستگی کامل به شرایط خودتان دارد.

ادعای مکرر دیگر این است که فرهنگ، محیط ما را تغییر داده است به طوری که ژن‌های ما، و رفتاری که آن‌ها به وجود می‌آورند، با شرایط [امروز] ما نامناسب است. برخورد با این ادعا به راستی بسیار ساده‌تر است. رفتار اکثر پستان‌داران بزرگ (و بخصوص انسان‌ها) [در یک رابطه] ساده با ژن‌ها تعیین نمی‌شود. یک نکته در مورد داشتن یک مغز بزرگ این است که بتوانید رفتار خود را به صورت روزمره با توجه به شرایط متغیر فرد، تنظیم کنید. در واقعیت، بیش‌تر زمینه‌هایی که ما در آن تصمیم‌های بازآوری خود را می‌گیریم، از دوران پلیستوسن^(۲) [۷] اصلاً تغییر نکرده است. ما هنوز در مورد شریک آمیزشی خود، که از نظر کیفیت ناهم‌گون هستند، رقابت می‌کنیم؛ ما هنوز در مورد به‌ترین روش سرمایه‌گذاری روی فرزندان و نوه‌های خود تصمیم می‌گیریم؛ و ما هنوز تصمیم می‌گیریم که چه خوراک‌هایی را بخوریم و چه خوراک‌هایی را نخوریم. شرایطی که در آن، این کارها را انجام می‌دهیم ممکن است تغییر کرده باشد، اما پی‌آمد گزینش‌های ما، یا توانایی ما در تصمیم‌گیری کارآمد، تغییر نکرده است [۸].

[۷] دوران پلیستوسن از حدود ۲.۶ میلیون سال پیش شروع شده و حدود ۱۱۷۰۰ سال پیش تمام شده است.

[۸] من با این نظر مخالفم. یک مثال که بر خلاف نظر نویسنده این کتاب است، تصمیم ما برای شمار فرزندان است. با حرکت از زندگی روستایی و کار کشاورزی به زندگی شهری و کار صنعتی و یا خدماتی (و همچنین تحصیل و رفاه بیش‌تر) تصمیم گرفته‌ایم که شمار فرزندان ما کم‌تر باشد.

نکته این است که این رفتارهای ما نیست که از نظر ژنتیکی به ارث رسیده است. بلکه ظرفیت (یا قدرت مغز) برای تصمیم‌گیری و انگیزه‌ها (یا حالت‌های مطلوب)، که اهداف فرگشتی را ارائه می‌کنند، از نظر ژنتیکی تعیین شده‌اند [۹] (به پرسش ۸۰ نگاه کنید). نحوه انتخاب ما برای دستیابی به آن اهداف و رفتارهایی که برای این کار استفاده می‌کنیم، بستگی به نحوه ارزیابی ما، از هزینه‌ها و مزایای آن، دارد. بسیاری از مهارت‌هایی که برای این کار لازم داریم باید آموخته شود و به همین دلیل است که نخست‌ی‌سانان دارای جوانی دراز مدت هستند.

[۹] این جمله سنگینی است. آن چه که نویسنده می‌خواهد بگوید چنین است: رفتارهای ما، محصول رابطه پیچیده شمار زیادی عامل‌های محیطی با "ترکیب شمار زیادی از آلل‌ها در جای‌گاه‌های گوناگون" است. اما، ما "ترکیبی" از آلل‌ها را از پدر و مادر خود به ارث نمی‌بریم. بلکه تک تک آلل‌ها را جدا جدا به ارث می‌بریم و آن‌ها را در "ترکیب" جدیدی قرار می‌دهیم. ترکیب جدید در هر یک از ما، در رابطه پیچیده‌ای با شمار زیادی از عامل‌های محیطی، باعث ایجاد رفتاری تازه در ما می‌شوند (که به راستی همانندی ۱۰۰٪ به رفتار والدین ما ندارند).

هم‌چنین مهم است که به خاطر بسپاریم که گزینش زیستاری هرگز به این معنا به کمال نمی‌انجامد (به پرسش ۱۸ نگاه کنید)، بلکه به‌ترین کاری است که می‌توان در شرایط [موجود] انجام داد. هم‌چنین این بدان معنا نیست که همه از نظر بازآوری موفق خواهند بود. برخی از افراد،

(1) Evolutionary Stable Strategy.

(2) Pleistocene.

به ناچار تصمیم‌های بدی خواهند گرفت، اما این بخشی از کارکرد گزینش زیستاری است: بدون ناهم‌گونی بین افراد، هیچ گزینش زیستاری و هیچ فرگشتی وجود نخواهد داشت.

پرسش ۸۰ - آیا نگره فرگشت به این معنا نیست که چیزی به نام اختیار وجود ندارد؟

این سوالی است که همیشه پیش می‌آید و سوالی است که نگرانی‌ها در مورد فرگشت را در خود پنهان می‌کند. پاسخ کوتاه به این سوال یک "نه" است. هم‌آن‌طور که در سوال پیشین دیدیم، هدف از پرداخت هزینه هنگفت داشتن یک مغز بزرگ این است که بتوانید با توجه به شرایط خاصی که با آن مواجه می‌شوید، خودتان تصمیم بگیرید که چه کار کنید. [امکان این‌که] همه چیز توسط ژن‌های شما تعیین شوند تنها در صورتی ارزش دارد که شرایط و تصمیم‌هایی که باید اتخاذ کنید، هرگز تغییر نکنند. این امر احتمالاً فقط در مورد باکتری‌ها و ویروس‌ها صادق است. در سایر موارد، مفید است که ارگانیسم بر سرنوشت خود کنترل داشته باشد، به این ترتیب، [ارگانیسم] می‌تواند رفتار خود را با شرایط فعلی تنظیم کند [۱].

[۱] این بند حاوی یک بدفهمی است! در هیچ موجودی، حتی باکتری‌ها و ویروس‌ها، ژن‌ها به تنهایی تصمیم گیرنده نیستند. همواره، یک برهم‌کنش پیچیده بین ژن‌ها و با عامل‌های محیطی در جریان است.

گزینش زیستاری به صورتی ساده، قوانین پایه‌ای را، برای تعیین هزینه‌ها و مزایای روش‌های ناهم‌گون، مشخص می‌کند. [گزینش زیستاری] معمولاً با مشخص کردن برخی از حالت‌های مطلوب در ارگانیسم ("همیشه تراز انرژی خود را بالا نگه دارید") با نوعی نشانه، به بدن اجازه می‌دهد تا بر وضعیت خود نظارت کند (احساس گرسنگی هنگامی که تراز انرژی پایین است)، و یک سیستم انگیزشی که به شما امکان می‌دهد این هدف (هنگامی که احساس گرسنگی شروع می‌شود چیزی برای خوردن پیدا کنید) را تحقق بخشید. امر مهم این است که ارگانیسم بر نحوه تحقق هدف، کنترل داشته باشد، زیرا شرایط [دست‌یابی به] آن همیشه یک‌سان نیست. سپس بر عهده خود فرد است که به‌ترین کاری را که می‌تواند، انجام دهد. اگر خوب گزینش کنید، فرزندان زیادی بر جای می‌گذارید؛ اگر بد گزینش کنید، فرزندان کمی خواهید داشت.

البته، همه ما استعداد ذاتی یا کارکردهای مستعد داریم، که در شرایط برابر، ما را بر آن می‌دارند که یک نوع از کارکرد را بر کارکرد دیگر، ترجیح دهیم. اما برای گونه‌های با مغز بزرگ، یادگیری هم‌چون روشی برای تعدیل این اقدام‌های مهم، به بخش فزاینده‌ای از این ترکیب، تبدیل می‌شود - [مغز بزرگ] به ما این امکان را می‌دهد که پی‌آمدهای کوتاه مدت و بلند مدت اقدامات خود را ببینیم، و مبنایی برای تصمیم‌گیری در مورد این که کدام راه‌برد در بین گزینه‌های موجود برای ما به‌ترین است، در اختیار خودمان داشته باشیم. (به پرسش‌های ۶۹ و ۷۸ نگاه کنید). اگر تمام یک کیک را قاپ بزنیم، ممکن است اشتیاق کوتاه مدت ما برای خوردن خوراک‌های شیرین را برطرف کند، اما ممکن است برای ما هزینه‌های بلندمدتی ایجاد کند، زیرا ممکن است دیگرانی را که هیچ سهمی دریافت نکرده‌اند، ناراحت کنیم - یا قند بیش از حد مصرف کنیم و خود را بیمار کنیم. اگر ما دوستی خود را با دیگران بی‌ثبات کنیم، ممکن است در آینده، درست در زمانی که به حمایت آن‌ها نیاز داریم، خود را بدون متحد بیابیم. ما باید یاد بگیریم که آن پی‌آمدها را بشناسیم، و

بتوانیم رفتار خود را بر اساس آن سازگار کنیم. بدون این توانایی، ما در آب فرگشتی غرق می‌شویم و می‌میریم. و گونه‌مرگ [می‌شویم].

دلیل مهمی برای توانایی انجام این کار وجود دارد: در انواع جوامعی که ما و دیگر نخست‌سازان (بوزینه‌ها و میمون‌ها) در آن زندگی می‌کنیم، قراردادهای اجتماعی نانوشته وجود دارند - ما برای دستیابی به مزایای بیش‌تر با یک‌دیگر همکاری می‌کنیم (به پرسش ۸۱ نگاه کنید) - اما برای آن که [این قرارداد] کار کند، باید بتوانیم تمایل عادی خود را برای برآورده ساختن خواسته‌های خود، که ممکن است پی‌آمد بدی برای دیگران داشته باشند، مهار کنیم. اگر نتوانیم، سیستم‌های اجتماعی ما خراب می‌شوند (هم‌آن‌طور که به روشنی در جنگ‌های داخلی همه چیز از کنترل خارج می‌شود، و کنترل مدنی از دست می‌رود). به همین دلیل است که ما باید به کودکان بیاموزیم که چه‌گونه با دیگران رفتار اخلاقی و مودبانه داشته باشند. کودکان، به‌رغم برخی تلاش‌های خیرخواهانه برای ادعای این کار، به‌طور عادی با دیگران مودبانه رفتار نمی‌کنند [۲].

[۲] متأسفانه نویسنده فراموش کرده است که فرگشت منحصر به انسان، یا جانوران با مغز بزرگ نیست، بلکه در جانوران با مغز کوچک، حشرات، گیاهان، قارچ‌ها و موجودات زنده دیگر هم در جریان است. آیا رفتاری مشابه آن چه این نویسنده رفتار "مودبانه" می‌نامد، در آن‌ها وجود دارد؟ اگر مشابه چنین رفتارهایی در موجودات دیگر هم دیده می‌شود، چه سازوکارهایی آن‌ها را ایجاد می‌کنند؟ واقعیت امر این است که چنین رفتارهایی در همه موجودات، اعم از جانور و گیاه وجود دارد و سازوکار ایجاد آن‌ها هم نیازی به "آموختن"، از نوع انسانی آن، ندارد. سازوکار ایجاد چنین رفتارهایی، پدیده‌ای به نام برازش دربرگیر (inclusive fitness) است. این پدیده به صورت یک مدل ریاضی، توسط همیلتون (Hamilton) در سال ۱۹۶۴ عرضه شد. برای توضیح بیش‌تر در این باره به پرسش ۲۵ نگاه کنید. در چند جای این برگردانی اشاره کرده‌ام که به نظر من نویسنده این کتاب، دانش دست اول از فرگشت ندارد. اگر دانش دست اول داشت هم به پرسش ۲۵ اشاره می‌کرد، و هم آگاه بود که راه‌برد پایدار فرگشتی، که در پرسش ۷۹ به آن اشاره شد، از پی‌آمدهای پدیده برازش دربرگیر است.

البته این بدان معنا نیست که همه یک شهروند کامل هستند. برخی از افراد هرگز یاد نمی‌گیرند که [مودبانه] رفتار کنند، چه به دلیل شرایطی که در آن بزرگ شده‌اند و چه به دلیل عدم توانایی در مهار رفتار خود - این دو دلیل بیش‌تر با هم حضور دارند، و یکی، دیگری را تقویت می‌کند. بررسی‌های دراز مدت بر روی افراد، از کودکی تا بزرگسالی، نشان می‌دهد افرادی که در دوران کودکی از یادگیری این مهارت‌ها بازمانده‌اند، در بزرگسالی به رفتارهای ضد اجتماعی خود ادامه می‌دهند، و پسرهای بیش‌تر از دختران مستعد این کار هستند.

اما، در نهایت، این ما هستیم که رفتارهای خود را گزینش می‌کنیم. زن‌های ما، ما را به این سمت هدایت نمی‌کنند، حتی اگر ["زن‌ها"] ما را مستعد رفتارهای خاصی کنند. هم‌آن‌طور که اکثر ادیان به رسمیت شناخته‌اند، ما همیشه پسین‌ترین حرف را، در تصمیم‌گیری در مورد این‌که آیا به "سوسه‌های جسمی" تسلیم شویم یا نه، خودمان می‌زنیم [۳].

[۳] به نظر می‌رسد که نویسنده در اینجا "کم آورده است"، زیرا برای این نتیجه‌گیری، یعنی نقش ادیان، در هیچ جایی از این پرسش، و حتی این فصل، دلیلی نیآورده است. البته این جمله را می‌توان هم‌چون دلیل این امر که پرسش‌های گوناگون این کتاب را افراد گوناگون نوشته‌اند، در نظر گرفت.

فصل ۹: فرگشت جامعه‌پذیری

پرسش ۸۱ - چرا برخی از جانوران به صورت گروهی [۱] زندگی می‌کنند؟

اجداد پستان‌داران کوچک بودند (این را می‌توانیم از فسیل‌های آن‌ها تشخیص دهیم) و تقریباً در تنهایی زندگی می‌کردند (این امر را از بازسازی رفتار احتمالی اجداد پستان‌داران از چیدمان‌های اجتماعی گونه‌های زنده، با استفاده از تحلیل‌های آماری که تاریخ فرگشتی گونه‌ها را در نظر می‌گیرد، حدس می‌زنیم) [۲]. اندک اندک، زندگی در گروه‌های اجتماعی، در برخی از دودمان‌ها، و نه همه آن‌ها، به دلیل‌های گوناگون بوجود آمد، و می‌تواند به دلیل‌های گوناگون، فرگشت یابد.

[۱] نویسنده در این فصل، به شمار زیادی از "گروه"‌های گوناگون اشاره می‌کند. در این اشاره‌ها، نه تعریف او از "گروه" معلوم است، و نه تعریفی از "گروه"‌های گوناگونی که نام می‌برد، ارائه می‌دهد. گویا او برای خودش "گروه" را به ریخت‌های گوناگونی بخش‌بندی کرده است، ولی، شوربختانه، من این جور بخش‌بندی را در میان ادبیات فرگشتی، در جای دیگری ندیده‌ام.

[۲] امیدوارم خواننده متوجه باشد که در این فصل، یا حداقل در چند پرسش اول، شمار استفاده از پرانتزهای توضیحی در متن، بالا رفته است. لابد این بخش‌ها را فرد دیگری نوشته است!

یکی از دلیل‌های ساده تشکیل گروه‌ها این است که جانوران در گروهی ناپایدار، در مکان‌های خوب خوراک‌یابی جمع می‌شوند. بسیاری از پرندگان گله‌ای، مانند غازها و پرندگان ساحلی، نمونه‌هایی از آن‌ها هستند. این گروه‌ها به ندرت پایدار هستند، و صرفاً گروه‌هایی هستند که از سر راحتی، گرد هم آمده‌اند [۳]. جانوران هم‌چون تابعی از میزان غنای خوراکی در هر زمان به هم می‌پیوندند، و از هم جدا می‌شوند. چنین گروه‌بندی‌هایی با زندگی گروهی [۳] ناهم‌گون است، که در آن جانوران برای مدتی قابل ملاحظه، اگر نه مادام‌العمر، در گروه ثابتی، می‌مانند و با هم هم‌چون گروهی منسجم، از محلی برای تغذیه به محلی دیگر حرکت می‌کنند. این گروه‌ها به [این دلیل] وجود دارند که اعضاء آن از گروه‌بندی پایدار با یک‌دیگر، بهره می‌برند.

[۳] نویسنده در این دو جمله یک بازی با کلمات انجام داده است. او از واژه (aggregation) برای گروه‌های ناپایدار و از واژه (congragation) برای گروه‌های پایدار استفاده کرده است. من در جاهای دیگر، استفاده از این دو واژه را برای این منظور، ندیده‌ام.

یکی از دلیل‌های آشکار تشکیل گروه‌های پایدار، تسهیل هم‌کاری در بازآوری، معمولاً در شکل جفت‌های بازآور است. چنین چیدمانی می‌تواند ناپایدار باشد، و ممکن است محدود به فصل بازآوری (تک‌جفتی اختیاری) باشد، در حالی که جانوران بقیه سال (به تنهایی یا در گله‌های سست) زندگی می‌کنند (برخی از پرندگان، شامل بسیاری از پرندگان باغی)، یا ممکن است پایدار باشند

(طوطی و عقاب، و هم‌چنین برخی از نخست‌ی‌سانان با تک‌جفتی مادام‌العمر یا اجباری). در برخی موارد، جفت‌های تک‌جفتی ممکن است در گله‌های بزرگ و نسبتاً ناشناس، دور هم جمع شوند. مثال‌هایی از این نوع می‌تواند شامل بیش‌تر پرندگان دریایی لانه‌ساز، یا گونه‌هایی مانند چلچله رودخانه‌ایی^[۴] و زنبورخوارانی^[۳] که در ساحل شنی رودخانه‌ها یا صخره‌ها لانه می‌کنند، باشد. در این موارد، وجود گروه‌های بزرگ، ممکن است به دلیل محدود بودن پناهگاه‌های مناسب، به همراه فراهم کردن محافظت در برابر شکارگران، توسط گروه باشد.

[۴] تصویری از یک چلچله رودخانه‌ای.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16507846>

غیر از بازآوری، دو دلیل اصلی برای زندگی در گروه‌های پایدار وجود دارد. یکی هم‌کاری در شکار است، که به موجب آن چندین فرد برای گرفتن طعمه‌های بسیار بزرگ‌تر، که هر کدام از آن‌ها به تنهایی نمی‌توانند آن را شکار کنند، هم‌کاری می‌کنند^[۵]. شیرها^[۳] و کفتارها^[۴] دو نمونه بارز هستند. در بیش‌تر موارد، این گروه‌ها بسیار کوچک هستند (شاید ۵ تا ۱۵ بزرگ‌سال). شامپانزه‌ها هنگام شکار بوزینه‌ها (حداقل تا حدی) هم‌کاری می‌کنند، اما در این مورد دلیل‌های خوبی وجود دارد که فکر کنیم این یک مزیت فرعی است تا عامل اصلی گزینش برای زندگی گروهی^[۶]. گذشته از این واقعیت که شکار در اکثر جمعیت‌های شامپانزه‌ها بسیار نادر است، گروه‌های آن‌ها (۵۰ جانور یا بیش‌تر) در مقایسه با شمار افرادی که واقعاً در شکار شرکت می‌کنند (معمولاً حداکثر نیمی از نرهای [بالغ]) بسیار بزرگ است.

[۵] نویسنده، باز هم در این بخش، فرگشت را به جانوران محدود کرده است. گیاهان و دیگر موجودات هم مشابه همین پدیده‌ها را نشان می‌دهند.

[۶] اطلاعات نویسنده باید قدیمی باشد! امروزه تردیدی نیست که شامپانزه‌ها برای شکار گروهی نقشه و طرح دارند. از پیش، چند شامپانزه که شکارگر اصلی هستند، در نقاط راه‌بردی جاگیری می‌کنند. سپس اعضای دیگر گروه، طعمه را به سمت شامپانزه‌های شکارگر می‌رانند.

در واقعیت، دفاع در برابر شکارگران احتمالاً رایج‌ترین دلیل زندگی گروهی جانوران است. در نخست‌ی‌سانان‌ها، اندازه گروه با خطر شکارگران در محیط زندگی آنان در ارتباط است، و این امر در

^[1] Sand martin.

^[2] Bee-eater.

^[3] Lion.

^[4] Hyena.

مورد برخی گونه‌های آهوان، که در گروه‌های پایدار زندگی می‌کنند، نیز صادق است. یکی از نشانه‌هایی که شکار را مشکلی جدی برای نخستین‌سانان می‌سازد، این واقعیت است که گروه‌ها در مناطقی که به تازگی در آن‌ها شکار صورت گرفته، یا شکارگران دیده شده‌اند، سریع‌تر جمع می‌شوند و سریع‌تر سفر می‌کنند. در بیش‌تر موارد، گروه‌ها به جای راندن شکارگران، آن‌ها را از شکار باز می‌دارند (به پرسش ۸۳ نگاه کنید). برخی از گونه‌ها (سگ آبی، مرجان‌ها^{۱} و موریانه‌ها^{۲}) دارای ساختارهای دفاعی مشترک هستند، که می‌توانند به طور ایمن در آن زندگی کنند.

همه این مزایا از طریق گزینش در تراز گروهی^[۷] (یا تقویت گروهی) بوجود می‌آید، به این طریق که افراد در همکاری با یک‌دیگر، به نسبت تنهایی، از بهره‌ی بیش‌تری برخوردار هستند (به پرسش ۷۳ نگاه کنید). با این حال، یک سوال روشن این است که اگر گروه‌های اجتماعی فرگشت یافته‌اند تا وظایف اساسی جانوران را انجام دهند، چرا جانوران در گروه‌هایی با بزرگ‌ترین اندازه ممکن زندگی نمی‌کنند؟ اکثر گونه‌ها دارای گروه‌هایی هستند که به طور متوسط فقط ۱۰ تا ۲۰ جانور دارند، و اندازه متوسط هیچ کدام از ۵۰ جانور بیشتر نیست. در برابر، گفته می‌شود که گله‌های شامل تا یک میلیون جانور در بین گاومیش‌های کوهان‌دار آمریکایی^{۳} [۸] در قرن نوزدهم، غزال سایگا^{۴} [۹] در روسیه و جانوران وحشی در شرق آفریقا وجود داشته است - همه این‌ها گونه‌هایی هستند که در گله‌های ناپایدار و ناشناس زندگی می‌کنند که افراد با روابط منظم (البته به غیر از مادران و فرزندان وابسته به آن‌ها) در آن‌ها زندگی نمی‌کنند.

[۷] یادآوری می‌کنم که در مورد "تراز گزینش (level of selection)" نگره‌های بسیار ناهم‌گونی وجود دارد. اکثر دانش‌مندان فرگشتی، گزینش در تراز فرد را بسیار مهم می‌دانند. عده کمی، گزینش را یا در تراز جای‌گاهی (و حتی آلل)، و یا در تراز گروه مهم می‌دانند. عده کمی‌تری هم، گزینش در چند تراز را مهم می‌دانند. افزون بر آن، هنگامی که از "گزینش در تراز گروه" سخن به میان می‌آید، منظور می‌تواند جمعیتی از یک گونه و یا جمعیت‌هایی از چند گونه باشد. در مورد گزینش چند تراز هم می‌توان از تراز جای‌گاه، ارگان، فرد، گروه، گونه، و اکوسیستم نام برد. به هر رو، در این‌جا، نویسنده برخلاف جاهای دیگر از گزینش در تراز گروه دفاع می‌کند.

[۸] تصویری از گاومیش کوهان‌دار آمریکایی.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=343547>

{1} Coral.

{2} Termite.

{3} Bison.

{4} Saiga.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=73737597>

پرسش ۸۲ - چرا گروه‌ها نمی‌توانند بی‌اندازه بزرگ شوند؟

پاسخ این است: به دلیل یک تاخت‌زنی کلاسیک فرگشتی. فشار گزینش (معمولاً نیاز به کم‌تر شدن خطر شکار شدن) به نفع گروه‌های بزرگ‌تر است، اما هزینه‌های زندگی در گروه‌های بزرگ در نهایت، اندازه آن‌ها را محدود می‌کند. این هزینه‌ها دارای چهار بخش گوناگون است: زمان، خوراک، باروری و شناخت.

زمان، اگرچه بیش‌تر توسط بوم‌شناسان (که تمایل خود را منحصرن بر غنای زیست‌گاه و جریان انرژی متمرکز کرده‌اند) نادیده گرفته شده، برای اکثر جانوران بزرگ، یک محدودیت اصلی است، زیرا آن‌ها باید بتوانند هر کاری را که به انجام آن نیاز است (تغذیه، حرکت، استراحت، معاشرت)، در چرخه زمانی فیزیولوژیکی مشخص، به انجام برسانند (معمولاً ۲۴ ساعت). چنین تقاضاهای زمانی، منعکس‌کننده کیفیت علوفه در محیط زیست است، اما هم‌چنین منعکس‌کننده سایر خواسته‌های زیست محیطی است، که برای فیزیولوژی جانور در نظر گرفته شده است. نمونه‌ای از محدودیت‌های فیزیولوژیکی، زمان مورد نیاز گونه‌های نشخوارکنندگان (گاو، آهوان، گوزن) برای تخمیر و هضم خوراکی است که خورده شده است.

اگر پوشش گیاهی از کیفیت ضعیفی برخوردار باشد، به طوری که میزان استخراج مواد مغذی پایین باشد، جانوران، برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای روزانه خود، باید زمان بیش‌تری را صرف تغذیه کنند. در نتیجه، آن‌ها مجبور خواهند بود زمان بیش‌تری را در حرکت بگذرانند، زیرا به سرعت، **[علوفه یک قطعه از زمین]** را مصرف می‌کنند، و باید برای یافتن خوراک جدید، حرکت کنند. افزون بر این، پارامترهای محیطی، مانند دمای هوا، ممکن است جانوران را به استراحت در زمانی که درجه حرارت به بالاترین حد خود (معمولاً در حوالی ظهر) می‌رسد، مجبور کند.

گونه‌هایی که در گروه‌های اجتماعی پیوندخورده ^(۱) زندگی می‌کنند با محدودیت بیش‌تری روبرو هستند: زمانی که باید در نظافت گروهی **[جوریدن]** ^(۲) برای ایجاد و حفظ این پیوندها سرمایه‌گذاری

^(۱) Bonded social group.

^(۲) Social grooming.

شود، قابل ملاحظه است (به پرسش ۸۶ نگاه کنید)، و با افزایش اندازه گروه، افزایش می‌یابد. ما انسان‌ها حدود یک پنجم زمان بیداری خود را به این منظور به برهم‌کنش اجتماعی اختصاص می‌دهیم. اگر کیفیت رابطه، به زمان سرمایه‌گذاری شده در آن بستگی داشته باشد (هم‌آن‌طور که در مورد بوزینه‌ها، میمون‌ها، و انسان‌ها روی می‌دهد)، زمان موجود برای کنش اجتماعی (پس از محاسبه تغذیه و هرگونه زمان برای بازسازی [اثرات منفی] ناشی از محیط یا فعالیت‌های بدنی) می‌تواند اندازه یک گروه پایدار را محدود کند.

شکستن این سقف شیشه‌ای مستلزم استفاده مؤثرتر از زمان است. این می‌تواند شامل تغییر رژیم خوراکی یا فیزیولوژی گوارشی، افزایش اندازه بدن (برای استفاده از کارآیی سنجش^[۱])، کاهش هزینه‌های سفر، یا روش کارآمدتری برای پیوند اجتماعی باشد^[۲]. هر یک از این موارد، به احتمال زیاد، با هزینه‌های خاص خود مرتبط هستند، و یک حلقه بازخورد^[۳] ایجاد می‌کنند. برای مثال، افزایش اندازه بدن به انرژی بیشتری برای سوخت‌رسانی به بدن بزرگ‌تر نیاز دارد، و این بدان معناست که زمان بیشتری برای تغذیه، و حرکت، اختصاص داده می‌شود (مگر این‌که رژیم خوراکی پرانرژی‌تری را گزینش کنید). هیچ چیز در زیست‌شناسی بدون هزینه به دست نمی‌آید.

[۱] استفاده از واژه (scale) نشان از آن دارد که در این فصل، موضوع مهمی که اسامی گوناگونی دارد به بحث گذاشته خواهد شد. نامی که از نظر من، نام خوبی است (genetic size scaling) می‌باشد. ولی مناسب‌ترین نام برای این موضوع (allometry) است که در فارسی به "رشد سنجی" برگردان شده است. در این رشته دانشیک، رابطه اندازه بدن و کاردردهای حجمی و زمانی بدن، توسط فرمول‌های ساده ریاضی ($y = kx^a$) یا $\{\log y = a \log x + \log k\}$ ، مطالعه می‌شوند. متأسفانه شمار کسانی که با این موضوع کار می‌کنند در حال کاهش است. به نظر می‌رسد که نویسندگان متوجه روش‌شناسی این موضوع نیست، و تنها از یافته‌های محدودی، بدون آن که چهارچوب آن را روشن کند، استفاده می‌کند. حیف!

محدودیت سوم تأثیری است که زندگی گروهی به ویژه بر باروری ماده‌ها دارد. بوم‌شناسان تصور می‌کنند که هزینه‌های زندگی گروهی همیشه بوم‌شناسانه است (رقابت برای خوراک و امن‌ترین مکان‌های استراحت)، اما به راستی این هزینه‌ها در مقایسه با هزینه‌های باروری زندگی گروهی^[۲] بی‌اهمیت است^[۳]. سیستم غدد درون ریز که پایه چرخه قاعدگی را در پستان‌داران ایجاد می‌کند در هم‌ترازی شکننده‌ای قرار دارد و به راحتی می‌تواند زیر فشارهای جسمی و روانی مختل شود. این یک محصول جانبی سازوکاری است که سیستم قاعدگی را در دوران بارداری و شیردهی خاموش می‌کند (پدیده‌ای که به آن آمنوره^[۳] پس‌ازایمانی می‌گویند)^[۴]. به نظر می‌رسد که این سیستم را می‌توان به راحتی با فشارهای ناشی از زندگی گروهی، که افراد با یکدیگر برخورد کرده و قلدری می‌کنند، از کار انداخت.

[۲] نویسندگان، به راستی، واژگان "هزینه‌های باروری زندگی گروهی = fertility costs of group living" را به کار برده است!

^[۱] Scale.

^[۲] Feedback loop.

^[۳] Amenorrhea.

[۳] نویسنده در این بخش‌ها با بوم‌شناسان (اکولوژیست‌ها) مشکل دارد! البته من هم با بوم‌شناسان مسئله دارم! او از زاویه روان‌شناسی با بوم‌شناسان مشکل دارد و من از زاویه ژنتیک!

[۴] نویسنده در این‌جا، به درستی از واژگان "آمنوره پسازایمانی (postpartum amenorrhea) استفاده کرده است. اما اگر من بودم همین را "آمنوره ثانویه پسازایمانی" (secondary postpartum amenorrhea) می‌نوشتیم.

البته، شما می‌توانید حساسیت سیستم، برای حل این مشکل را، تغییر دهید، اما این امر بر سازوکار (آمنوره) تأثیر می‌گذارد، که اطمینان می‌دهد مادر مجبور است فقط یک فرزند را در یک زمان خوراک دهد. برای گونه‌های با مغزهای بزرگ، و با فاصله‌های دراز [بین دو] زایمان، مانند بوزینه و میمون، هرگونه تأخیری که در شروع چرخه باروری بعدی ایجاد می‌شود به معنی کاهش قابل توجه برازش^(۱) است. برای مثال، اکثر نخست‌سازان با جثه بزرگ، [در میانگین] تنها پنج فرزند در طول زندگی خود تولید می‌کنند، بنابراین از دست دادن حتی یک فرزند نیز، بخش قابل توجهی از برازش آن‌هاست.

اثر استرس در همه پستان‌داران، منجر به رابطه منفی بین شمار ماده‌ها در گروه، و باروری آن‌ها، می‌شود. وقتی همه شرایط دیگر ثابت باشند، به نظر می‌رسد این تأثیر محدودیت بالایی در اندازه گروه‌ها، در حدود ۵ یا ۶ ماده در [سن بازآوری] (و در نتیجه اندازه کل گروه در حدود ۱۵ تا ۲۰)، ایجاد می‌کند. جای‌گزین روشن این است که در سیستم‌های انعطاف‌پذیر شکافتی-هم‌جوشی^(۲) [۵] (مانند گونه‌هایی که گله‌ساز هستند) زندگی کنید، زیرا این امر به افراد اجازه می‌دهد زمانی که تنش‌ها بسیار زیاد می‌شوند، آن‌جا را ترک کنند، و پس از آن هنگامی که [تنش‌ها] کاهش می‌یابند، دوباره به آن بپیوندند. با این حال، این گزینه برای گونه‌هایی که در جوامع پیوندخورده^(۳) زندگی می‌کنند، که در آن اعضای گروه به صورت فعال در برابر ترک و پیوستن افراد غریبه به گروه، مقاومت می‌کنند، در دسترس نیست. آن گونه‌های محدودی مانند بوزینه‌ها و میمون‌ها که در گروه‌های بزرگ‌تری زندگی می‌کنند، این مشکل را با تشکیل ائتلاف‌هایی که ماده‌ها را در برابر این تنش‌ها محافظت می‌کند، حل کرده‌اند. با این حال، این [عمل] هزینه را به طور کامل حذف نمی‌کند، بلکه [حل] آن را به [مقوله] اندازه گروه‌های بزرگ‌تر موکول می‌کند.

[۵] همان‌گونه که در آغاز این فصل نوشتیم، نویسنده از بخش‌بندی "گروه" به ریخت‌های گوناگون نام می‌برد، ولی آن‌ها را تعریف نمی‌کند.

سرانجام، حداقل برای گونه‌های بسیار اجتماعی، مانند بوزینه‌ها و میمون‌ها، اندازه گروه نیز ممکن است به دلیل توانایی جانوران در مدیریت روابط اجتماعی خود و، تا حدی که این [امر] به توانایی‌های شناختی بستگی دارد، توسط اندازه مغز آن‌ها محدود شود (به پرسش ۸۵ نگاه کنید). آن‌ها می‌توانند این مشکل را تنها با رشد مغز بزرگ‌تر حل کنند. اما مغز از نظر [مصرف] انرژی بسیار گران است (به پرسش ۷۱ نگاه کنید)، و این به معنای خوراک خوردن بیش‌تری است: رژیم خوراکی و در دسترس بودن خوراک، تعیین می‌کند که آیا گونه [مورد بحث] توانایی رشد مغز

(۱) Fitness.

(۲) Fission-fusion.

(۳) Bonded society.

بزرگ‌تر را دارد یا خیر، و این ما را به [موضوع] زمان باز می‌گرداند. این حلقه‌های بازخورد هستند که بیش‌ترین [مقدار] هزینه‌ایی را ایجاد می‌کنند، که تغییرهای فرگشتی را برای هر گونه‌ای به مبارزه‌ای سرسام آور، تبدیل می‌کند: مزایا در جهان زیست‌شناسانه رایگان نیستند [۶].

[۶] نویسنده در آخر بند اول این پرسش به چهار هزینه اشاره کرده بود: زمان، خوراک، باروری و شناخت. او درباره زمان و خوراک به اندازه و در مورد باروری فقط کمی بحث کرد، اما در مورد شناخت هیچ نگفت. هر چند که در پرسش‌های آینده، دوباره به این جور هزینه‌ها اشاره خواهد کرد.

پرسش ۸۳ - چه گونه گروه‌های بزرگ از تنگنای کالاهای عمومی اجتناب می‌کنند؟

در پاسخ به پرسش ۸۲، من طوری سخن گفتم که گویی گروه‌های اجتماعی پایدار، یک شرکت تعاونی هستند^(۱). اگر واقعاً چنین بود، آن‌ها از آن‌چه اقتصاددانان به نام تنگنای کالاهای عمومی از آن یاد می‌کنند، سرپیچی می‌کردند (به پرسش ۷۴ نگاه کنید). آن‌ها در تیررس خطر مجانی‌سواری [افرادی] خواهند بود که از مزایای منابع مشترک استفاده می‌کنند، اما تمام هزینه‌ها را پرداخت نمی‌کنند. از آن‌جا که این نوعی از دگردوستی ژنتیکی است، باید بر علیه چنین رفتاری گزینش شود [۱]. اگر شمار [افرادی که] از مجانی‌سواری [استفاده می‌کنند] بیش از حد زیاد شود، گروه متلاشی خواهد شد، زیرا افراد وظیفه‌شناس از به دوش گرفتن بارهایی که به [افراد دیگر] اجازه می‌دهد، که بدون انجام کاری از مجانی‌سواری سود ببرند، خودداری خواهند کرد (به پرسش ۷۳ نگاه کنید). این امر، حداقلی بسیار پایین برای اندازه گروه‌های اجتماعی ایجاد می‌کند، و ممکن است آن‌ها را به جفت‌های تک‌جفت (که تنها وظیفه آن‌ها بازآوری است)، یا گروه‌های کوچک شکارگران تعاونی، به عبارتی گروه‌هایی با هدف‌هایی بسیار محدود و فوری، منحصر کند.

[۱] نویسنده دچار تناقض‌گویی است! اگر این رفتار دگردوستی ژنتیکی است، "نباید" بر علیه این رفتار گزینش شود.

اگر حفاظت در برابر شکارگران مبتنی بر دفاع فعال توسط اعضای گروه باشد، حتماً مشکل مجانی‌سواری به وجود می‌آید: کسانی که پشت [صحنه] می‌نشینند و دیگران [را برای پذیرش] ریسک قرار گرفتن در برابر شیر [جلو می‌اندازند]، از دگردوستی دفاع‌کنندگان فعال، سود خواهند برد. در واقع، بیش‌تر راه‌بردهای ضد شکارگران، انفعالی هستند: با گروه‌بندی ساده، جانوران، یک شکارگر را از دردسر زحمت برای حمله باز می‌دارند. این امر به این دلیل است که شکارگران ترجیح می‌دهند به یک فرد تنها حمله کنند، بخشی [به این دلیل] که حواس آن‌ها توسط جانوران دیگری که در روبروی آن‌ها می‌دوند پرت نشود، و بخشی به این دلیل است که شکارگران برای این که بتوانند طعمه خود را به دام بیاندازند، به یک عنصر غافل‌گیری نیاز دارند. هر گونه شکارگری، دارای "فاصله حمله" ترجیحی خود است، که نشان دهنده شیوه شکار آن [گونه]، و میزان استفاده خوب از پوشش، و سرعت اولیه آن [گونه]، است. گروه‌ها، که بیش از یک جفت چشم دارند، احتمال بیش‌تری دارند که شکارگران را تشخیص دهند، و بنابراین وقت دارند تا دست به فرار بزنند. برای مثال، بسیاری از گونه‌های گوزن‌ها و آهوان دارای بخش سفیدرنگی در زیر دم خود هستند که

(۱) Cooperative venture.

هنگام فرار، رو به سمت شکارگر چشمک می‌زند، تا به او اطلاع دهند که شکارگر را دیده‌اند (نوعی نشانه که "در حال حاضر شروع حمله فایده‌ای ندارد") [۲] [۳].

[۲] این پدیده را هم باید، جزیی از اصل معلولیت (handicap principle) و نگره بزرگ‌تری به نام نگره نشانه (signal theory)، قلمداد کرد.

[۳] زنجیره استدلالی در این بند ضعیف است! هر جمله‌ایی، پی‌آمد جمله پیشین نیست.

مقدار زیادی جوهر در تلاش برای یافتن راه‌حلی برای فرگشت هم‌کاری رفتاری، که از تنگنای کالاهای عمومی چشم پوشی نکند، مصرف شده است [۴]. با این حال، به نظر می‌رسد که همه این تلاش‌ها ممکن است هدر رفته باشد، زیرا اکثر گروه‌های اجتماعی، در این معنا، شرکت تعاونی ندارند. برای گونه‌هایی مانند نخستی‌سانان که برای محافظت [از خود] در گروه‌های اجتماعی پایدار زندگی می‌کنند، مشکلی که با آن روبرو هستند، به راستی مشکل هم‌آهنگی است، نه مشکل هم‌کاری. هم‌کاری همیشه مشمول تنگنای کالاهای عمومی (وسوسه کار کم‌تر برای خیر عمومی) است (به پرسش ۷۴ نگاه کنید)، اما مشکل هم‌آهنگی چنین نیست. شما یا در گروه هستید یا نیستید، و تنها راهی که می‌توانید از گروه سود ببرید حضور در آن است. هیچ هزینه‌ای هم‌چون پیش‌پرداخت اولیه وجود ندارد (که باعث ایجاد تنگنای کالاهای عمومی می‌شود). در عوض، تنها کاری که باید انجام دهید این است که مایل باشید با دیگران بمانید (یعنی حرکات خود را با آن‌ها هم‌آهنگ کنید).

[۴] امیدوارم خواننده دقت کند که نویسنده در این جا دیدگاه خود، در باره کار دانشیک را، افشا می‌کند. او تصور می‌کند که کلید حل این مشکل نگره‌ایی (تئوریک)، استفاده از "جوهر" است. به عبارت دیگر، او تصور می‌کند که با خواندن متن‌های دیگران، به محک زدن استدلال‌های گوناگون، و نوشتن درباره آن‌ها می‌تواند به راه‌حل مناسبی برای این مشکل برسد. باید به او گفت که شاید در برخی رشته‌های دانش‌های انسانی، چنین روشی کاربرد داشته باشد. اما در دانش‌های تجربی/طبیعی پیدا کردن راه‌حل برای یک مشکل، و یا تفکیک بین نگره‌های گوناگون، محتاج انجام آزمایش، یا مشاهدات طبیعی، و تحلیل داده‌ها، است. مصرف جوهر، چاره‌دردی نیست.

هم‌آهنگی این چینی حتماً هزینه دارد، اما هزینه‌ای نیست که بتوانید دیگران را [مجبور کنید که] از سوی شما بپردازند. این هزینه یک بودجه زمانی مختل شده است: ممکن است مجبور شوید سفرهای بیش‌تری انجام دهید، زیرا گروه‌های بزرگ‌تر به مرتع گسترده‌تری نیاز دارند تا همه افراد بتوانند خوراک مورد نیاز خود را پیدا کنند، و شما باید مایل باشید که در هنگام استراحت یا حرکت با گروه بمانید، حتی اگر ترجیح می‌دهید کار دیگری انجام دهید. این کار، ارزان در نمی‌آید. این امر مستلزم پیوند شدیدی است که به شما انگیزه می‌دهد تا با دوستان یا خانواده خود بمانید، و توانایی شناخت درک پی‌آمد اعمال خود، و هم‌چنین توانایی جلوگیری از [بعضی از] اقدام‌هایی که باعث بی‌ثباتی گروه می‌شوند، داشته باشید (مانند ادامه دادن به مسیر خود وقتی که دیگران می‌خواهند استراحت کنند) (به پرسش ۷۸ نگاه کنید). در واقع، شما باید بتوانید ضررهای کوتاه مدت را با سودهای بلند مدت تاخت بزنید، و این محاسبه، که از نظر شناختی دشوار است، ممکن است توضیح دهد که چرا فقط گونه‌هایی با مغز بزرگ دارای این نوع از گروه‌ها هستند.

این مسئله برای آن دسته از گونه‌هایی که جوامعی به ریخت شکافی-هم‌جوشی دارند، مشکلی ایجاد نمی‌کند، زیرا افراد می‌توانند بسته به منافع لحظه‌ای خود [به گروه] بپیوندند و یا از آن خارج شوند. این دلیل اصلی آن است که چرا گوزن‌ها و آهوان گله‌ساز در خارج از فصل جفت‌گیری [در گروه‌هایی که نر و ماده جدا از هم هستند به سر می‌برند]. از آن‌جا که نرها معمولاً بسیار بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند (سامان‌دهی آمیزشی آن‌ها معمولاً بر اساس مسابقه‌هایی است که در آن نرها با یک‌دیگر مبارزه می‌کنند)، بیش‌تر از ماده‌ها به زمان نیاز دارند تا شکم‌های بزرگ خود را پیش از نشخوار کردن، پر کنند [۵]. در نتیجه، نرها مدت زیادی پس از استراحتِ ماده‌ها به تغذیه خود ادامه می‌دهند، و به آهستگی دور می‌شوند، و از ماده‌ها فاصله پیدا می‌کنند. آهوان کوچک که دارای سیستم اجتماعی پیوندجفتی هستند، تک‌ریخت هستند (اندازه نرها و ماده‌ها یک‌سان است) و این امر باعث می‌شود نیاز [زمانی] به ادامه تغذیه یکی از جنس‌ها در زمان استراحت جنس دیگر کاهش یابد [۶].

[۵] ساختار این جمله را قدری تغییر دادم.

[۶] نویسنده در این‌جا از پدیده "دوریکتی جنسی" (sexual dimorphism) سخن می‌گوید، بدون آن‌که اسم آن را بیاورد. آن چه که در جمله پیشین و این جمله گفته است، جزو پی‌آمدهای این پدیده است.

پرسش ۸۴ - چه چیزی در مورد زندگی اجتماعی پیچیده است؟

با این که بسیاری از ضوابط در مورد هزینه‌ها و مزایای پیوستن به گروه‌ها و خروج از آن‌ها، هم برای گله‌های معمولی، و هم برای گروه‌های پیوندخورده، مشترک است، اما ناهم‌گونی‌های مهمی بین گروه‌های ناپایدار (گروه‌هایی که گاه به گاه برای سود فوری ایجاد می‌شوند و به محض تمام شدن سود، دوباره متفرق می‌شوند)، و گروه‌های پایدار (گروه‌های اجتماعی پایدار که میزان انسجام اجتماعی را در طول زمان حفظ می‌کنند، حتی زمانی که هیچ فایده فوری وجود ندارد)، وجود دارد.

گروه‌های ناپایدار (یا سیستم‌های اجتماعی شکافتی-هم‌جوشی) از حداقل هزینه شناختی و از مزایای انعطاف پذیری قابل توجهی برخوردار هستند، که اجازه می‌دهد هزینه‌های بوم‌شناسانه، و فیزیولوژیکی زندگی گروهی، به حداقل برسد. اما آن‌ها از عدم قطعیت رنج می‌برند: خطر این است که وقتی یک شکارگر کیلومترها [به دنبال] شما بوده است، ممکن است [موجود هم‌نوع دیگری] را در نزدیکی خود نیابید. بدتر از آن، حتی اگر گاهی به طور پیش‌آمدی هم‌راهنای داشته باشید، هیچ تضمینی وجود ندارد که آن‌ها هنگام ظاهر شدن شکارگر، در کنار شما بمانند. اکثر این گونه‌های گله‌ای از راهبرد [خودخواهانه] "هرکس برای خود" پیروی می‌کنند تا راهبرد "[همه برای یک هدف]". زندگی در یک گروه پایدار، هزینه‌های قابل توجهی را تحمیل می‌کند (تحمل دیگران، داشتن احساس تعهد نسبت به دیگران، کنار آمدن با بودجه زمانی مختل‌شده)، که برای فرگشت یک مغز بزرگ و بسیار پرهزینه، نیاز است. اما مزیت چنین گروه‌هایی اطمینان به این امر است که دیگران همیشه در این نزدیکی خواهند بود، زیرا به شما اجازه نمی‌دهند بدون توجه دور شوید، مانند آن‌چه که بیش‌تر، در گروه‌های ناپایدار رخ می‌دهد. مسئله این است که این نوع روابط باید خیلی زودتر از وقت‌هایی که به آن‌ها نیاز دارید، ایجاد شوند.

اگر خطر شکارگر افزایش یابد، و به گروه بزرگتری نیاز باشد، باید راه‌حلی نیز برای کاهش هزینه‌های باروری ناشی از زندگی گروهی یافت (به پرسش ۸۲ نگاه کنید). اندازه گروه می‌تواند افزایش یابد، اما فقط تا سقف شیشه‌ای پس از آن، زیرا همیشه یک سقف وجود دارد [۱]. در واقع، توزیع اندازه گروه‌ها در نخست‌سانان، شامل مجموعه‌ای از اندازه‌های بسیار خاص است که به نظر می‌رسد با مجموعه‌ای از سقف‌های طبیعی، یا شیشه‌ای، مطابقت دارد [۲]. نحوه حل مشکل باروری نخست‌سانان اولیه، و شاید شمار کمی از پستان‌داران دیگر (از جمله خانواده اسب و فیل)، این است که ماده‌ها با ایجاد ائتلاف‌های محافظتی، یا با یکدیگر یا در شمار کمی از موارد، با نرهایی که به راستی به نام "اسلحه اجاره‌ای" یا محافظ عمل می‌کنند، حل کرده‌اند (نمونه دوم شامل گوریل و بابون‌های گلادا می‌شود [۳]).

[۱] امیدوارم واژگان "سقف شیشه‌ای"، که به راحتی می‌تواند بشکند، روشن باشد.

[۲] من با "اندازه‌های بسیار خاص" موافقت ندارم. در زیست‌شناسی، توزیع‌ها (distribution) معمولاً پیوسته (continuous) هستند، و یا پس زمینه پیوسته دارند. "اندازه‌های بسیار خاص" معمولاً وقتی مشاهده می‌شوند که اندازه‌گیری‌ها تقریبی بوده و یا دسته‌بندی شده باشند.

[۳] برای دیدن تصویری از بابون گلادا به پرسش ۴۵ نگاه کنید.

این ائتلاف‌ها، که بر اساس عمل تمیز کردن یک‌دیگر [۴] با جوړیدن صورت می‌گیرد، اساساً یکی از عمل‌های توازن‌بخش هستند: آن‌ها عمدتاً با دور نگه داشتن بقیه، کار می‌کنند، برای آن که با نزدیک شدن بیش از حد به آن‌ها، استرس وارد نشود، اما در عین حال آن‌ها را کاملاً از [خود] نرانند که گروه را ترک کنند (که به معنی از دست دادن مزایای ارائه شده توسط گروه به طور کامل است). مدیریت این نوع روابط، پیچیده است. در عمل، آن‌ها هم به ظرفیت پیش‌بینی پی‌آمد آینده اقدامات خود (و ارزیابی هر نوع جای‌گزینی)، و هم برای جلوگیری از اقداماتی که منجر به سود کوتاه مدت با هزینه دراز مدت می‌شود، نیاز دارند.

[۴] نویسنده در این جا یک غلتش منطقی دارد! او از نوعی "گروه" که اسب و فیل هم جزئی از آن هستند، شروع کرده، و سپس به "عمل تمیز کردن یک‌دیگر" که در نخست‌سانان دیده می‌شود، رسیده است. آیا اسب و فیل هم به "عمل تمیز کردن یک‌دیگر" می‌پردازند؟

در گروه‌های اجتماعی بزرگ‌تر، تشکیل ائتلاف‌ها، یک ساختار لایه‌ای در شبکه اجتماعی گروه ایجاد می‌کند: به جای این‌که همه با دیگران تعامل داشته باشند، هر فرد برهم‌کنش‌های خود را به شرکای اصلی خود، در ائتلافی، محدود می‌کند. روابط دیگر این افراد با سایر اعضای گروه، مجازی است و می‌توان با آن‌ها [به صورت] دست سوم برخورد کرد (برای مثال، با نگاه کردن به برهم‌کنش‌های فرد سوم، با مدیریت شهرت، یا با استنتاج در مورد این‌که چه کسی با چه کسی ارتباط دارد) [۵]. حفظ روابط مجازی، ما را ملزم می‌کند تا مقاصد آن‌ها را در یک دنیای مجازی، الگوبرداری کنیم، زیرا این چیزی است که ما به طور غیر مستقیم با استنتاج رفتار مشاهده شده [در دیگران] می‌دانیم. در انسان‌ها، این شکل از مدل سازی روابط [پس زمینه‌ای] رفتار در ذهن، در مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده شده است، که از نظر شناختی بسیار بیش‌تر از

دست‌کاری اطلاعات واقعی، در مورد دنیای فیزیکی، است: این کار مستلزم مطالعه نوروهای بیش‌تری است.

[۵] منظور شناسایی یا آگاهی داشتن به وجود دسته‌بندی‌های کوچک در درون یک گروه بزرگ‌تر است.

پرسش ۸۵ - چرا برخی از جانوران مغز بسیار بزرگی دارند؟

فشار مداوم برای فرگشت مغزهای بزرگ‌تر در خانواده‌های خاص جانوران وجود داشته است. [این فشارها در] بوزینه‌ها و میمون‌ها، فیل‌ها، خانواده اسب و شتر، و نهنگ‌های دندان‌دار (دلفین‌ها و گرازماهی‌ها^[۱]) همگی به افزایش اندازه مغز، در طول دوران‌های زمین‌شناسی، منجر شده‌اند (هم اندازه مطلق [مغز] و هم نسبت به اندازه بدن). برخی دیگر، مانند خانواده گربه‌سانان، خانواده سگ‌سانان و گوزن‌ها و آهوان، در طول تاریخ فرگشتی خود تقریباً هیچ تغییری در اندازه نسبی مغز نشان نداده‌اند. خانواده‌هایی که [در آن‌ها] مغز بزرگ‌تری فرگشت یافته است، همگی به وسیله گونه‌های زنده‌ایی که روابط اجتماعی پیوندخورده دارند، مشخص می‌شوند. به عبارت دیگر، آن‌ها گروه‌هایی دارند، که در آن‌ها افراد با یک‌دیگر دوستی نزدیک دارند. به غیر از [افزایش اندازه مغز]، همانندی‌های کمی بین بوم‌شناسی آن‌ها وجود دارد.

[۱] تصویری از گرازماهی.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7598846>

این امر همانندی‌هایی با گونه‌های با مغز کوچک دارد، به این دلیل که خانواده سگ‌سانان (که شامل گرگ، کویوت، شغال^[۲] و روباه و هم‌چنین جانور خانگی آشنا تر با ما (سگ) است، دارای مغز بزرگ‌تری نسبت به خانواده گربه‌سانان هستند. دلیل این امر این است که همه سگ‌ها، تک‌جفت هستند (یعنی دارای پیوندهای زوجی پایدار هستند)، در حالی که همه گربه‌ها (به استثنای شیرهای بزرگ‌تر) در تنهایی زندگی می‌کنند. روابط پیوندجفتی پدیده‌های پیچیده‌ای هستند که نیاز به هم‌آهنگی زیادی دارند، و بنابراین به یک کامپیوتر بزرگ‌تر برای مدیریت موثر آن نیاز است. ما اثر مشابهی را در بین آهوان، خفاش‌ها و پرندگان مشاهده می‌کنیم: گونه‌های تک‌جفت همیشه مغزهای بزرگ‌تری نسبت به گونه‌های [با رابطه موقت^[۳]]، که روابط اساسی ایجاد نمی‌کنند، دارند. پرندگان تک‌جفت این امر را به خوبی نشان می‌دهند: گونه‌هایی که [حتی]

^[۱] Porpoise.

^[۲] Jackal.

برای تمام عمر یک جفت دارند (طوطی‌ها، عقاب‌ها، کلاغ‌ها)، دارای مغز بزرگ‌تری نسبت به گونه‌هایی هستند که هر سال با یک جفت جدید [آمیزش] می‌کنند (بیش‌تر پرندگان کوچک باغی)، زیرا حفظ یک رابطه موفق پایدار، به لحاظ شناختی، هزینه بیش‌تری دارد (هم‌آن‌طور که همه می‌دانیم [۳])، و هر دو به نوبه خود دارای مغز بزرگ‌تری نسبت به گونه‌هایی هستند که در یک رابطه موقت [۲] جفت‌گیری می‌کنند.

[۲] نویسنده در این جا از واژه "promiscuous" استفاده کرده که در فارسی می‌توان آن را به "بی‌پروا"، "بی بند و بار" و یا حتی به "هرزه" برگردان کرد. اما از نظر من، این برابرها، نوعی داوری اخلاقی را در خود دارند که مورد تایید من نیست. بنابراین، این واژه را به "با رابطه موقت" برگردان کردم.

[۳] نویسنده در این جا خواسته شوخی کرده باشد، در این مفهوم که "هم‌آن‌طور که همه می‌دانیم" زندگی زناشویی سخت است! اما او با این شوخی مرتکب خطای بزرگی شده است. خطای او در این است که یک استنتاج دانشیک را که از مقایسه "بین گونه‌ای" به دست آمده، به مقایسه "درون گونه‌ای" تعمیم داده است (به عبارت دیگر "برون‌یابی" = "extrapolate" کرده است). این خطای رایجی است، که در این‌جا ناشی از بدفهمی گوینده، از موضوع مورد بحث است.

فقط شمار کمی از خانواده‌ها (بوزینه‌ها و میمون‌ها، خانواده اسب‌ها، فیل‌ها، دلفین‌ها [۴]) دارای گروه‌های بزرگ‌تر از یک جفت هستند، که بر اساس روابط پیوندخورده ایجاد شده‌اند. گروه‌های آن‌ها معمولاً از نظر اندازه بین ۵ تا ۱۰۰ فرد است، اما هرگز به اندازه گله‌های معمولی موجود در بسیاری از سم‌داران با بدن بزرگ نمی‌شوند. در نخست‌ی‌سانان، گونه‌های تک‌جفت، کوچک‌ترین مغزها را دارند [۵] زیرا تنها یک رابطه پیوندی را باید در نظر بگیرند، در حالی که گونه‌هایی که در گروه‌های بزرگ‌تر زندگی می‌کنند دارای مغزهای بسیار بزرگ‌تری هستند زیرا باید نسبت‌های بیشتری را مدیریت کنند. در میان بوزینه‌ها و میمون‌ها و نهنگ‌ها، اندازه گروه اجتماعی با اندازه مغز ارتباط قوی دارد، رابطه‌ای که به نام انگاره مغز اجتماعی [۶] شناخته می‌شود.

[۴] در ذهن بسیاری از ما، مسئله هوش و ابزارسازی با هم پیوند خورده‌اند و تصور ما این است که موجودی که ابزارسازتر است، باهوش‌تر هم هست. این احتمال وجود دارد که چنین نباشد. بعضی از پستان‌داران دریایی، مثل دلفین‌ها، یا مغزی بزرگ‌تر از انسان دارند و یا اندازه مغز آن‌ها نسبت به اندازه بدنشان، از انسان بزرگ‌تر است. در مورد چنین جانورانی این احتمال می‌رود که از انسان هم باهوش‌تر باشند. اما ممکن است که به دلیل محدودیت‌هایی که ریخت بدنی آن‌ها و محیط زیست‌شان ایجاد کرده است، نتوانسته باشند ابزارسازی کنند.

[۵] نویسنده در این جا به تناقض‌گویی افتاده است. مثلاً در بند پیش، تک‌جفتی در پرندگان را عامل بزرگ شدن مغز می‌دانست، و در این بند، تک‌جفتی را عامل کوچک بودن مغز در نخست‌ی‌سانان قلمداد می‌کند. بالاخره کدام درست است؟ تناقض‌گویی او ناشی از مخلوط کردن توضیحات "بین گونه‌ای" و "درون گونه‌ای" است. در ضمن نتوانسته میزان اهمیت توضیحات گوناگون را نشان دهد. برای مثال، آیا مغز انسان به خاطر تک‌جفت بودن کوچک است، یا به خاطر زیست گروهی بزرگ است؟

[۶] در مورد "انگاره مغز اجتماعی"، که من نسبت به آن مشکوکم، به پانوش [۷]، پرسش ۶۴ نگاه کنید.

(1) Social brain hypothesis.

یک انگاره جای‌گزین ممکن است این باشد که جانوران به مغزهای بزرگ نیاز دارند تا بتوانند به روش‌های پیچیده‌تری، به تغذیه بپردازند. هم‌آن‌طور که بارها در نخست‌سانان نشان داده شده است، مهارت‌های تغذیه‌ای به راستی با اندازه مغز ارتباط دارد، اما از آن‌جا که اندازه گروه‌های اجتماعی نیز چنین [اثری دارند]، این امر باید ما را مجبور کند بپرسیم که آیا هر دو به طور مستقل برای مغزهای بزرگ گزینش می‌کنند [این فرض اول است]، یا دارای تنظیم‌های دیگری هستند [این فرض دوم است] (برای مثال، یکی علت باشد و دیگری عامل محدودیت یا پی‌آمد). و در این‌جا یک درس عینی درباره نحوه آزمایش انگاره‌های فرگشتی نهفته است. اگر [فرض دوم] درست باشد، اما ما آن را هم‌چون اولی بیان‌گاریم، در این صورت [در تیررس اشتباه گرفتن] دو روش آزمایش دوبرژانسکی برای سازگاری (یافته‌ها در برابر روند) قرار می‌گیریم (به پرسش ۱۲ نگاه کنید). وقتی چنین آزمایش‌هایی را انجام می‌دهیم، باید کاملاً مطمئن باشیم که در حال مقایسه با موارد مشابه هستیم. در غیر این صورت، ما چیزی را که به نام "گیگو"^[۷] (زباله داخل، زباله بیرون "GIGO"^[۱]) شناخته می‌شود، ساخته‌ایم!

[۷] آن چیزی را که نویسنده در این‌جا با واژگان "گیگو" از آن نام می‌برد با نام "جیجو" (junk in, junk out=JJJO) هم شناخته می‌شود. شاید، اسامی دیگری هم برای آن وجود داشته باشد.

در واقعیت، اگر تحلیل‌ها را به درستی انجام دهیم، معلوم می‌شود که در گونه‌های زنده، مهارت‌های تغذیه‌ای، اندازه مغز را محدود می‌کند و اندازه مغز، اندازه گروه را محدود می‌کند. البته از منظر فرگشتی، علت معکوس است: نیاز به زندگی در گروه‌های بزرگ، برای مغزهای بزرگ، گزینش کرده است؛ و اگر می‌خواهید مغز بزرگی داشته باشید، باید مشکل نحوه دستیابی به مواد مغذی اضافی مورد نیاز برای رشد و نگهداری یک مغز بزرگ را، حل کنید. این ممکن است به این معنی باشد که باید رژیم خوراکی خود را تغییر دهید تا مواد مغذی بیش‌تری در هر لقمه به دست آورید (مانند تغییر از رژیم خوراکی [بر پایه] برگ به رژیم خوراکی [بر پایه] میوه) یا جستجوی هوش‌مندانه‌تر خوراک (برای مثال، توانایی دور زدن [سیستم‌های] دفاعی گیاهان یا یادگیری نحوه پیش‌بینی چرخه‌های میوه‌دهی) (به پرسش ۵۲ نگاه کنید).

مهم است که روشن شود که انگاره مغز اجتماعی، یک انگاره بوم‌شناسانه است. این انگاره، یک مشکل بوم‌شناسانه را هم‌چون محرک اصلی، و اجتماعی بودن را هم‌چون راه حل، مشخص می‌کند. زندگی گروهی، به خودی خود، یک هدف نیست، [زیرا که] هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند (به پرسش‌های ۸۳ و ۸۴ نگاه کنید). سوال مهم در این‌جا این است که آیا زنده ماندن و آمادگی جسمانی جانوران با یافتن خوراک، یا شکار، به شدت زیر تأثیر قرار می‌گیرد، و در هر صورت، آیا این مشکل را با یادگیری فردی، و آزمایش و خطا، حل می‌کند و یا از طریق [رفتار] اجتماعی دیگر اعضای گروه؟ انگاره مغز اجتماعی به صراحت خطر شکار را هم‌چون محرک اصلی و زندگی گروهی را هم‌چون راه حل این مشکل مشخص می‌کند (به پرسش ۸۱ نگاه کنید). سپس، حفظ یک‌پارچگی گروه در زمان [و در طی نسل‌های پرشمار] و مکان [در مناطق جغرافیایی گوناگون] را هم‌چون مشکل اصلی، که جانوران باید برای دستیابی به آن هدف فرگشتی حل کنند، شناسایی کرده، و

^[۱] Garbage in, garbage out.

مغز بزرگ را هم‌چون راه‌حلی برای این مشکل [پیش‌نهاد] می‌کند. و سپس، از آن جایی که مغزهای بزرگ پرهزینه هستند، مشکل تغذیه ایجاد می‌شود که باید حل شود. بنابراین نیازهای تغذیه‌ای هم‌چون محدودیتی در توانایی فرگشت یک مغز بزرگ عمل می‌کند، نه عامل گزینش به نفع یک مغز بزرگ [۸].

[۸] بدجنسانه می‌گویم که بسیاری از چیزهایی که این نویسنده می‌گوید، مرا به یاد حرف‌های دانش‌مندان دانش‌های انسانی/اجتماعی می‌اندازد! زیرا، با حداقل نشانه‌های تجربی، حداکثر فلسفه‌بافی را انجام می‌دهد!

انگاره مغز اجتماعی پیش‌بینی بسیار خاصی در مورد اندازه عادی گروه‌های اجتماعی انسان‌ها، بر اساس اندازه مغز ما، دارد (که [اندازه گروه] باید حدود ۱۵۰ نفر باشد). این پیش‌بینی به طور گسترده‌ایی با نشانه‌های مردم‌شناختی ^[۱]، تاریخی و جامعه‌شناسی در مورد اندازه شبکه‌های اجتماعی شخصی، در جوامع مدرن، و اندازه اجتماع‌ها در جوامع سنتی کوچک تاریخی و معاصر، تأیید شده است [۹]. افزون بر این، حدود دوازده مطالعه تصویربرداری عصبی ^[۱۰] نشان داده است که در انسان و بوزینه، انگاره مغز اجتماعی درون گونه‌ها و بین گونه‌ها وجود دارد: ناهم‌گونی‌های فردی، در اندازه شبکه اجتماعی، با حجم مناطق کلیدی مغز ارتباط دارد، و مناطق درگیر در ذهنی‌سازی، بسیار مهم هستند (به پرسش‌های ۶۹ و ۸۴ نگاه کنید).

[۹] به هر رو، باید دقت کرد که هر میانگینی (mean value) (مثلاً رقم ۱۵۰ که در این‌جا ذکر شده) یک پراکنشی (variance) هم دارد. در پدیده‌های زیست‌شناسانه، در اکثر موارد، پراکنش حدود ۱۵٪ تا ۲۰٪ میانگین است. در این مورد خاص، اگر رقم ۱۵۰ و رقم ۲۰٪ درست باشد، آن‌گاه می‌توان گفت که توزیع اندازه جمعیت، مطابق انگاره مغز اجتماعی، بین حداقل و حداکثر حدود ۶۰ و ۲۱۰ خواهد بود.

[۱۰] نویسنده به "دوازده مطالعه" اشاره می‌کند، اما نمی‌گوید که در هر مطالعه، چندموجود را با تصویربرداری عصبی مطالعه کردند. شمار موجودات در هر مطالعه‌ای عامل مهمی است.

مغزهای بزرگ برای مدیریت شمار روابط، در گروه‌های اجتماعی بزرگ، مورد نیاز است، تا حدی به این دلیل که شمار روابط شخص سوم ("دوستان دوستان") با افزایش اندازه گروه، بسیار سریع افزایش می‌یابد، که تا حدی به دلیل نیاز به حفظ هم‌آهنگی و جلوگیری از تشتت در گروه است (به پرسش ۸۲ نگاه کنید). این‌ها وظایف شناختی دشواری هستند که به مهارت‌های دیپلماتیک نیاز دارند، که در سیستم‌های ساده گله‌ای شکافتی-هم‌جوشی نیاز به آن‌ها نیست. در واقع، [این چنین وظایفی] آن‌قدر مشکل هستند که برای یادگیری و تمرین آن‌ها به دوره‌ی دراز آموزش اجتماعی پیش از بزرگ‌سالی نیاز است. به نظر می‌رسد که این [امر] دلیل اصلی وجود دوره‌های دراز توسعه اجتماعی در نخست‌سازان است (در انسان، بیش‌تر از ۲۵ سال اول زندگی را به خود اختصاص می‌دهند).

⁽¹⁾ Ethnographic.

پرسش ۸۶ - جانوران چه‌گونه به گروه‌های خود پیوند می‌خورند؟

در نخست‌ی‌سانان (و شاید گونه‌هایی مانند اسب و حتی فیل)، روابط پیوندخورده^[۱] که گروه‌های اجتماعی پایدار را ممکن می‌سازد، معمولاً از طریق نوعی نظافت گروهی [جوریدن] یا سایر اشکال تماس فیزیکی انجام می‌شود. ما از آزمایش‌های در محیط‌های مصنوعی (در بوزینه‌ها^[۱]) و مطالعات تصویربرداری مغز (در انسان‌ها) می‌دانیم که فعال شدن اندورفین^[۲] در مرکز نظافت گروهی [جوریدن] قرار دارد: هنگامی که دچار سکتۀ مغزی می‌شویم، گیرنده‌های اندورفین مغز [کارکرد آشفته‌ای پیدا می‌کنند]. این تأثیر توسط یک سیستم عصبی بسیار تخصصی، سیستم وابسته به لمس^[۳] یا (CT) ایجاد می‌شود. این سیستم بسیار نامعمول است: گیرنده‌های آن عمدتاً در پوست مودار یافت می‌شود و نورون‌های وابسته به آن بدون میلین^[۴] هستند (بنابراین [نشانه‌ها = سیگنال‌ها] بسیار آهسته منتقل می‌شوند)، فقط به نور پاسخ می‌دهند، نوازش آرام را با سرعت دقیقاً دو سانتی‌متر^[۲] (حدود یک اینچ) در ثانیه انجام می‌دهند (به اندازه سرعت عادی حرکات دست در هنگام تمیز کردن یک‌دیگر)، و برخلاف سایر اعصاب محیطی، هیچ حلقه حرکتی بازخوردی ندارند (آن‌هایی که به طور معمول باعث می‌شوند وقتی احساس درد می‌کنید دست خود را از آتش دور کنید).

[۱] بخش‌های مربوط به جوریدن در بوزینه‌ها به مقاله‌های خود نویسنده، و از جمله، به مقاله زیر از اشاره دارند.

Dunbar, R. I. M. (2018). Social structure as a strategy to mitigate the costs of group living: A comparison of gelada and guereza monkeys. *Animal Behaviour*, 136, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.12.005>

[۲] هیچ پدیده زیستی وجود ندارد که بدون پراکندگی باشد!

اندورفین‌ها، در افرادی که درگیر فعالیت تمیز کردن یک‌دیگر هستند، احساس آرامشی مانند مواد افیونی، و احساس رضایت (و در نتیجه اعتماد)، ایجاد می‌کنند. ارتباط اندورفین احتمالاً در ابتدا برای تسهیل پیوند مادر و فرزندان در پستان‌داران فرگشت یافته است^[۳]. اکثر پستان‌داران به طور فعال فرزندان خود را لیس می‌زنند، و آن‌ها را در آغوش می‌گیرند، و این باعث آرامش نوزادان می‌شود. به همین دلیل است که نوزادان انسان هنگام تکان خوردن آرام می‌شوند: مشخص شده است که گوش داخلی مملو از گیرنده‌های CT است که هنگام حرکت منظم سر، فعال می‌شوند. به نظر می‌رسد این تأثیر در گونه‌های بسیار اجتماعی، برای مدیریت روابط پیوندخورده متقابل، بین بزرگسالان، مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا این روابط پس از به وجود آمدن [این سیستم عصبی] بوجود آمده‌اند، شاید به این دلیل که احساس اعتماد به طور عادی از احساس آرامش، و آرامش ناشی از افزایش اندورفین از نظافت اجتماعی [جوریدن]، ناشی می‌شود.

[۳] این ادعا درست نیست، برای این که ترکیبات اندورفینی در ماهی‌های غضروفی هم دیده می‌شود. بنابراین اندورفین‌ها حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیون سال پیش از اولین پستان‌داران وجود داشته‌اند.

[1] Bonded relationship.

[2] Endorphin.

[3] C-tactile.

[4] Myelin.

اندورفین‌ها به راستی جزء کلیدی سیستم مدیریت درد در مغز هستند. بنابراین شاید تعجب آور نباشد که آن‌ها با تمرین‌های بدنی نیز فعال می‌شوند. در واقع، آن‌ها توضیح اولیه برای "نشئه دونده" ^(۱) (یا "باد دوم" ^(۲)) هستند - نقطه‌ای در یک مسابقه طولانی که ناگهان فشارهای وارد بر بدن کاهش می‌یابد، و احساس می‌کنید می‌توانید بدون زحمت برای همیشه [بدوید]. از آن‌جا که بازی‌های گروهی، هم شامل تمرین‌های بدنی شدید، و هم تماس‌های اجتماعی است، اندورفین‌ها نیز ممکن است مسئول لذت در بازی‌های گروهی باشند ^[۴].

[۴] در کار برگردانی، ترجیح این است که هر واژه‌ایی که در متن اصلی به کار می‌رود، تنها به یک واژه برگردان شود. اما گاهی این امر ممکن نیست، زیرا یک واژه ممکن است برابری گوناگونی داشته باشد. در این جا واژه (social)، هم به معنی گروهی و هم به معنی اجتماعی به کار رفته است.

از آن‌جا که نظافت [گروهی] در ارتباط اجتماعی نخستین‌سانان نقش مهمی دارد، مدت زمان اختصاص داده شده به نظافت (که باز به مسئله زمان برمی‌گردد)، متناسب با اندازه گروه اجتماعی، افزایش می‌یابد. با این حال، این امر به این دلیل نیست که شما باید هر فرد دیگری در گروه را بچورید. بلکه این واقعیت را منعکس می‌کند که افراد، بیش‌تر روی شرکای اصلی اجتماعی خود، متحدان خود، سرمایه گذاری می‌کنند. شمار شرکای اصلی نظافت [گروهی] با اندازه گروه افزایش نمی‌یابد، اما فشار و استرس ایجاد شده توسط سایر افراد افزایش می‌یابد، و این نیاز به یک ائتلاف نسبتاً موثرتر برای رو در رویی با این استرس‌ها دارد. به نظر می‌رسد این واقعیت که جانوران بیش‌تر با متحدان نزدیک خود در گروه‌های بزرگ قرار می‌گیرند، نشان دهنده نیاز به اطمینان از این است که، پیوندها با این افراد تا حد ممکن قوی است، به طوری که در یک موقعیت زمانی که واقعاً مورد نیاز است، به طور موثر عمل خواهند کرد. سایر روابط گروه به طور مجازی، از طریق نوعی روند دوست دوست، و از طریق شناخت دیگران از طریق دیدن و شناخته‌شدگی، مورد بررسی قرار می‌گیرد (به پرسش ۸۴ نگاه کنید).

نشانه‌های قابل توجهی در مورد نخستین‌سانان وجود دارد که نشان می‌دهد باروری یک ماده، طول عمر خود او، و احتمال زنده ماندن فرزندان او در بزرگسالی، با شمار دوستانی که او دارد مرتبط است. حتی به‌بود زخم برای کسانی که دوستان بیش‌تری دارند سریع‌تر است. به عبارت دیگر، برای این گونه‌های شدیداً اجتماعی، عامل مهمی که برازش ^[۵] یک ماده را تعیین می‌کند، شبکه اجتماعی اوست، و از این رو مهارت‌های اجتماعی که او برای ایجاد و حفظ آن استفاده می‌کند، [مهم] است. این امر در مورد مردان صادق نیست، زیرا برازش آن‌ها بیش‌تر به توانایی آن‌ها در رقابت برای [به دست آوردن] جفت دارد.

[۶] تکرار می‌کنم: برازش، حاصل ضرب ماندگاری و بازآوری، در مراحل گوناگون زندگی است.

^(۱) Runner's high.

^(۲) Second wind.

در مورد روابط اجتماعی انسان‌ها نیز همین امر صادق است. مدت زمانی که به یک دوست اختصاص داده می‌شود، با میزان نزدیکی احساسی ما به او، و تمایل ما برای کمک به او، مرتبط است. ما ۴۰٪ [۷] از کل تلاش اجتماعی خود (اعم از زمان یا سرمایه عاطفی) را فقط به پنج نفر اختصاص می‌دهیم، که هم‌چون گروه حمایتی ما عمل می‌کنند (افرادی که به حمایت عاطفی، اجتماعی و مالی آن‌ها وابسته هستیم). و مانند دیگر نخست‌ی‌سانان، شمار دوستان نزدیک ما به طور قابل توجهی بر سلامتی، رفاه و حتی طول عمر ما، تأثیر می‌گذارد.

[۷] تکرار می‌کنم که هیچ رقمی نیست که برای همه ثابت باشد. همین رقم برای یک نفر ممکن است ۳۰٪ باشد و برای دیگری ۳۱٪ یا ۵۰٪. حتی برای یک فرد هم این رقم می‌تواند در یک سال ۴۰٪ باشد و در سال دیگر ۵۵٪. هر رقمی، یک مقداری پراکنش (واریانس) دارد.

با این حال، مدت زمانی که جانوران برای این نوع برهم‌کنش اجتماعی در اختیار دارند، به دلیل نیازهای دیگر آن‌ها محدود شده است (به پرسش ۸۳ نگاه کنید) و این، مانند هر [محدودیت دیگری]، محدودیتی برای اندازه گروه اجتماعی در بوزینه‌ها و میمون‌ها، تعیین می‌کند. گونه‌هایی مانند بوزینه‌های کولوبوس [۸] برگ‌خوار^(۱) مجبورند بخش زیادی از روز خود را به استراحت اختصاص دهند، زیرا تخمیر برگ‌هایی که خورده‌اند مستلزم استراحت کامل است (مانند زمانی که گاوها نشخوار می‌کنند). از آن جا که این امر با هیچ چیز دیگری سازگار نیست، زمان [قابل استفاده] آن‌ها برای برهم‌کنش اجتماعی بسیار محدود است، و آن‌ها مجبور هستند در گروه‌های کوچک ۱۰ تا ۱۵ نفره زندگی کنند. بوزینه‌های میوه‌خوار^(۲) مانند بابون [۹] از این مشکل جلوگیری می‌کنند، زیرا مواد مغذی را می‌توانند به راحتی از میوه‌ها استخراج کنند. در نتیجه، آن‌ها زمان بیش‌تری برای برهم‌کنش اجتماعی (و بازی) دارند و بنابراین در گروه‌های بسیار بزرگ‌تری زندگی می‌کنند. با وجود این، زمانی را که آن‌ها برای برهم‌کنش اجتماعی در نظر می‌گیرند، اندازه معمولی گروه‌ها را به حدود ۵۰ نفر محدود می‌کند.

[۸] تصویری از این میمون را در پانوش [۴]، پرسش ۴۵ آورده بودم.

[۹] بعضی از میمون‌ها، مانند اورنگ‌اوتان، هم میوه‌خوار هستند.

پرسش ۸۷ - پس انسان‌ها چه‌گونه گروه‌های بزرگ‌تر خود را پیوند می‌دهند؟

اگر زمان موجود برای نظافت [گروهی]، [اندازه] گروه‌های اجتماعی‌ترین بوزینه‌ها و میمون‌ها را به حدود ۵۰ فرد محدود می‌کند، پس ما انسان‌ها چه‌گونه می‌توانیم گروه‌های ۱۵۰ نفری دوستان و خانواده خود را به هم متصل کنیم (از اجتماع‌های بسیار بزرگ‌تری که اکنون در آن زندگی می‌کنیم، بگذریم)؟

(۱) Folivorous.

(۲) Frugivorous.

ما می‌دانیم که انسان‌ها از سازوکار پیوند [میمون‌ها] استفاده می‌کنند، زیرا مطالعات اسکن [1] مغز نشان داده است که نوازش آرام، مانند هنگام نظافت [یا جوریدن]، باعث افزایش اندورفین در مغز می‌شود [2]. ما هم‌چنین می‌دانیم که شیوه دل‌بستگی افراد (چقدر در روابطشان گرم یا سرد هستند) با تراکم گیرنده‌های اندورفین، به ویژه در بخش پیشین مغز ارتباط دارد. افرادی که در روابط خود خونسرد و دوری‌گزین هستند، گیرنده‌های کم‌تری دارند. گویی آن‌ها این [گیرنده‌های مغزی] را به سرعت پر می‌کنند و به نظر نمی‌رسد که دیگر بخواهند رابطه‌ای داشته باشند. ما هم‌چنین می‌دانیم که، شمار دوستانی که یک فرد دارد، با آستانه مطلق درد در آن فرد ارتباط دارد (خود این شاخصی از تراکم گیرنده‌های اندورفین است).

[1] اسکن (scan) را می‌توان به "پرتونگاری لایه به لایه" هم برگردان کرد!

[2] قدری تکرار در این جا وجود دارد.

از آن‌جا که نظافت [گروهی] (مانند نوازش در انسان) یک فعالیت کاملاً فردی است، از نظر جسمی، نمی‌توان هم‌زمان به نظافت [یا جوریدن] دو نفر، با شدت مساوی، پرداخت. (اگر [حرف مرا قبول ندارید]، آن را امتحان کنید. من می‌توانم تضمین کنم که یکی از آن‌ها ناراحت می‌شود زیرا به اندازه به او توجه نمی‌شود). این یک حدِ بالا برای اندازهٔ گروه اجتماعی تعیین می‌کند که می‌تواند از طریق نظافت گروهی پیوند بخورد، و این حد، حدود ۵۰ نفر است. اجداد ما برای شکستن این سقف شیشه‌ای، برای این‌که بتوانند گروه‌های ۱۵۰ نفره را به هم متصل کنند، باید راه‌هایی برای فعال کردن سیستم اندورفین پیدا می‌کردند، که نیازی به تماس فیزیکی، نداشته باشد. اگر انجام این کار از راه دور ممکن باشد، می‌توان چندین نفر را به طور هم‌زمان "نظافت" کرد. در طول دو میلیون سال گذشته، زمانی [وجود داشته است] که اندازه گروه اجتماعی ما، برای اولین بار، محدودیت ۵۰ نفر را زیر پا گذاشت، و به نظر می‌رسد که ما روش‌های متعددی برای این کار پیدا کرده‌ایم.

این راه‌ها شامل خنده، رقص، آواز خواندن (بدون کلمات)، قصه‌گویی احساسی و بسیاری از آیین‌های مذهبی و هم‌چنین غذا خوردن گروهی، و مصرف الکل، بوده است. همه این‌ها باعث تحریک سیستم اندورفین می‌شود (حتی گاهی وقت‌ها به‌تر از نظافت [گروهی] است). هر یک از این راه‌ها این مزیت را دارد که ما می‌توانیم اندورفین را در دیگران (و هم‌چنین خودمان) بدون نیاز به لمسِ آن‌ها، فعال کنیم. این بدان معناست که شمار افرادی که، می‌توانیم به طور هم‌زمان آن‌ها را "بجوریم"، می‌تواند به طرز چشم‌گیری افزایش یابد، و به ما این امکان را می‌دهد که از زمان اجتماعی خود، بسیار کارآمدتر استفاده کنیم. گروه‌های خنده (شمار افرادی که در یک مناسبت اجتماعی با هم می‌خندند) از نظر اندازه، همانند گروه‌های مکالمه (حدود چهار نفر) هستند. گروه‌های رقص حدود هشت نفر هستند. گروه‌های خوانندگی می‌توانند بسیار بزرگ‌تر باشند، شاید چندصد نفر.

به نظر می‌رسد که خنده، قدیمی‌ترین راه است (خنده، احشایی‌ترین و غیرقابل‌کنترل‌ترین حس است و ما در این کار همانند میمون‌های بزرگ هستیم). احتمالاً، خنده هم‌چون یک رفتار، اولین

[1] Scan.

بار در حدود دو میلیون سال پیش هنگامی که جنس هومو به وجود آمد، ظاهر شد [۳]. آواز و رقص احتمالاً بعدها پس از ظهور انسان‌های باستانی، [حدود] نیم میلیون سال پیش، به دلیل نیاز به گروه‌های بزرگ‌تر، به صورت ابزاری، به جعبه ابزار [رفتارهای انسانی]، افزون شد. ضیافت و قصه‌گویی، همراه با زبان کاملاً مدرن، ممکن است پس از آن، با ظهور انسان‌های مدرن، به وجود آمده باشد.

[۳] با توجه به این‌که نویسنده، هم در این بند و هم در بند پیش، اذعان کرده بود که میمون‌ها هم می‌خندند، پس خنده باید پیش از پیدایش جنس هومو (Homo) به وجود آمده باشد، شاید ۷ تا ۸ میلیون سال پیش (اگر خنده را به میمون‌ها محدود کنیم).

پرسش ۸۸ - چه‌گونه می‌توانیم فرگشت فریب را توضیح دهیم؟

هنگامی که انگاره مغز اجتماعی (به پرسش ۸۵ نگاه کنید) برای اولین بار مطرح شد، به راستی برای توضیح توانایی جانوران، برای فریب دادن یک‌دیگر، به منظور سرقت خوراکی‌ها و منابع دیگران، بود. این حس، نقشه کشیدن سیاسی بود که باعث شد به نام انگاره هوش ماکیاولی، به یاد فیلسوف سیاسی مشهور ایتالیایی اواخر قرون وسطی [۱]، نیکولو ماکیاولی [۲]، نام‌گذاری شود.

[۱] ماکیاولی متولد ۱۴۶۹ است. پس او را باید متعلق به دوره رنسانس دانست.

مشکل این دیدگاه این است که سرقت و فریب، مخرب زندگی اجتماعی است و به ناچار منجر به انحلال گروه‌ها می‌شود تا ثبات آن‌ها. این نوعی مجانی‌سواری است: من تمام کارهای سخت برای کندن ریشه آب‌دار [یک گیاه] را به خوبی انجام می‌دهم، و شما، آن را از من می‌دزدید. به عبارت دیگر، این [هم یکی از] هزینه‌های دیگری [است] که برای زندگی گروهی پرداخت می‌شود، تا اندازه گروه را در برابر هر گونه مزایایی که گروه دارد، محدود نگه دارد، مانند مشکل اصلی باروری (به پرسش ۸۲ نگاه کنید).

مسئله واقعی این است که شما تنها در صورتی می‌توانید از شخصی سوء استفاده کنید که واقعاً با او زندگی کنید، بنابراین زندگی گروهی باید پیش از این نوع رفتارهای ماکیاولیستی، فرگشت یافته باشد. نه در فرگشت، و نه در روان‌شناسی روزمره، نمی‌توانید فردی را دعوت کنید تا به گروه شما بپیوندد تا بتوانید از آن‌ها سوء استفاده کنید. اما ممکن است بتوانید هنگامی که آن‌ها در گروه شما هستند، از آن‌ها سوء استفاده کنید. و اگر رفتار ماکیاولیستی مستلزم مغزهای بزرگ‌تر از حد متوسط است، در این صورت قرار گرفتن در گروهی که از نظر ثبات، به مغز بزرگی وابسته است، آن را به توسعه عادی فرگشتی، تبدیل می‌کند.

با این وجود، بین دروغ‌گویی ضد اجتماعی (یا خودخواهانه) و دروغ‌گویی اجتماعی تمایز مهمی وجود دارد. ناهم‌گونی در اهداف دروغ‌گو نهفته است: دروغ‌گویی ضد اجتماعی به دنبال کسب مزیت به هزینه شخص دیگر است، در حالی که دروغ‌گویی اجتماعی به بازسازی روابط در

^(۱) Niccolò Machiavelli.

زمینه‌هایی که رابطه ضعیف شده است، یا ممکن است ضعیف باشد، می‌پردازد. نمونه‌هایی از مورد دوم عبارت است از: گفتن این‌که شخصی چقدر زیبا به نظر می‌رسد، در حالی که شما زیر تأثیر مدل مو یا لباس جدید او قرار نگرفته‌اید (اما نمی‌خواهید با گفتن این جمله او را ناراحت کنید)، سرپوش گذاشتن بر بی‌احتیاطی یا کوتاهی‌های جزئی (برای جلوگیری از ایجاد مشاجره غیر ضروری)، و شاید، یک پست آنلاین را "دوست" داشته باشید، زیرا نمی‌خواهید دوستان خود را ناراحت کنید [۲]. به عبارت دیگر، فریب، بیش‌تر در مورد خنثی کردن انواع چیزهای جزئی و روزمره است، که می‌تواند به راحتی درک نشود، و به طور ناخواسته، به یک رابطه آسیب برساند.

[۲] نویسنده با انتخاب این مثال‌ها ممکن است این توهّم را به وجود آورد که پدیدهٔ فریب یک پدیدهٔ انسانی و آگاهانه است. باید بگوییم که فریب، پدیده‌ای است که در جانوران و گیاهان هم دیده می‌شود. بنابراین فریب، امری نیست که یک فرد (مثلاً یک گیاه)، به صورت برنامه‌ریزی شده، برای کسب منفعت از یک فرد دیگر (مثلاً یک گیاه دیگر)، انجام دهد. فریب، عملی است ناآگاهانه و برنامه‌ریزی نشده، که بخشی از یک جمعیت انجام می‌دهد، و اگر فریب به افزایش برازش داروینی برای خود آن‌ها، و یا جمعیت آن‌ها، بیانجامد، ممکن است بسامد بیش‌تری در نسل‌های آیندهٔ آن جمعیت پیدا کند. تمام مثال‌هایی که در پرسش ۱۴ مطرح شده‌اند، در مورد فریب است. در ضمن، فریب، بخشی از همان پدیده‌هایی است که پیش از این با نام راه‌برد پایدار فرگشتی یا ESS (Evolutionary Stable Strategy) از آن نام برده شد و به راحتی با مدل‌های مشهور به نگره بازی (game theory) تحلیل می‌شود (به پرسش‌های ۷۳ و ۷۹ نگاه کنید). فریب، از نوع آگاهانهٔ آن در انسان، بخش بسیار بسیار کوچکی از تمام فریب‌هاست.

ثبات جامعه به یک قرارداد اجتماعی غیررسمی بستگی دارد - یک توافق نانوشته و ناگفته برای رفتار خوب و صادقانه. به نظر می‌رسد ما نسبت به نقض قرارداد اجتماعی، بسیار حساس هستیم: انسان‌ها، بیش‌تر در حل تنگناهای منطقی انتزاعی، ضعیف هستند، اما وقتی همان معضل منطقی، در قالب یک معضل اجتماعی قرار می‌گیرد، هیچ مشکلی در حل صحیح آن نداریم. ما هم‌چنین نسبت به آشکار شدن [یا لو رفتن] حساس هستیم: برای بسیاری از افراد، احساس گناه و خجالت، انگیزه محرک قوی برای فرار از خطوط اجتماعی هستند - در واقع، به آن اندازه، که به نظر می‌رسد که قرار دادن یک جفت چشم، در یک فضای عمومی، برای کاهش سرقت‌های کوچک، و آشغال ریختن در معابر عمومی، بسنده است (پدیده چشم‌های تماشاگر). و ما یک سازوکار (شایعه‌پراکنی) داریم تا اطمینان حاصل کنیم که، اطلاعات مربوط به رفتارهای بد دیگران، در شبکه [ارتباطی ما] پخش می‌شود. همهٔ این‌ها بخشی از سازوکار محافظتی است که ما انسان‌ها برای جلوگیری از فریب‌کاران و مجانی‌سواران در راه تخریب یک پارچگی، (و اندازه) گروه‌های اجتماعی خود، ایجاد کرده‌ایم.

از آن‌جا که زندگی در گروه‌های اجتماعی پایدار، بیش از هر چیز به اعتماد بستگی دارد (من اطمینان دارم که از من سوء استفاده نخواهید کرد)، ما از نشانه‌های زیادی هم‌چون راه‌نمای سریع و خشن، برای [کشف] اعتماد استفاده می‌کنیم، که بیش‌تر آن‌ها خاستگاه فرهنگی دارند. به نظر می‌رسد همه این‌ها، نشانه‌هایی است که جامعه‌ای را که در آن بزرگ شده‌ایم، و از این رو گروهی از افراد را که به اندازه آن‌ها را می‌شناسیم، تا به طور ضمنی به آن‌ها اعتماد کنیم، مشخص می‌کند. آن‌ها شامل داشتن (۱) گویش یک‌سان هستند؛ (۲) بزرگ شدن در یک مکان؛ و (۳) داشتن مسیر آموزشی یک‌سان؛ (۴) سرگرمی‌ها و دل‌بستگی‌های یک‌سان؛ (۵) دیدگاه‌های اخلاقی / مذهبی / سیاسی یک‌سان؛ (۶) حس شوخ طبعی، و (۷) ذوق و سلیقه موسیقی مشابه. این‌ها هفت ستون

دوستی را تشکیل می‌دهند و همراه با داستان‌های مردمی و تاریخ اجتماعی ما (به پرسش ۹۱ نگاه کنید)، جهان‌بینی فرهنگی ما را درباره این‌که ما کیستیم و چه‌گونه به وجود آمده‌ایم، تشکیل می‌دهند. هرچه شمار بیش‌تری از آن‌ها را با شخصی [دیگر] در اشتراک داشته باشیم، بیش‌تر به او اعتماد داریم، احتمال این‌که او یک دوست خوب باشد بیش‌تر است، و بیش‌تر نسبت به یکدیگر دگروست هستیم.

پرسش ۸۹ - جوامع نخست‌سانان چه‌گونه فرگشت یافته‌اند؟

نخست‌سانان یکی از قدیمی‌ترین دودمان‌های پستان‌داران هستند که پیدایش آن‌ها به پیش از گونه‌مرگی دایناسورها برمی‌گردد (به پرسش ۴۷ نگاه کنید)، اگرچه نخست‌سانان اولیه بیشتر همانند سنجاب بودند تا مانند بوزینه باشند. پس از ناپدید شدن دایناسورها، نخست‌سانان اولیه متنوع شدند و سپس، در دوران ائوسن^[۱]، که از حدود ۵۵ میلیون سال پیش آغاز شد، باعث ایجاد نخست‌سانان واقعی اولیه^[۱] ("نخست‌سانان با جنبه مدرن"^[۲]) شدند. این نخست‌سانان اولیه همه پیش‌بوزینه‌ایی^[۳] بودند و مانند اعضای مدرن این گروه (لمورهای ماداگاسکار و گلاگوهای سرزمین اصلی آفریقا^[۲]) شب زنده‌دار بودند (همان‌طور که از چشم‌های بسیار بزرگ‌شان می‌توان فهمید) (به پرسش ۶۳ نگاه کنید)، و با بدن‌های کوچک؛ آن‌ها با سرعت حرکت می‌کردند، و روی درختان می‌پریدند (مانند سنجاب‌ها)، و احتمالاً معمولاً تنها زندگی می‌کردند.

[۱] منظور نخست‌سانانی است که همانند بوزینه باشند و نه همانند سنجاب.

[۲] برای دیدن تصویری از گلاگو به پرسش ۱۱ نگاه کنید.

پیدایش نخست‌سانان انسان‌نما^[۴] (بوزینه‌ها و میمون‌ها)، در حدود ۴۰ میلیون سال پیش، عمدتاً با اتخاذ یک شیوه زندگی روزانه، بر اساس بینایی رنگی بسیار گسترش یافته، و تغییر از حشره‌خواری^[۵] به برگ‌خواری^[۶] و میوه‌خواری^[۷] همراه بود. اولین گونه‌ها هنوز درختی بودند، و مانند بسیاری از تبارزادگان خود در جنگل‌های متراکم زندگی می‌کردند. با این حال، با سردتر شدن آب و هوا، از حدود ۲۰ میلیون سال پیش، برخی از تبارزادگان [آن‌ها از بالای درختان] به کف جنگل رفتند، و سپس از جنگل‌ها به درخت‌زارها و مراتع مجاور رفتند. هر یک از این حرکت‌ها با خطر شکارشدن بیش‌تر، گروه‌های بزرگ‌تر، سیستم‌های اجتماعی پیچیده‌تر، و مغز بزرگ‌تر، همراه بود (به پرسش‌های ۸۱ و ۸۵ نگاه کنید).

به نظر می‌رسد سیر تحول گروه‌های اجتماعی برای همه این دودمان‌ها مسیر مشابهی را دنبال کرده است. افرادی که به تنهایی زندگی می‌کردند ابتدا به گروه‌های کوچک چند نر/چند ماده و

[1] Eocene.

[2] Primates of modern aspect.

[3] Prosimian.

[4] Anthropoid.

[5] Insectivory.

[6] Folivory.

[7] Frugivory.

سپس، همراه با افزایش مخارج خطر شکارشدن، به گروه‌های بزرگ‌تر تبدیل شدند. در زمانی که اندازه گروه در حد متوسط بود، احتمالاً گونه‌ها بین گروه‌های دارای چندین نر بالغ، و گروه‌هایی که دارای یک نر در حال تکثیر بودند، بسته به این‌که آیا نرهای منفرد توانای به دفاع موفقیت‌آمیز از گروه‌های ماده در برابر رقبا هستند یا خیر، نوسان داشت (به پرسش ۷۸ نگاه کنید). با این حال، زیر فشار ناشی از خطر نوزادکشی^(۱)، گروه‌های چند نری گاهی به گروه‌های زایشی دونفری تقسیم می‌شدند و مناطق جداگانه‌ای را اشغال می‌کردند، که در آن هر ماده با یک نر، که هم‌چون محافظ او عمل می‌کرد (انگاره محافظ^(۲))، وجود داشت.

به نظر می‌رسد که در نخستین‌سانان، پیوندجفتی تک‌جفتی، یک بن بست جمعیتی و شناختی بوده است، زیرا به نظر نمی‌رسد که گونه‌هایی که به آن وارد شده‌اند، هرگز بازگردند و به سایرچیدمان‌های اجتماعی روی آورند. به نظر می‌رسد گونه‌هایی که از این مسیر عبور می‌کنند برای همیشه در آنجا گیر می‌کنند. این امر در گوشت‌خواران و در سم‌داران صادق نیست، و به نظر می‌رسد در آن‌ها، ورود و خروج از تک‌جفتی رایج بوده است. در نخستین‌سانان، به نظر می‌رسد خواسته‌های روانی تک‌جفتی پایدار، آن‌قدر ناهم‌گون است که نیاز به تغییرهایی در مدارات مغزی دارد، که به راحتی قابل برگشت نیست^[۳]. ممکن است این به خاطر انواع روابط پیوندخورده باشد، که در نخستین‌سانان از مدت‌ها پیش برای تک‌جفتی، فرگشت یافته بودند. برعکس، گوشت‌خواران و سم‌داران روابط بسیار ناپایدارتری دارند و بنابراین شکل‌های تک‌جفتی آن‌ها ممکن است [ثبات] کم‌تری داشته باشد^[۴].

[۳] این ادعا نباید چیزی بیش‌تر از یک "حدس" باشد.

[۴] در این‌جا هم قدری تناقض‌گویی وجود دارد. نویسنده، پیش از این، در مورد سگ‌سانان گفته بود که تک‌جفتی با ثبات دارند.

نوزادکشی توسط نرها یک مشکل عمومی در پستان‌داران است، زیرا سرمایه‌گذاری مادر (بارداری و شیردهی)، دراز مدت است (به پرسش ۷۵ نگاه کنید). با این حال، این یک خطر نسبتاً جزئی برای اکثر پستان‌داران است، و فقط در گونه‌هایی که مانند نخستین‌سانان دارای مغز بزرگ هستند، و در نتیجه فاصله بسیار زیادی بین تولدها وجود دارد، به یک مشکل جدی تبدیل می‌شود. تا زمانی که نوزاد به خوردن شیر مادر ادامه می‌دهد، سیستم غدد درون ریز، قاعدگی را از کار می‌اندازد، و باعث آمنوره قاعدگی می‌شود (به پرسش ۸۲ نگاه کنید). در همه پستان‌داران (از جمله انسان)، این سازوکار با میزان شیر خوردن نوزاد تعیین می‌شود: عامل اصلی برای کلید خوردن بین باروری و ناباروری (و بالعکس) دقیقاً یک بار شیر خوردن در هر چهار ساعت است. به نظر نمی‌رسد که طول مدتی که نوزاد در حال شیر خوردن است اهمیت داشته باشد.

به همین دلیل، نوزادکشی عامل اصلی فرگشت اجتماعی پستان‌داران بوده است^[۵]. هنگامی که یک یا چند نر، یک گروه اجتماعی را تصرف می‌کنند، با کشتن نوزادان موجود، باعث تنظیم مجدد

^(۱) Infanticide.

^(۲) The bodyguard hypothesis.

سیستم غدد درون ریز ماده‌ها می‌شوند. [جانور] ماده طی چند هفته دوباره چرخه قاعدگی خود را شروع می‌کند، و ظرف چند ماه باردار می‌شود [۶]. برای یک نر که دوره فعالیت او هم‌چون یک نر در حال بازآوری، معمولاً فقط دو یا سه سال است، نیاز به انتظار، برای یک یا دو سال تا زمانی که نوزاد، شیرخواری از مادر خود را متوقف کند، نشان دهنده از دست دادن قابل توجهی در کل بازآوری (و در نتیجه برازش) او است. فشار فرگشتی برای [تغییر وضعیت] ماده تا حد امکان شدید است و با افزایش طول چرخه بازآوری عادی ماده (زمان بین یک تولد تا بعد)، افزایش می‌یابد. در گونه‌هایی که ماده‌ها ائتلاف می‌کنند، ماده‌ها بیش‌تر با یک نر نوزادکش مبارزه می‌کنند. اگرچه نرها بسیار بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند، اما [اندازه بزرگ‌تر بدن] همیشه به نرها کمک نمی‌کند. این یک مثال کلاسیک از درگیری بین‌جنسی ^(۱) است (به پرسش ۷۷ نگاه کنید).

[۵] این که یک مشکل برای یک فرد تاثیر بزرگی داشته باشد، به معنی مشکل بزرگ برای جمعیت نیست. یک مشکل بزرگ برای یک فرد، وقتی به یک مشکل بزرگ برای جمعیت تبدیل می‌شود که بسامد آن بالا باشد.

[۶] در بسیاری از نوشته‌ها، نویسندگان برای راحتی کار از بیانی غایت‌گرا (teleologic)، هدف‌مند (purposeful) یا اراده‌گرا (volitional) استفاده می‌کنند. این نوع نوشتن معمولاً باعث بدفهمی می‌شود. این جمله را می‌توان به این صورت هم نوشت: "به دلیل‌هایی که ما نمی‌دانیم چه هستند، بعضی از نرها، هنگام تصرف یک گروه از ماده‌ها، نوزادان را می‌کشند. در مادرانی که نوزادان خود را از دست داده‌اند، چرخه تولید هورمون‌ها به زودی به جریان می‌افتد، و چنین مادرانی زودتر آماده جفت‌گیری می‌شوند. نتیجه این می‌شود که نرهای نوزادکش، به نسبت نرهایی که نوزادکش نیستند، فرزندان بیش‌تری پیدا می‌کنند. اگر، و تنها اگر، نوزادکشی مبنای ژنتیکی داشته باشد، آن وقت فرزندان نر یک نر نوزادکش، ممکن است بیش‌تر از فرزندان دیگر نرها، نوزادکشی کنند. این روند، نوعی و بخشی از روند گزینش زیستاری (natural selection) است. اگر نیروهای فرگشتی دیگر (مهاجرت (migration)، جهش ژنتیکی (mutation)، روندهای تصادفی (random processes) که تابعی از اندازه کوچک جمعیت هستند، و سامانه‌های آمیزشی (mating systems)) در همراهی با نوزاد کشی عمل کنند، ادامه این روند طی هزاران نسل و در هزاران هزار گروه، اندک اندک، به افزایش شمار نرهای نوزادکش در جمعیت می‌انجامد. اگر نیروهای فرگشتی، در همراهی با نوزاد کشی عمل نکنند، یا نوزادکشی در جمعیت در حد خاصی باقی می‌ماند، و یا از بین می‌رود". خواننده متوجه می‌شود که بندی من نوشتن تا حد زیادی از غایت‌گرایی، هدف‌مند بودن یا اراده‌گرایی دور است و به زبان "بی‌طرفانه" دانشیک نزدیک‌تر است. اما درازتر و پیچیده‌تر هم هست. توصیه من به خواننده این است که تنبلی نویسندگان در استفاده از بیانی غایت‌گرا، هدف‌مند یا اراده‌گرا را ببخشند، و ماوراء آن را ببینند.

پرسش ۹۰ - آیا جوامع بشری فرگشت یافته‌اند؟

طی ۱۰ هزار سال گذشته، جوامع بشری به آهستگی از ریخت (شکل) کلاسیک شکارچی-گردآور اجتماع شکافتی-هم‌جوشی ^[۱] (که در آن جامعه ای از ۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر در سه یا چهار گروه کوچک توزیع شده است و تک خانواده‌ها، هنگامی که به نفع آن‌هاست، می‌توانند بین گروه‌ها حرکت کنند) به روستاهای پایدار، شهر-کشورها، پادشاهی‌ها و سرانجام انواع دولت‌های ملی که اکثر ما اکنون در آن‌ها زندگی می‌کنیم، تبدیل شده‌اند. مردمان زمان ملکه ویکتوریا، حتماً فکر می‌کردند این یک پی‌آمد عادی فرگشتی است. با این حال، فرگشت تقریباً هرگز در مسیری که در بالا به آن اشاره شد، حرکت نکرده است، بنابراین به‌تر است به چنین ادعاهایی مشکوک باشیم ^[۲].

^(۱) Intersexual conflict.

[۱] یادآوری می‌کنم که "اجتماع شکافتی-هم‌جوشی" گروهی است که اعضای ثابت ندارد و افراد به دلخواه خود به آن می‌پیوندند یا از آن جدا می‌شوند.

[۲] ساختار این جمله را عوض کردم!

شیوه تفکر به‌تر در این مورد، دیدگاه "کارکرد" برای گروه‌های اجتماعی است (یا ارزش سازگاران^(۱)). تقریباً در همه پرندگان و پستان‌داران، جانوران به صورت گروهی، هم‌چون دفاعی در برابر شکارگران، زندگی می‌کنند. اندازه گروه، نشان دهنده خطر شکار است. جامعه‌شناسان تاریخی استدلال کرده‌اند، که تلاش برای استقرار در دوره نوسنگی^(۲)، و رشد تدریجی در اندازه شهرک‌نشین‌های پس از آن، نتیجه تجاوز هم‌سایگان بوده است. به عبارت دیگر، سایر انسان‌ها به طور فزاینده‌ای شکارچی شدند و از نظر اهمیت، جای‌گزین [جانوران] شکارگران معمولی شدند، زیرا ما به سان یک گونه، موفق‌تر شدیم، و تراکم جمعیت ما افزایش یافت^(۳). این امر گروه‌های پراکنده ساکن در اردوگاه^(۳) را مجبور کرد تا در روستاهایی گرد هم بیایند که بتوانند از خود در برابر مهاجمان به طور موثرتری دفاع کنند. این‌که این امر در هزاره‌های پس از آن هم‌چنان مشکل ساز بوده است، در شمار زیادی از قلعه‌های عصر آهن در اروپا دیده شده است^۱: [این نشانه‌ها] نشان می‌دهند که قلعه‌ها همیشه در موقعیت‌های دفاعی ساخته شده‌اند، بسیاری از آن‌ها دارای خندق‌های پر از نوک پیکان و نشانه‌هایی مبنی بر تخریب در اثر آتش سوزی بوده است.

^۱ عصر آهن: تقریباً ۱۱۰۰ سال پیش از میلاد تا ۴۰۰ سال پس از میلاد.

[۳] جمله‌های این بند، بوی ملتوس (Malthus) می‌دهند.

مانند سایر روندهای زیست‌شناسانه، هرگونه تغییر در کارکرد چیزی، پی‌آمد اجتناب‌ناپذیری در سایر نقاط سیستم دارد. رشد اندازه شهرک‌ها، حداقل سه مشکل عمده ایجاد می‌کند. یکی بوم‌شناسانه است: نحوه تغذیه جمعیت بزرگ و متمرکز در فضایی [محدود]. جستجوی خوراک، از یک لانه مرکزی، به ناچار، محیط نزدیک به مرکز را، بی‌ثمر می‌کند، به طوری که با گذشت زمان، افراد مجبور می‌شوند خوراکی خود را از دورتر و دورتر پیدا کنند، و بدین ترتیب، خود را بار دیگر در تیررس خطر حمله مهاجمان و شکارگران معمولی، که شهرک برای جلوگیری از آن طراحی شده بود، قرار دهند. راه حل این امر کشاورزی بود، یا حداقل، تشدید نوعی از کشاورزی ناپایدار که شکارچی-گردآورهای آن زمان انجام می‌دادند.

هزینه دوم، استرس زندگی در نزدیکی دیگران است (به پرسش ۸۲ نگاه کنید). زندگی در نزدیکی دیگران به ناچار منجر به افزایش نزاع‌های کوچک و حتی خشونت آشکار می‌شود، زیرا مردم به طور فزاینده‌ای از یک‌دیگر سر می‌خورند. مورد سوم، مشکل هم‌آهنگی معمولی است: چه‌گونه می‌توان همه را در [باره یک موضوع هم‌آهنگ] نگه داشت و به ویژه چه‌گونه از خروج افراد از گروه، در نتیجه این استرس‌ها، جلوگیری کرد و در نتیجه مزایای دفاعی داشتن یک گروه بزرگ را

^(۱) Adaptive value.

^(۲) Neolithic.

^(۳) Camp.

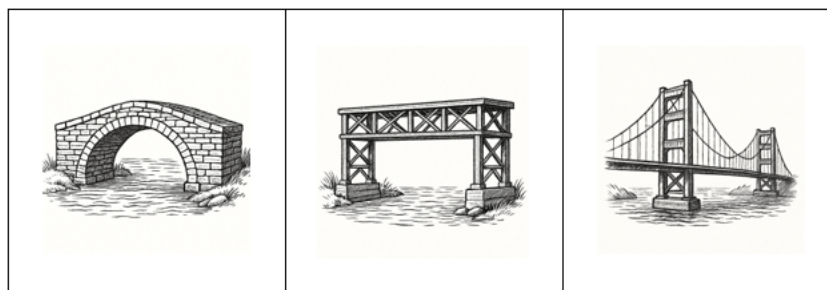
از دست نداد. یک راه حل، فرگشت سیستم‌های اجتماعی سلسله مراتبی بود، که در آن یک رئیس قوی، هم اراده خود و هم ثبات سیاسی را، به جامعه تحمیل می‌کند. با این امر، ناگزیر قوانین و نیروهای پلیس به وجود می‌آیند. در ارتباط با این‌ها، فرگشت ادیان اعتقادی صورت گرفته است [۴] [۵] (به پرسش ۹۷ نگاه کنید).

[۴] نویسنده در این جا توضیحی زیست‌شناسانه برای به وجود آمدن دین ارائه می‌دهد. در بندهای بعد، نویسنده توضیحی غیر مارکسیستی (و غیر شیوه تولیدی) از تطور جوامع ارائه می‌کند.

[۵] در این جا، اشاره به "فرگشت ادیان اعتقادی"، بدون مقدمه است، در این معنی که رشته استدلال ضعیف است.

تحلیل آماری مفصل، از گسترش تاریخی جوامع آسترونزی^(۱) و پولی‌نزی در اقیانوس آرام نشان می‌دهد که این جمعیت‌ها، گام به گام، در امتداد یک مسیر در مکان‌های گوناگون فرگشت یافته، و اندک اندک از جوامع ساده روستایی بدون ساختار رسمی و بدون سرپرست، به قبیله‌های ریاستی ساده، سپس قبیله‌های ریاستی پیچیده با آیین‌ها و سلسله مراتب مقامات، تغییر کرده‌اند، و بالاخره به کشورهای نوپای برابر با پادشاهی رسیده‌اند. این تغییرهای ساختاری، نتیجه ساده نیاز به مدیریت شمار بیش‌تری از روابط متقابل در جوامعی است که بزرگ می‌شوند [۶]. این امر را می‌توان با این دانسته نشان داد که وقتی دولت‌ها شکست می‌خورند و رو به افول می‌روند، معمولاً همراه با کاهش جمعیت، از همان مسیر، به صورت برعکس، برمی‌گردند.

[۶] این جا، جای مناسبی، برای این‌که من نظرم را درباره دیالکتیک (dialectic) بگویم، نیست. ولی مختصر می‌گویم که یکی از مفاهیمی که به اشتباه با دیالکتیک یکی شناخته می‌شود، رابطه بین "اندازه، مواد و طراحی" در پدیده "دگرگونی‌های وابسته به مقیاس (Scale Dependent Transformation)" است. مثال محبوب من در این زمینه ساختن انواع پل است.



اگر بخواهیم پل کوچکی بسازیم، با موادی ساده، مثل سنگ، و با یک طراحی ساده، مثل طاق ضربی، می‌توانیم پل را بسازیم. اما اگر ابعاد پل را زیاد کنیم (طول پل زیاد شود و یا ارتفاع پل زیاد شود) ممکن است مجبور شویم که مواد ساختمانی یا طراحی پل و یا هر دو را عوض کنیم. در مورد ساختن پل می‌دانیم که یک طاق ضربی را نمی‌توان از حدی بزرگتر کرد (به خاطر تاب نیاوردن سنگ، زیر بار وزن خودش یا به خاطر وزن اضافی موادی که برای پر کردن اسپندردل (spandrel) به آن‌ها نیاز است. به همین دلیل، پایه‌های پل سنگی را هم از حدی نمی‌توان بلندتر کرد، چون سنگ‌های زیرین پایه، خورد می‌شوند). بنابراین برای بزرگ‌تر کردن پل، در ابتدا می‌توان از تیر چوبی و یا تیر آهن استفاده کرد. ولی در نهایت، با افزایش بیش‌تر درازای پل، مجبوریم طراحی پل را به پل معلق، و مواد را به ترکیبی از تسمه‌های فولادی و پروفیل‌های فولادی با شکل‌های گوناگون، عوض کنیم. مثال دیگر در استفاده از همین برداشت

^(۱) Austronesian.

غیردیالکتیکی، خوراک‌رسانی به یک شهر است. با محاصره یک شهر کوچک با شماری ده، می‌توان مواد خوراکی تازه را به شهر رساند. اما اگر اندازه شهر از حدی عبور کرد، باید به تعویض طراحی و مواد دست زد. به جای ده، باید به مجتمع‌های صنعتی-کشاورزی متکی شد و به جای مواد خوراکی تازه، باید به خوراک‌های بسته‌بندی شده روی آورد. مثال دیگر وضعیت ترافیک شهری است. حتی با ایجاد راه‌های روزمینی (پل)، زمینی (خیابان) و زیرزمینی (مترو) نمی‌توان مشکل ترافیک یک شهر چند میلیونی را حل کرد. در این صورت تغییر طراحی سیستم اداری کشور، از نظر قرارداد سازمان‌های اداری در شهرهای گوناگون و کم کردن نیاز به مراجعه حضوری، اجباری می‌شود. با این تعریف و برداشت غیر مارکسیستی که از پدیده‌های غیردیالکتیکی عرضه کردم، روشن می‌شود که بزرگ کردن اندازه یک گروه، لاجرم به تغییر مواد مورد نیاز و طراحی گروه، می‌انجامد. برای شرح مفصل‌تری از نگاه من به دیالکتیک به پیوند زیر نگاه کنید:

<https://hosseinjorjani.com/dialectic/>

برخی از جوامع، مانند هاتریت‌های ^{1} آمریکای شمالی، عمداً با تقسیم گروه‌های خود، در هر زمان که شمار آن‌ها از ۱۵۰ نفر بیشتر شود، از این مشکل دور می‌شوند. آن‌ها این کار را دقیقاً به این دلیل انجام می‌دهند که می‌خواهند از داشتن سلسله مراتب و قوانین، برای مدیریت امور و روابط خود، اجتناب کنند. با کوچک نگه داشتن اندازه جامعه، آن‌ها می‌توانند روابط خود را تنها با فشار هم‌سالان مدیریت کنند. به نظر می‌رسد که لزوم نیازی به حرکت در مسیر دولت-ملت نیست، اما برای اجتناب از این کار، باید اندازه جامعه خود را بسیار کوچک نگه دارید. اگر به هر دلیلی، نیاز به افزایش اندازه اجتماع دارید، به نظر می‌رسد راه رفتن ^{2} فرگشتی اجتناب ناپذیر است، زیرا ما سازوکارهای اجتماعی، و روانی دیگری، که استرس‌های زندگی در جوامع بزرگ را به نحوی دیگر کاهش دهند، نداریم.

^{1} Hutterites.

^{2} Treadmill.

فصل ۱۰: فرگشت فرهنگ

پرسش ۹۱ - آیا فرهنگ فرگشت می‌یابد؟

فرهنگ، آن دسته از جنبه‌های رفتار و باورهای ما است، که از طریق والدین به فرزندان، یا بین دو فرد نامرتب، با تقلید و آموزش، منتقل می‌شود. با توجه به این که [یک معنی ساده از] فرگشت این است که ویژگی‌ها در طول زمان تغییر می‌کنند، و همه پدیده‌های فرهنگی در طول زمان تغییر می‌کنند، طبیعتاً فرهنگ مورد توجه زیست‌شناسان فرگشتی بوده است. دو نمونه از فرگشت فرهنگی، که به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، و تغییرهایی که طی هزاران سال از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند، داستان‌ها و زبان‌های مردمی^(۱) هستند.

از داستان مردمی معروف به "داستان دختران مهربان و نامهربان" (یا فقط "داستان دو خواهر") در حدود ۷۰۰ نسخه در سراسر اروپا وجود دارد. همه آن‌ها به روشنی از همان نسخه اجدادی چندین هزار سال پیش سرچشمه گرفته‌اند - حتی می‌توان گفت که پیش از ورود سخن‌گویان زبان‌های مدرن اروپایی به اروپا، در حدود ۶۰۰۰ سال پیش، [این داستان وجود داشته است] (به پرسش ۹۳ نگاه کنید). حدود ۹٪ از تغییرهای در ساختار داستان، با ناهم‌گونی بین جمعیت‌های جغرافیایی توضیح داده می‌شود (تقریباً به همان نسبت که در تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌های انسانی پیدا می‌کنیم^(۱))، و [این رقم] احتمالاً چیزی همانند تغییرهای ژنتیکی را منعکس می‌کند (به پرسش ۲۹ نگاه کنید). هم‌آن‌طور که داستان از خاستگاه خود در فضا و زمان دورتر می‌شود، خطاها و تغییرها را در گفتار، انباشته می‌کند، و این کار را با سرعت کم و بیش ثابت انجام می‌دهد.^[۲] گروه قومیت زبانی^(۲) نیز، برخی از پراکندگی‌ها را توضیح می‌دهد، و [چنین به نظر می‌رسد] که نسخه‌های خاصی از داستان، در دودمان‌های زبانی، هم‌چون بخشی از میراث فرهنگی زبانی خودشان، منتقل شده، و به [همراه گسترش این زبان‌ها] پراکنده، و متنوع می‌شوند.

[۱] برای من روشن نیست که رقم ۹٪ "در تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌های انسانی" به چه چیزی اشاره دارد.

[۲] این توصیف‌ها باید برای فارسی‌زبانانی که مقدمه آثار ادبی فارسی را خوانده‌اند، آشنا باشد. مثلاً شاهنامه فردوسی یا دیوان حافظ، در روند نسخه‌برداری، دچار تغییر شده‌اند.

زبان‌ها نمونه بارز فرگشت فرهنگی را ارائه می‌دهند. صرف‌نظر از چند مورد قابل بحث، امروزه حدود ۶۰۰۰ زبان در جهان به کار می‌رود و احتمالاً [در گذشته] چندین برابر این شمار [زبان وجود داشته]، که در حال حاضر منقرض [گونه‌مرگ] شده‌اند. اگرچه این زبان‌ها اکنون همه متقابلاً

(۱) Folk.

(۲) Ethnolinguistic.

غیرقابل درک هستند (این تعریف زبان است)، اما بر اساس همانندی در کلمه‌ها و ساختار دستوری، آن‌ها به حدود ۶۰ خانواده از زبان‌های مرتبط و نیم‌دوجین از ابر گروه‌ها به نام شاخه ^{۱} [۳] زبان کاهش می‌یابد.

[۳] در جاهای دیگر واژه (phyla) را بیش‌تر به تبار برگردان کرده‌ام. اما در اینجا واژه شاخه مناسب‌تر است. برای درک جای‌گاه "شاخه" به تصویری که در پرسش ۵ گذاشته‌ام نگاه کنید.

این که زبان‌ها را می‌توان به این طریق گروه بندی کرد، اولین بار توسط ویلیام جونز ^{۲}، قاضی و تبارشناس ^{۳} و فیلسوف ولزی قرن هجدهم، تشخیص داده شد، که در حین کار در هند، تشخیص داد که زبان سانسکریت بسیاری از کلمه‌های مشترک با لاتین و یونانی، فارسی امروزی و زبان‌های اروپای شمالی، دارد. بر این اساس، او استدلال کرد، که این زبان‌ها، یک شاخه اجدادی زبان به نام فعلی هندواروپایی ^{۴} (یکی از چندین شاخه اصلی زبانی) را ساخته‌اند [۴]. این شامل بیش‌تر (اما نه همه) زبان‌هایی است که اکنون بین سواحل آتلانتیک اروپا و بنگال در سمت شرقی هند سخن گفته می‌شود، از جمله بسیاری از زبان‌هایی که در ایران مدرن، افغانستان و جلگه‌های شمالی هند به کار می‌رود. با بازسازی واژگان اصلی آن، از کلماتی که در تمام این زبان‌ها رایج است، می‌توان نتیجه گرفت که ریشه آن در گروهی از دام‌داران اسب‌سواری است که در استپ‌های مرکزی روسیه ^[۵] [۶] زندگی می‌کردند و حدود ۴۰۰۰ سال پیش، با گسترش سریع به سمت غرب جای‌گزین تمام زبان‌های اروپایی شدند و [هم‌چنین] به سمت جنوب، به هند و هم‌سایگان جغرافیایی آن، رفتند ^۲.

^۱ او به عنوان قاضی در کمپانی هند شرقی ^{۵} گمارده شد و مسئول رسیدگی به پرونده‌های مدنی در مناطق زیر کنترل شرکت بود. از آن‌جا که بسیاری از موارد اختلاف بین هندوها وجود داشت، که باید طبق روال محلی، مورد داوری قرار می‌گرفت، او تصمیم گرفت که به یادگیری زبان سانسکریت (زبان باستانی که همه قوانین به آن زبان نوشته شده بود) بپردازد، تا بتواند به درستی، کار خود را انجام دهد. در آن زمان بود که متوجه شد بسیاری از کلمات در زبان سانسکریت، بسیار همانند کلمات برابر یونانی باستان است.

^۲ تنها زبان پیش از هند و اروپایی که در اروپا باقی ماند، زبان باسک بود، عمدتاً به این دلیل که گویندگان آن توانستند به قله‌های کوهستانی خود در پیرنه ^{۶} فرار کنند. سایر زبان‌های غیر هندواروپایی مدرن (فنلاندی، مجارستانی و استونی)، در مقایسه، مهاجران تازه واردی هستند که پس از سقوط امپراتوری روم، پس از حملات طولانی عشایر دیگر (هان‌ها، مغول‌ها، تارتارها و دیگران) از آسیای میانه به شرق اروپا وارد شده‌اند.

[۴] نویسنده، این مطلب را قدری ساده سازی کرده است. روش‌های بررسی فرگشت زبان‌ها از زمان ویلیام جونز (متولد ۱۷۴۶ و متوفی ۱۷۹۴) فرگشت (!) زیادی یافته است. امروزه، برای ایجاد اطمینان بیش‌تر، مطالعات زبان‌شناسی با روش "سه جانبی" (triangulation) به معنی ترکیب زبان‌شناسی با باستان‌شناسی و ژنتیک صورت می‌گیرد. به این ترتیب، ریشه‌های زبانی (چه واژه‌ها و چه نحو (syntax) و چه دستور زبان (grammar)) در کنار

^{1} Phyla.

^{2} William Jones.

^{3} Philologist.

^{4} Indo-European.

^{5} East India Company.

^{6} Pyrenees.

ریشه‌های تکنیک‌های ابزارهای تولید (و مخصوصاً ابزار تولید در کشاورزی)، و گوناگونی ژنتیکی، با هم پی‌گیری می‌شوند. برای یک مثال که به ریشهٔ زبان‌هایی مانند ترکی، چینی، ژاپنی و کره‌ای می‌پردازد به مقاله زیر نگاه کنید:

Robbeets et al. (2021) Triangulation supports the agricultural spread of the Transeurasian languages. Nature. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04108-8>

[۵] و شاید به طور خاص در منطقه‌ای که از شمال دریای سیاه تا شمال دریای مازندران قرار دارد.

[۶] ادعای ریشه گرفتن زبان‌های هندواروپایی در استپ‌های روسیه (در شمال دریای سیاه) کار ویلیام جونز نیست، و به اتو شرادر (Otto Schrader) آلمانی و به سال ۱۸۸۳ منتسب است.

فرگشت فرهنگی از این نوع، همانندی‌های زیادی با فرگشت معمولی مبتنی بر ژنتیک دارد. این‌ها شامل دانسته‌هایی است [مبنی] بر این که، ما باورهای فرهنگی و شیوه‌های رفتارمان را از "والدین" فرهنگی (چه آن‌ها با ما نسبتی داشته باشند یا نه) به ارث می‌بریم، و این [امر که] ویژگی‌های فرهنگی، تمایل به "بازآوری واقعی" [۷] دارند ("فرزندان فرهنگی" دارای همان اعتقادات "والدین" فرهنگی خود هستند)، که به نظر می‌رسد که [چنین رفتارهایی] به شیوه کوانتومی رفتار می‌کنند (ما مجموعه‌ای از باورها را به ارث می‌بریم، هم‌آن‌طور که یک مجموعه‌ای از ویژگی‌های زیست‌شناسانه، مانند یک گوش یا چشم را، به تمامی به ارث می‌بریم [۸] و نه فقط بخشی از آن را)، و در طول زمان به مرور این باورها، در نتیجه خطاهای نسخه‌برداری (جهش‌ها^{۱})، به طریقی بسیار همانند رانش [تصادفی] ژنتیکی [۹]، تغییر می‌کنند (به پرسش ۲۹ نگاه کنید). کوانتوم فرهنگ توسط ریچارد داوکینز در عنوانی همانند ژن، میم^{۲} نامیده شد. اگرچه این واژگان در محافل فرگشتی مورد توجه قرار نگرفته است (عمدتاً به این دلیل که کاملاً مبهم است)، اما هم‌چون یک واژگان برای واحدهای فرهنگ [۱۰]، یک وسیله مفید است.

[۷] در اینجا، واژه (breed) را بازآوری (تولید مثل) و واژه (true) را واقعی برگردان کرده‌ام. در نتیجه (breed true) به "بازآوری واقعی" برگردان شده است. اما واژگان (breed true) واژگانی "مادون دانشیک" است که از قرن‌های گذشته به جا مانده است که به معنی "خلوص در تولید مثل" است. در استفادهٔ اولیه از این واژه، خالص بودن، مطلوب بود، و "خلوص در تولید مثل" اهمیت دادن به مفهوم "انتقال بی کم و کاست" معنی می‌شد. دانش ژنتیک از ابتدای رسمی خود در سال ۱۹۰۰، چنین چیزی را زیر علامت سوال برده است، هر چند که هنوز این واژگان، با بی‌احتیاطی، استفاده می‌شود.

[۸] این که ما یک گوش یا چشم را، "به تمامی" به ارث می‌بریم و "نه بخشی از آن را"، نشان از تفکر بسیار کاهش‌گرایانه (reductionistic) و ساده‌نگرانه (simplistic) دارد. به توضیحات من در باره "مدل تک جای‌گاهی" ("ژن")، در پانویشت [۲]، پرسش ۲۰ و پانویشت [۷]، پرسش ۲۲، نگاه کنید. صدها جای‌گاه، هر کدام با یک یا دو ال، در ساختن یک گوش یا چشم، دخالت دارند. ما، از هر یک از پدر و مادر خود، یکی از دو الی را که هر کدام از آن‌ها، در هر جای‌گاه (locus) دارند، به ارث می‌بریم و "نقشهٔ ساخت" گوش یا چشم ما نسخهٔ "تمامی" از پدر یا مادرمان نیست.

{1} Mutation.

{2} Meme.

[۹] به نظر می‌رسد که منظور نویسنده این باشد که در یک گام، جهش صورت می‌گیرد، و در گام بعد، جهش در اثر رانش تصادفی ژنتیکی در جمعیت پخش می‌شود. نویسنده فراموش کرده است که "رانش تصادفی ژنتیکی (random genetic drift)" تنها یکی از پنج نیروی فرگشتی است. چهار نیروی دیگر عبارتند از: گزینش زیستاری (natural selection)، مهاجرت (migration)، جهش ژنتیکی (mutation)، و سامانه‌های آمیزشی (mating systems). خود رانش تصادفی ژنتیکی هم بخشی از روندهای تصادفی (random processes) است.

[۱۰] تلفظ انگلیسی واژه "gene" به صورت "جین" است (نه "ژن")، در نتیجه واژه "میم"، هم وزن واژه "جین" است. من از واژه "میم"، هم‌چون واحد و عامل انتقال داده‌های (data) فرهنگی/اطلاعاتی، استفاده می‌کنم! به نظر من، مفهوم "میم" ابزار مهمی در پیش‌برد چنین بحث‌هایی است، به شرط آن‌که آن را از دیدگاه مدل تک جای‌گاهی رها کنیم.

فرگشت فرهنگی، با فرگشت ژنتیکی، از چند سمت مهم ناهم‌گونی دارد. [فرگشت فرهنگی] بسیار سریع‌تر رخ می‌دهد ("نسل"های فرهنگی، هنگامی که یک سری از افراد پی در پی از یک‌دیگر نسخه‌برداری می‌کنند، می‌تواند به اندازه چند دقیقه، کوتاه باشند، در حالی که حداقل در انسان‌ها، نسل‌های ژنتیکی ۲۵ تا ۳۰ سال طول می‌کشد). [در فرگشت فرهنگی] وراثت همیشه عمودی نیست (یعنی از والدین به فرزندان)، [بلکه] بیش‌تر می‌تواند افقی (بین دو هم‌سال غیر خویشاوند) یا مورب (بین یک آموزگار بزرگ‌تر و یک دانش آموز جوان، که نسبت خانوادگی ندارند) باشد. البته از این نظر، همانندی‌های قابل توجهی با نحوه انتقال ژن‌ها از یک ویروس به یک ارگانیسم و یا حتی یک گونه دیگر، وجود دارد.

شاید شگفت‌انگیزتر از همه این واقعیت باشد که، وراثت فرهنگی می‌تواند بسیار قابل اعتمادتر از وراثت ژنتیکی باشد. وراثت‌پذیری ^[۱] (نسبت پراکندگی در یک صفت ناشی از وراثت از یک والد به نسبت اثرات محیطی ^[۱۱]) در اکثر صفات ژنتیکی به طور معمول حدود ۲۰٪ ^[۱۲] است، در حالی که وراثت‌پذیری برخی صفات فرهنگی، مانند باورهای مذهبی، می‌تواند تا ۷۰٪ ^[۱۳] برسد. اگر می‌خواهید یک پارچگی زیست‌شناسانه یک دودمان را حفظ کنید، از قضا ممکن است به‌تر باشد [میزان بیش‌تری از] وراثت از طریق فرهنگ انجام شود و نه از طریق ژن‌ها.

[۱۱] وراثت‌پذیری یک تعریف مفهومی دارد (conceptual definition) و حداقل چهار تعریف اجرایی (operational definition). تعریفی از وراثت‌پذیری که در این‌جا آمده، به یکی از تعریف‌های اجرایی وراثت‌پذیری اشاره دارد. متأسفانه، این تعریف از وراثت‌پذیری که در این‌جا آمده، هم نادقیق است و هم اشتباه است!

اول، این تعریف نادقیق است به این دلیل که وراثت‌پذیری نسبت دو پراکنش (variance) است و نه نسبت یک پراکندگی (variation) به یک اثر. پراکندگی، یک تعریف عمومی است که به اشکال گوناگون می‌تواند نشان داده شود و پراکنش، یک تعریف خاص است، که فرمول ریاضی خاصی دارد.

دوم، این تعریف، اشتباه است به این دلیل که در مخرج این نسبت، پراکنش محیطی نیست، بلکه جمع پراکنش ژنتیکی و محیطی است. فرمول ساده برای این تعریف از وراثت‌پذیری (h^2) چنین است:

$$h^2 = (V_A)/(V_A + V_E)$$

^[۱] Heritability.

در این فرمول (V_A) پراکنش در تراز جمعیت، در مورد اثر افزایشی (additive effect) تمام جای‌گاه‌های ژنی ("ژن‌ها") است، که بر روی صفت مورد نظر اثر دارند، و (V_E) پراکنش تمام عامل‌های محیطی در تراز جمعیت است، که در برهم‌کنش با تک‌تک جای‌گاه‌ها، قرار دارند. ترکیب ($V_A + V_E$) مطابق تعریف، پراکنش فنوتیپی (phenotypic variance = V_P) خوانده می‌شود. بنابراین فرمول بالا را می‌توان به این صورت هم نوشت:

$$h^2 = (V_A)/(V_P)$$

و این همان فرمولی است که در پانوش [۱۰]، پرسش ۶۰ نوشته بودم.

[۱۲] این ادعا که "وراثت‌پذیری ... در اکثر صفات ژنتیکی به طور معمول حدود ۲۰٪ است" اشتباه فاحشی است (!) که ناشی از بدفهمی از تعریف وراثت‌پذیری است. اول آن که وراثت‌پذیری تمام صفات ژنتیکی ۱۰۰٪ است. دوم آن که، منظور نویسنده باید "وراثت‌پذیری صفات فنوتیپی" باشد، که در آن صورت باید گفت که، وراثت‌پذیری صفات فنوتیپی بین ۰٪ تا ۱۰۰٪ است. در مورد صفات "تولید مثلی" معمولاً زیر ۱۰٪ است، در مورد صفات "رشدی و تولیدی" حدود ۲۰٪ تا ۳۰٪ است و در مورد صفات "کالبد شناسانه" حدود ۵۰٪ تا ۷۰٪. بعضی صفات هم، به دلیل‌هایی که نمی‌دانیم چه هستند، وراثت‌پذیری بالاتری دارند. برای مثال می‌گوییم که، وراثت‌پذیری اسکیزوفرنی حدود ۹۵٪ است.

[۱۳] در مورد "وراثت‌پذیری برخی صفات فرهنگی مانند باورهای مذهبی"، برآوردهای دیگری که من دیده‌ام، ارقام پایین‌تری را نشان می‌دهند (بین ۱۰٪ تا ۵۰٪). دو مقاله زیر، می‌توانند تصویر نسبتاً روشنی از ارقام محاسبه شده نشان دهند. مخصوصاً مقاله کندلر (Kandler)، که یک متاآنالیز (meta-analysis) است، میانگین اندازه وراثت‌پذیری دین‌باوری را به روشنی در حد ۲۸٪ تا ۳۹٪ برآورد می‌کند.

Kandler, C. (2021). A meta-analytic review of nature and nurture in religiousness across the lifespan. *Current Opinion in Psychology*, 40, 106–113.

<https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.09.011>

Lewis, G. J., & Bates, T. C. (2013). Common genetic influences underpin religiosity, community integration, and existential uncertainty. *Journal of Research in Personality*, 47(4), 398–405.

<https://doi.org/10.1016/j.jrp.2013.03.009>

پرسش ۹۲ - چرا فرهنگ‌های انسان این قدر ناهم‌گون هستند؟

یک توضیح روشن این است که، باورها و رفتارها، با شرایط محلی سازگار هستند. آن‌ها راه‌هایی برای حل مشکل نحوه زنده ماندن، در یک محیط معین، هستند - کدام گیاهان، در صورت خوردن، سمی هستند، مکان‌هایی که بازدید از آن‌ها امن است [کدام هستند]، چه‌گونه به‌ترین گونه‌ها را شکار می‌کنند، کدام درختان برای [تهیه] یا [ساختن] کمان به‌تر هستند. مهارت‌های فوق‌العاده دریانوردان میکرونزی^(۱) و پولینزی به آن‌ها اجازه می‌دهد تا با استفاده از دانش الگوی موج‌ها، الگوی ستاره‌ها و تشکیل ابرها در بالای جزایر پراکنده، در سراسر غرب اقیانوس آرام حرکت کنند، و [این دانش‌ها را] به وسیله نمودارهایی که از چوب و پوسته [حلزون‌ها] درست شده‌اند، از استادان ناوبری به دانش‌آموزان [ملوانان جوان]، منتقل کنند. این مهارت‌ها به مردم جزایر پراکنده امکان داد و ستد با یک‌دیگر، و یافتن ایمنی در مواقع بلایا یا قحطی را می‌دهد. چنین اطلاعاتی برای جوامع غیر دریانورد در جاهای دیگر، چندان جالب نخواهد بود.

^(۱) Micronesia.

وراثت فرهنگی اجازه می‌دهد تا خرد نسل‌های پرشمار با آموزش منتقل شود، در نتیجه از خطرات، و کوشش‌های خسته‌کننده هر نسل برای یادگیری با آزمون و خطا (که با احتمال زیاد با خوردن چیزی سمی یا گم شدن کامل همراه است)، جلوگیری شود. از آن‌جا که زندگی مردم به **[وراثت فرهنگی]** بستگی دارد، گزینش زیستاری^[۱] می‌تواند این نوع از دانش فرهنگی را در طول هزاران سال ثابت نگه دارد. گفته می‌شود بومیان ساکن در سواحل جنوبی استرالیا در داستان‌های مردمی خود، نقشه بسیار مفصلی از کف دریای تاسمان^[۲] دارند - با وجود این که از پایان پسین‌ترین عصر یخبندان، در حدود ۱۰ هزار سال پیش **[که کف دریا بیرون آب بوده است]**، کف دریا دیده نشده است.

[۱] این را هم باید مثالی از استفاده بی‌جا از "گزینش زیستاری" به حساب آورد!

با این حال، برخی از پدیده‌های فرهنگی ممکن است اصلاً کارکردی آشکار نداشته باشند، و ما می‌توانیم انتظار داشته باشیم که این‌ها به طور تصادفی در طول زمان تغییر کنند، به طوری که دو جمعیت، با اجداد مشترکی در هزاره‌های پیش، ممکن است به اعتقادات کاملاً جداگانه‌ای برسند. از این نظر، فرگشت فرهنگی به شیوه‌ای همانند رانش **[تصادفی]** ژنتیکی^[۲]، رفتار می‌کند (به پرسش ۲۹ نگاه کنید). داستان‌های مردمی، مثالی **[در این زمینه فراهم می‌کنند]** (به پرسش ۹۱ نگاه کنید). در موارد دیگر، اجزای فرهنگی ممکن است هم‌فرگشت شوند زیرا در یک‌دیگر، یا در جنبه‌های دیگر رفتارهای اجتماعی یا فرهنگی مردم، قفل شده‌اند. برای مثال، اعتقاد به خدایان والا^[۳] ممکن است منجر به فرگشت یک سیستم اخلاقی شود که با مفهوم خدای همه‌بین^[۳] مطابقت دارد^[۳].

[۲] نویسنده به غلط تصور می‌کند تنها رانش ژنتیکی است که می‌تواند به ایجاد ناهم‌گونی بین جمعیت‌ها بیانجامد.

[۳] در این مورد پژوهش‌های نسبتاً فراوانی وجود دارد.

در موارد دیگر، یک سیستم فرهنگی جدید می‌تواند ناگهان جای‌گزین سیستم پیشین شود، همان‌طور که یک گونه مهاجم، می‌تواند جای‌گزین گونه پیشین شود. این امر بیش‌تر در مورد زبان‌ها پیش آمده است: پس از ترک رومیان، آنگلوساکسون جای‌گزین لاتین و سلتیک در انگلستان شد و مجارستانی پس از ورود هان‌ها، جای‌گزین زبان پیشینیان مجارستان شد. در برخی موارد، این ممکن است به این دلیل باشد که جامعه زبان پیشین از بین رفته است، اما همچنین می‌تواند زمانی پیش می‌آید که ساکنان اصلی، زبان چند مهاجم را پذیرفته‌اند، زیرا **[مهاجمین]** از نظر اجتماعی برتر هستند **[یا بوده‌اند]** (برای مثال، روشی که گول‌های^[۴] فرانسه و اسپانیا زبان لاتین را پس از تسخیرشدن توسط رومیان، اخذ کردند، که باعث بوجود آمدن زبان‌های مدرن

^[۱] Tasman Sea.

^[۲] High gods.

^[۳] All-seeing god.

^[۴] Gaul.

رومانسی ^{۱} شد). یک مثال آشنای دیگر، پذیرش دین جدید است، مانند زمانی که مسیحیت جای‌گزین ادیان بت‌پرست نارس و مذهب‌های پیش‌مسیحی آلمانی ^{۲} در شمال اروپا شد، یا اسلام که جای‌گزین دین‌های شرق نزدیک و آفریقا شد، [که تثبیت مسیحیت و اسلام] تقریباً یک شبه ^{۴} از طریق تغییر گسترده دین صورت گرفت.

[۴] نویسنده در این جا، با گفتن "یک شبه" اغراق کرده است. مثلاً برای مسیحیت نزدیک به چهار قرن طول کشید تا به مذهب رسمی در اروپا تبدیل شود.

پدیده‌های فرهنگی و به ویژه زبان‌ها می‌توانند، به طرز شگفت‌انگیزی، در طول زمان بدون تغییر باقی بمانند، گویی در حال گزینش پایاساز هستند (به پرسش ۱۲ نگاه کنید). برخی از کلمه‌ها، مانند یک ^{۳} (یا من ^{۴})، مادر، برادر، آتش ^{۵}، دست ^{۶}، سیاه ^{۷}، و تو/شما ^{۸}، در ده‌ها هزار سال به سختی از نظر شکل و معنی تغییر کرده‌اند و تقریباً در بسیاری از زبان‌های جهان یک‌سان هستند ^{۵}. بیش‌تر این‌ها کلمه‌هایی هستند که به چیزهایی اشاره دارد که هرکسی آن‌ها را تجربه کرده است و معمولاً کلمه‌هایی هستند که زیاد استفاده می‌شوند. کلمه‌هایی که به ندرت استفاده می‌شوند، به احتمال زیاد در طول زمان و فاصله، تغییر می‌کنند. آن‌ها بیش‌تر در تیررس "مد روز" هستند و مانند ژن‌های [با اثر] خنثی که در تیررس رانش [تصادفی ژنتیکی] هستند، رفتار می‌کنند ^{۶}. دستور زبان حتی می‌تواند در زبان‌ها پایدارتر باشد: به نظر می‌رسد برخی از اشکال دستوری از ۵۰ هزار سال پیش ثابت بوده است ^{۷}. این ممکن است نیازهای ارتباطی و [فشار] گزینشی‌ای را که بر توانایی ما برای برهم‌کنش با دیگران دارد، منعکس کند. ما می‌توانیم کلمه‌های جدیدی اختراع کنیم، و آن‌ها می‌توانند بسیار جذاب باشند. اما اگر دستور زبان جدیدی اختراع کنیم، هیچ کس ما را درک نمی‌کند.

[۵] این هم اغراق است!

[۶] در مورد "ژن‌ها، با هر نوع اثری، سازوکار دیگری هم وجود دارد. یک "ژن" می‌تواند افزون بر یک نسخه فعال، یک یا چند نسخه غیرفعال هم داشته باشد. نسخه‌های غیرفعال می‌توانند در اثر جهش ژنتیکی تغییر کنند بدون این که اختلالی ایجاد کنند. سپس در مراحل از فرگشت، یک نسخه تغییر کرده می‌تواند فعال شود و با کارکرد جدیدی بروز نماید.

[۷] تا پژوهش مربوط به این ادعا را ندیده‌ام، از باور کردن آن خودداری می‌کنم!

با این حال، بیش‌تر فرهنگ ما به گونه‌ای طراحی شده است که ما [خود را] هم‌چون یک گروه شناسایی کنیم، و به ما اجازه می‌دهد در لحظه بازکردن دهان، یک‌دیگر را بشناسیم. گویش و

^{1} Romance.

^{2} Germanic pagan religions.

^{3} One.

^{4} Me/I.

^{5} Fire.

^{6} Hand.

^{7} Black.

^{8} You.

"هفت ستون دوستی" (به پرسش ۸۸ نگاه کنید) یک راه میان‌بر برای دانستن این است که، چه کسانی به جامعه ما تعلق دارند، و از این رو به چه کسانی می‌توانیم اعتماد کنیم. به همین دلیل، نکته مهم این است که اگر ما به جوامع گوناگون تعلق داریم، فرهنگ من باید تا آن‌جا که ممکن است با فرهنگ شما ناهم‌گون باشد، به طوری که شما به زودی هم‌چون [کسی که] عضوی از جامعه من نیست، تشخیص داده شوید. و تا زمانی که [زبان و فرهنگ] بر ماندگاری تأثیر نمی‌گذارند، مهم نیست که من و شما به چه چیزهای خاصی اعتقاد داریم، به شرطی که ناهم‌گون باشند.

پرسش ۹۳ - چرا این همه زبان گوناگون فرگشت یافته است؟

زبان به روشنی نقش اصلی را در فرگشت انسان‌های امروزی ایفا کرده است و بسیاری از کارهایی که ما انجام می‌دهیم - از فرهنگ گرفته تا آموزش، دانش، مهندسی و پزشکی - به آن بستگی دارد. بدون زبان، فرهنگ وجود نخواهد داشت. در نتیجه، دل‌بستگی دیرینه‌ای وجود دارد که [بدانیم] چرا زبان فرگشت یافته است (نقشی که در زندگی ما دارد) و چه زمانی این‌طور شد. شاید، همه به طور عادی، تمایل داشته‌اند که زبان را [ابزار] انتقال اطلاعات بدانند.

فرض کلی این است که زبان هم‌چون یک وسیله آموزشی (برای مثال، برای ابزارسازی) یا همکاری (عمدتاً برای شکار) عمل می‌کند. در واقع، هیچ یک از این کارکردهای خاص، در واقع، به زبان نیاز ندارند: یادگیری نحوه ساخت ابزارها، به به‌ترین شکل، با مشاهده و تمرین انجام می‌شود ("فقط به من نگاه کن" تقریباً تمام آن چیزی است که نیاز دارید)، و شکار بهتر است - و بیش‌تر وقت‌ها این‌طور است که - به تنهایی یا در سکوت گروهی، به انجام برسد. با این حال، مشکل واقعی این است که، برای کارکرد تبادل اطلاعات، واقعاً منطقی نیست که امروزه شمار زیادی (حدود ۶۰۰۰) زبان گوناگون غیرقابل درک برای دیگران، وجود دارد - بگذریم از همه آن زبان‌هایی که [گونه‌مرگ] شده‌اند [۱]. هم‌چنین وقتی به این موضوع فکر می‌کنیم که چه‌گونه زبان‌ها به راحتی از هم جدا می‌شوند، خیلی معقول نیست. اگر هدف زبان، تبادل اطلاعات است، چرا برقراری ارتباط بسیار دشوار است؟ چرا باید این روند به سرعت (در عرض بیست-سی نسل) پیش بیاید؟

[۱] ساختار این جمله را قدری تغییر داده‌ام.

فقط در یک هزاره و نیم پس از فروپاشی امپراتوری روم در حدود سال ۵۰۰ پس از میلاد [۲]، [از] زبان لاتین دوازده [زبان تازه] به وجود آمد، که اکثر آن‌ها اکنون متقابلاً غیرقابل درک هستند (ایتالیایی، فرانسوی، رومانیایی، اسپانیایی، کاتالان و پرتغالی، به علاوه برخی زبان‌های کوچک دیگر مانند ساردینی و اکسیتان [۳]). به طور مشابه، زبان شناسان شش زبان را در خانواده زبان انگلیسی به رسمیت می‌شناسند: انگلیسی، اسکاتلندی دشتی [۴]، پاتوی کارائیب [۵]، محاوره سیاهان شهری

[۱] Occitan.

[۲] Lowland Scots.

[۳] Caribbean patois.

ایالات متحده، کرئول سییرالئون^(۱) و توک پیسین^(۲) یا پیجین گینه نو^(۳) - و زبان انگلیسی که در شبه قاره هند به کار می‌رود، در حال ارتقاء به زبان هفتم انگلیسی است. همه آن‌ها برگرفته از آنگلو ساکسونی هستند که در قرن هشتم پس از میلاد به کار می‌رفت، و به استثنای اسکاتلندی، همه آن‌ها کمتر از ۴۰۰ سال (و بعضی از آن‌ها بسیار کمتر) وجود داشته‌اند.

[۲] تقسیم امپراطوری روم به بخش شرقی و غربی در سال ۳۹۵ رخ داد و امپراطوری روم غربی، در عمل، در سال ۴۷۶ سقوط کرد.

به راستی دو سوال در اینجا وجود دارد: چرا زبان (در وجه مفرد، به معنای آواهای دارای ساختاری دستوری) فرگشت یافته است، و چرا زبان‌های گوناگون (در جمع) فرگشت یافته‌اند؟

محتمل ترین کارکرد برای زبان، به راستی تسهیل انسجام اجتماعی (در برابر [ساده کردن] هم‌کاری) است. مشکل اصلی که انسان‌ها در طول تاریخ فرگشتی خود با آن روبرو بوده‌اند، نحوه حفظ انسجام، در جوامع در حال بزرگ شدن، بوده است (به پرسش ۸۷ نگاه کنید). مقیاس مشکل پیوند [اجتماعی] از این واقعیت آشکار می‌شود که، هیچ پستان‌دار دیگری دارای گروه‌های بزرگ‌تر از ۵۰ نفر نیست^[۳]، اما انسان‌ها می‌توانند گروه‌های سه برابر این اندازه را مدیریت کنند. زبان، هنگامی که فرگشت یافت، به یکی از اجزای مهم این روند تبدیل شد. زبان به ما اجازه می‌داد شوخی زبانی بکنیم (و در نتیجه، از راه خنده، سیستم اندورفین را فعال کنیم) (به پرسش ۸۷ نگاه کنید) و با داستان‌های مردمی و داستان‌های دیگر، که جامعه را تعریف می‌کردند، یک‌دیگر را سرگرم کنیم (به پرسش ۹۱ نگاه کنید).

[۳] نویسنده در بخش‌های پیش در مورد اندازه ممکن برای گروه‌های پستان‌داران تناقض‌گویی کرده است. به هر رو، به نظر می‌رسد که منظورش را در این باره خوب روشن نکرده است.

برخی از نشانه‌های غیرمستقیم برای پشتیبانی از این امر، توسط آنچه مردم جوامع پساصنعتی در مکالمات (که ۶۰٪ درصد محتوای مکالمات، اجتماعی است)، و در میان گروه‌های شکارچی-گردآور در مورد آن سخن می‌گویند، ارائه می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی [بوشمن‌های] جو/هائسی^(۴) جنوب آفریقا، مردم شناس آمریکایی، پائولین وایسنر^(۵)، دریافت که اکثر مکالمات عصرانه، داستان‌های اجتماعی هستند، در حالی که در طول روز [مکالمات] بیشتر واقعی هستند^[۴]. بله، ما از زبان برای آموزش استفاده می‌کنیم، اما تدریس و سایر کارکردها بیش‌تر همانند محصولات جانبی فرگشتی مفید هستند، مانند آرایش روی کیک فرگشتی (که گاهی وقت‌ها به نام پنجره فرصت فرگشتی^(۶) شناخته می‌شود). مفیدترین کارکردی که زبان دارد، انتقال اطلاعات در مورد وضعیت شبکه‌های اجتماعی ما، و وضعیت ما در هفت ستون دوستی است (به پرسش ۸۴ نگاه کنید).

(۱) Sierra Leone creole.

(۲) Tok Pisin.

(۳) New Guinea pidgin.

(۴) Ju/'hoansi.

(۵) Pauline Wiessner.

(۶) Window of evolutionary opportunity.

[۴] برای شرح بیشتر درباره این موضوع به مقاله زیر از وایسنر نگاه کنید.

Wiessner, P. W. (2014). Embers of society: Firelight talk among the Ju/'hoansi Bushmen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(39), 14027-14035.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1404212111>

اما حتی اگر تبادل اطلاعات اجتماعی، کارکرد اصلی زبان باشد، چه چیزی می‌تواند تنوع سریع گویش‌ها و زبان‌های نامفهوم را توضیح دهد؟ پاسخ، تمایز بین جوامع اجتماعی است - [زبان] به فرد اجازه می‌دهد که به سرعت تشخیص دهد که دیگری به گروه تعلق دارد یا ندارد. بنابراین، بار دیگر، پاسخ، اجتماعی است.

این پیش‌نهاد بر مبنای دو مشاهده عجیب که زبان‌شناسان اجتماعی انجام داده‌اند، معقول به نظر می‌رسد. اولین مورد این است که حداقل در طول دهه 1970، پیش از این‌که رسانه‌های جمعی شمار گویش‌های محلی را کاهش دهند، این امکان وجود داشت که محل تولد یک انگلیسی زبان بومی را با دقت حدود ۳۵ کیلومتر (۲۲ مایل) تعیین کرد. در جوامع شکارچی-گردآور، اندازه معمولی گستره، منطقه‌ای با قطر ۷۰ کیلومتر (۴۴ مایل) است: قبیله یک گروه زبانی است - جامعه‌ایی که به یک زبان سخن می‌گوید.

مشاهده دوم، که به طور گسترده دیده شده است، این است که والدین از طبقه کارگر، بیشتر تلاش زیادی می‌کنند تا اطمینان حاصل کنند که دخترانشان خوب سخن بگویند، در حالی که پسرانشان را به حال خود وامی‌گذارند تا هر طور که دوست دارند، سخن بگویند. اگرچه [این مشاهده] ناچاراً مردسالارانه تفسیر می‌شود (به‌رغم این واقعیت که تا حد زیادی مادران مسئول اجرای این امر بودند)، اما با توجه به آن‌چه در مورد الگوهای ازدواج انسان‌ها، و اهمیت اجتماع می‌دانیم، توضیح منطقی‌تر این است که، والدین در تلاش هستند تا فرصت‌های ازدواج دختران خود را به حداکثر برسانند: با بی‌لجه سخن گفتن، دختران شانس خود را برای ازدواج در مقیاس اجتماعی، افزایش می‌دهند و موقعیت خود، و از این رو موقعیت خانوادگی خود را، بهبود می‌دهند. اما پسران چنین فرصت‌هایی ندارند، و هم‌واره مجبورند در طبقه اجتماعی خود، ازدواج کنند. در نتیجه، منافع آن‌ها به بهترین نحو تامین می‌شود، به این دلیل که به خوبی در فرهنگ محلی خود جای گرفته‌اند، جایی که می‌توانند از هم‌سالان خود و جامعه حمایت بهتری بکنند. بنابراین، به‌تر است آن‌ها گویش محلی خود را بیاموزند و به آن پای‌بند باشند.

پرسش ۹۴ - آیا گونه‌ای غیر از انسان دارای فرهنگ است؟^[۱]

در حدود نیم قرن گذشته ادعاهای زیادی مطرح شده است که پیوستار گسترده‌ایی از گونه‌هایی غیر انسان در فرهنگ‌سازی با انسان‌ها رقابت می‌کنند. این شامل پرندگانی است که در بطری‌های شیر را برمی‌دارند تا خامه روی شیر را بخورند، کلاغ‌های کالدونی^[۱] که از ابزارهایی برای تهیه

^[1] Caledonian crow.

خوراک استفاده می‌کنند، نهنگ‌هایی که در مکان‌های گوناگون آهنگ‌های گوناگونی می‌خوانند، ماکاک‌های ژاپنی^{۱} که سیب‌زمینی شیرین را پیش از خوردن می‌شورند تا خاک روی آن را بردارند، و شامپانزه‌هایی که از ابزار برای گردآوری حشرات، و یا شکستن میوه‌های خشک، یا به دست آوردن آب، استفاده می‌کنند.

[۱] همین جا بگویم که این سوال بی‌جایی است. بهتر است به یاد بیاوریم که انسان هم یک جانور است و تافته جدا بافته نیست.

سوال اصلی در این جا این است که معنای دقیق فرهنگ در جانوران چیست. در این مورد دو دیدگاه عمده وجود دارد. محققین میدانی (عمدتاً جانورشناسان) به طور معمول استدلال می‌کنند که، هرگونه ناهم‌گونی در رفتار بین جمعیت‌ها، یا حتی بین گروه‌های درون یک جمعیت، نشانه‌هایی از فرهنگ است. در برابر، آزمایش‌گران (عمدتاً روان‌شناسان)^[۲] استدلال می‌کنند که این تعریف بیش از حد سست است، و اجازه می‌دهد ناهم‌گونی‌های جمعیتی، که ناشی از یادگیری فردی در پاسخ بوم‌شناسانه، به شرایط محلی است، در تعریف فرهنگ، گنجانده شود. امر کلیدی برای روان‌شناسان در نحوه انتقال نهفته است: برای اطمینان مطلق از این که یک [پدیده]، فرهنگ است، و نه نتیجه هم‌گرایی از طریق آزمون و خطا؛ رفتار باید از یک فرد به فرد دیگر، با نسخه‌برداری ناخودآگاهانه^{۲}، منتقل شود.

[۲] از آن جایی که نویسنده روان‌شناس است، بهتر است بدانیم که او ممکن است بی‌طرفانه داوری نکند و انسان را تافته جدا بافته بداند.

روان‌شناسان از [پدیده] "اثر هانس هوش‌مند" می‌ترسند. "کلوگه هانس"^{۳} یا "هانس باهوش" اسبی بود که در دهه ۱۹۰۰، یک مدیر مدرسه و هم‌چنین تماشاگرانی در سراسر آلمان را با توانایی ظاهری خود در شمارش با [ضربه] سم خود، در پاسخ به سوالات ساده حساب، جادو کرده بود. آزمایش‌های دقیق، سرانجام نشان دادند که آن اسب فقط در درک نشانه‌هایی از صاحب خود، مهارت داشت. صاحب اسب، شمارش واقعی را انجام می‌داد و با نشانه‌های بسیار ظریفی در الگوهای تنفسی خود، به اسب می‌فهماند که از ادامه ضربه سم خودداری کند^[۳].

[۳] ساختار این جمله را تغییر داده‌ام.

البته این تجربه‌گرایی^{۴} سخت‌کوشانه، تحسین برانگیز است، زیرا در غیر این صورت ممکن است ما فریب جانوران (و حتی انسان‌ها) را بخوریم، در حالی که به راستی به جای کاری واقعاً هوش‌مندانه، در حال حل یک مشکل، با عقل سلیم، هستیم. در مورد رفتار فرهنگی، این امر ممکن است شامل روندهای روان‌شناختی پیش پا افتاده‌تری، مانند تقلید (مثلاً توجه به این نکته که جانوران دیگر در نقطه خاصی خوراک می‌خورند، باشد و سپس کشف شود که چه‌گونه با

{1} Japanese macaque.

{2} Mindless.

{3} Kluge Hans.

{4} Empiricism.

یادگیری از طریق آزمون و خطا، می‌توانند به همان خوراک دست‌رسی پیدا کنند). با این حال، جنبه منفی آن این است که، ممکن است بسیاری از رفتارهای واقعاً فرهنگی را از دست بدهیم.

در این‌جا، لغزش در تعریف بین منظور ما از فرهنگ در جانوران، و فرهنگ در انسان، به چشم می‌خورد. در انسان‌ها ما واقعاً به "فرهنگ والا" فکر می‌کنیم، منظور ما قصه‌گویی، نمایش‌نامه، ادبیات، رقص، مناسک و معنای دین و غیره است. بسیاری از این موارد، هم‌آن‌طور که انسان‌شناسان^[۱] همیشه به ما یادآوری می‌کنند، شامل نسبت دادن معنا به اعمال یا اشیا است^[۴]. از نظر آن‌ها، فرهنگ، جوهر زندگی در جامعه است، که در آن اعتقادات هم‌آهنگ درباره جهان، نشان دهنده آن‌چه ما انجام می‌دهیم، و چه‌گونگی تعریف روابطمان با یک‌دیگر و حتی با محیط، است. حقیقتِ عریان این است که، هیچ جانوری، حتی از نظر رفتار "فرهنگی"، به انسان نزدیک نمی‌شود. در واقع، معلوم نیست که کارهایی که جانوران انجام می‌دهند، حتی به کاری که یک کودک پنج ساله در این زمینه انجام می‌دهد، نزدیک شود.

[۴] این جمله مهمی است! به عبارت دیگر بهتر است که از پیچیده کردن بی‌مورد مسائل ساده، خودداری کنیم. در این مورد، رعایت "اصل مورگان" مهم است. مطابق این اصل: "در هیچ موردی، فعالیت یک جانور را، اگر بتوان آن را منصفانه، با روندهایی که در مقیاس روان‌شناسانه فرگشتی و توسعه، در رده پایین‌تر قرار دارند، تفسیر کرد، [به‌تر است] با روندهای والاتر روان‌شناسانه تفسیر نکنید."

Morgan's Canon: In no case is an animal activity to be interpreted in terms of higher psychological processes if it can be fairly interpreted in terms of processes which stand lower in the scale of psychological evolution and development.

با این وجود، توانایی‌های فرهنگی جانوران، و به ویژه توانایی‌های نخست‌سانان، بی‌معنی نیستند و نباید آن‌ها را بی‌اهمیت انگاشت. جانوران، مراحلی در راه شکل‌گیری کامل فرهنگ انسانی را، نشان می‌دهند. مانند چشم‌های ته سنجاقی پلاناریا (به پرسش ۱۲ نگاه کنید)، آن‌ها مراحل واسطه‌ایی را در یک زنجیره فرگشتی به ما نشان می‌دهند. آن‌ها نشان می‌دهند که سازوکار انتقالی، که پایه‌گذار فرهنگ انسانی است، ریشه‌های ژرفی دارد، که توضیح کامل فرگشت فرهنگ کاملاً انسانی را، ممکن می‌سازند^[۵]. فرهنگ به وسیله یک سوپر جهش ژنتیکی (یا جهش درشت) یا حتی خلقت خاص^[۲] به وجود نیامده، بلکه با یک سری قدم‌های کوچک انجام شده است. یک‌بار دیگر، ما باید مراقب باشیم که با ناهم‌گونی ظاهری، ناهم‌گونی بین ما و سایر گونه‌های جانوری، و این واقعیت که هیچ گونه میانی^[۶] زنده نمانده، گمراه نشویم (به پرسش ۶۶ نگاه کنید).

[۵] در یک مقاله که به تازگی منتشر شده است، یک اورنگ‌اوتان را در حال درمان یک زخم، روی گونه‌اش، مشاهده کرده‌اند!

Laumer, I. B., Rahman, A., Rahmaeti, T., Azhari, U., Hermansyah, Atmoko, S. S. U., & Schuppli, C. (2024). Active self-treatment of a facial wound with a biologically active plant by a male

^[1] Anthropologist.

^[2] Special creation.

[۶] اشاره به "گونه میانی" که هم آن "حلقه مفقوده" باشد، بی مورد است (به پرسش ۱۰۰ نگاه کنید).

پرسش ۹۵ - چرا فقط انسان‌ها دارای "فرهنگ والا" هستند؟

این دانسته که به نظر می‌رسد انسان‌ها از نظر فرهنگ در تراز نهم‌گون از سایر جانوران هستند، مانند آن‌چه که در مورد زبان وجود دارد، این سوال روشن را پیش می‌آورد که چه چیزی این امر را ممکن ساخته است. بدیهی است که این امر به توانایی‌های شناختی ما ارتباط دارد، اما کدام یک؟ و این‌ها چه‌گونه با زیست‌شناسی عصبی (نوروبیولوژی^[۱]) زیرساختی، و فرگشت آن در طول فرگشت پستان‌داران، ارتباط دارد؟

احتمالاً مهم‌ترین ناهم‌گونی در ظرفیت‌های شناختی است، که به نام ذهنی‌سازی یا ذهن‌خوانی^[۱] شناخته می‌شود (به پرسش ۶۹ نگاه کنید). ذهنی‌سازی یک پدیده بازگشتی^[۲] است، با محدودیت عادی برای بیش‌تر بزرگ‌سالان عادی، در پنج مرحله ذهنی: "من معتقدم [۱] که شما فکر می‌کنید [۲] که من فرض می‌کنم [۳] که شما تعجب می‌کنید [۴] که آیا من قصد [۵] ... [چیزی]" - که با حالت‌های پی در پی ذهنی‌سازی، در فعل‌هایی که به صورت مورب نوشته شده‌اند، و در سطوحی که با شماره مشخص شده‌اند، نشان داده می‌شود^[۲]. به‌ترین کاری که بیش‌تر جانوران باهوش می‌توانند انجام دهند، ذهنی‌سازی تراز اول است ("من به چیزی/اعتقاد دارم")، اگرچه به نظر می‌رسد همه میمون‌های بزرگ بتوانند به تراز دوم ذهنی‌سازی برسند ("من معتقدم [۱] که شما فکر می‌کنید [۲] ... [چیزی]"), تراز که کودکان پنج ساله انسان به آن دست یافته‌اند. بنا بر این دانسته که اکثر بزرگ‌سالان می‌توانند پنج تراز را، مدیریت کنند (و برخی می‌توانند به‌تر از آن عمل کنند) نشان دهنده یک قدم بزرگ شناختی، نسبت به سایر جانوران است.

[۱] تا پیدا کردن واژه‌هایی به‌تر، برای "mental" در "mentalizing" و برای "mind" در "mindreading" واژه "ذهن" را به کار می‌برم!

[۲] این جمله بسیار سنگین است! ولی ارزش دو بار خوانده شدن را دارد!

بدون تمایل به ذهنی‌سازی تراز سوم، هم‌چون حداقل، زبان پیچیده و قصه‌گویی ناممکن است، حداقل به این دلیل که با [دو تراز ذهنی‌سازی] ما تنها می‌توانیم جمله‌های تک عبارتی را، از همان گونه که کودکان هنگام یادگیری زبان تولید می‌کنند، مدیریت کنیم^[۳]. "جیم، عاشق مری است"، بدون شک جالب است، اما در واقع، اساس یک داستان پیچیده و هیجان‌انگیز نیست: ما بی‌هوده منتظر "و ... یا ... اما ..." هستیم، که آغاز داستانی واقعاً هیجان‌انگیز را، اعلام می‌کند. بله، ما می‌توانیم با ذهنی‌سازی تراز دوم ارتباط برقرار کنیم (به هر حال بچه‌های کوچک این کار را به خوبی

[1] Neurobiology.

[2] Recursive.

انجام می‌دهند)، اما داستان‌های ما از نوعی خواهد بود که بسیار فقیر شده‌اند و اکثر مردم آن‌ها را هم‌چون فرهنگ واقعاً انسانی نمی‌شناسند.

[۳] در طول ۵۰ سال گذشته که با جانوران کار کرده‌ام به طور مرتب از توانایی‌های ذهنی آن‌ها به شگفت آمده‌ام. و در هر سالی که گذشته است، دیده‌ام که پژوهش‌ها و مشاهدات جدید، تراز تازه‌ای از توانایی‌های ذهنی جانوران را کشف کرده‌اند. یک نمونه از یک اورنگ‌اوتان را در بالا ذکر کردم. در ضمن، دیده‌ام که چه از جانب افراد با زمینه مذهبی، و حتی افرادی که تفکری "انسان محور" دارند، مقاومت زیادی در برابر کم شدن فاصله انسان و دیگر جانوران وجود دارد. پیام من به چنین افرادی این است که "انسان، محور عالم وجود نیست! انسان هم یک جانور است!" برای مثال، همان‌طوری که در این‌جا دیده می‌شود، نویسنده حتی در مورد وجود زبان در جانوران شک دارد، در حالی که مطالعات فراوانی نشان از وجود زبان و لهجه و فرهنگ در جانوران دارد. برای مثال به دو مقاله زیرنگاه کنید:

Garland, E. C., & McGregor, P. K. (2020). Cultural Transmission, Evolution, and Revolution in Vocal Displays: Insights From Bird and Whale Song. *Frontiers in Psychology*, 11, 544929. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.544929>

Whitehead, H. (2024). Sperm whale clans and human societies. *Royal Society Open Science*, 11(1), 231353. <https://doi.org/10.1098/rsos.231353>

آن‌چه که برای تبادل زبانی (گفت‌وگو) و قصه‌گویی معمولی مهم است این است که ما می‌توانیم جهان را از دیدگاه مخاطبانمان ببینیم ("من درک می‌کنم که مخاطب من چه‌گونه آن‌چه را که می‌خواهم بگویم، تفسیر می‌کند...")، با سه تراز ذهنی‌سازی). این امر به ما این امکان را می‌دهد که آن‌چه را که می‌گوییم، و نحوه گفتن آن را، ساختار بندی کنیم، تا منظورمان را به‌تر منتقل کنیم. این امر به ویژه هنگامی اهمیت می‌یابد، که ما سعی می‌کنیم احساسات، و حالات روانی را، منتقل کنیم، زیرا خودِ زبان در واقع، این کار را چندان خوب، انجام نمی‌دهد. مطالعات تجربی نشان می‌دهد که مردم، داستان‌ها و شوخی‌هایی را که دارای سطوح ذهنی بیش‌تری هستند (در واقع، [شمار] شخصیت‌ها و حالات ذهنی آن‌ها بالاست) بسیار جالب‌تر و لذت بخش‌تر از داستان‌هایی با شمار کم‌تر می‌دانند. به طور خلاصه، به نظر می‌رسد ذهنی‌سازی، کلیدی است برای اجتماع پیچیده و فرهنگ ما.

شاید مهم‌ترین یافته‌ها در حدود یک دهه گذشته یا بیش‌تر، از تصویربرداری عصبی بیرون آمده باشد. در حال حاضر هزاران مطالعه اسکن مغز در مورد ذهنی‌سازی انجام شده است و آن‌ها مجموعه خاصی از یاخته‌های عصبی را در مغز شناسایی می‌کنند، که به نظر می‌رسد مسئول این توانایی هستند. این‌ها یک شبکه یک‌پارچه (معروف به نگره ذهن^(۱)، یا شبکه ذهنی‌سازی) را تشکیل می‌دهند که واحدهایی را در قشر پیش‌پیشانی^(۲) (بخشی از مغز که بالای چشم‌ها قرار گرفته و در آن تفکر آگاهانه و تفسیر احساسات پردازش می‌شود) به واحدهای لوب‌های گیجگاهی^(۳) (در کنار گوش) از طریق ناحیه‌ای که به نام اتصال گیجگاهی-فکی، در پشت لوب گیجگاهی شناخته می‌شود، وصل می‌کنند. همین شبکه با شمار دوستانی که ما داریم، ارتباط دارد (به

^(۱) Theory of mind.

^(۲) Prefrontal cortex.

^(۳) Temporal lobes.

پرسش ۸۵ نگاه کنید). به نظر می‌رسد که میمون‌ها نیز دارای این شبکه هستند و به نظر می‌رسد نقش مهمی در توانایی‌های اجتماعی آن‌ها نیز دارد [۴].

[۴] احساس می‌کنم که این بخش قدری کاهش‌گرایانه (reductionistic) است.

مهم‌تر از همه، مطالعات اسکن مغز انسان‌های بزرگسال نشان می‌دهد که توانایی‌های ذهنی‌سازی افراد (شمار حالت‌های ذهنی را که می‌توانند هم‌زمان مدیریت کنند) به طور خاص با حجم قشر پیش‌پیشانی ارتباط دارد. این بخش از مغز است که در طول دوره فرگشت پستان‌داران، به طور نسبی، افزایش یافته است و در انسان (حتی اگر نه نسبتاً) بسیار بزرگ‌تر از هر گونه دیگر است. در واقعیت، بین توانایی‌های ذهنی‌سازی فرد (شمار ترازهایی که می‌تواند بدون سردرگمی مدیریت کند)، اندازه حلقه ارتباط اجتماعی آن‌ها، و اندازه این مناطق کلیدی مغز، ارتباط سه جانبه وجود دارد.

به طور خلاصه، توانایی‌های ذهنی‌سازی پیش‌رفته، و شبکه تخصصی مغز و اعصاب، که این‌ها را پشتیبانی می‌کند، این امکان را به ما می‌دهد که زبان پیچیده‌ای داشته باشیم، داستان‌های پیچیده‌ای تعریف کنیم، فرهنگ والایی داشته باشیم، و به نظر می‌رسد بسیاری از روابط اجتماعی را، مدیریت کنیم. در عین حال - و البته، این واقعیت را درک کنیم که گونه‌های جانوری دیگر، نمی‌توانند هیچ یک از این‌ها را انجام دهند (یا، اگر ترجیح می‌دهید، مانند ما "دانش" را با پیروزی پیش ببرند).

پرسش ۹۶ - موسیقی در چه زمانی و چرا فرگشت یافته است؟

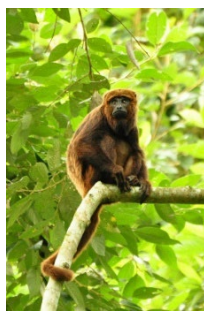
به نظر می‌رسد که انسان تمایل طبیعی و جهانی برای پرداختن به موسیقی دارد. ما دقیقاً نمی‌دانیم که انسان‌ها برای اولین بار چه آهنگی خواندند، یا چه آلات موسیقی را نواختند (اگرچه به احتمال زیاد، اولی خیلی پیش از دومی رخ داده است). نشانه‌های باستان‌شناسانه^(۱) در مورد آلات موسیقی متعلق به ۳۵ هزار سال پیش در آلمان (چندین فلوت قابل نواختن، ساخته شده از استخوان بال کرکس) و فلوت احتمالی ساخته شده از استخوان ران خرس غارنشین، مربوط به ۴۰ هزار سال پیش، وجود دارد (هرچند ادعای این که این‌ها ابزار موسیقی بوده‌اند، مورد سوال قرار گرفته است). از آنجایی که فلوت‌های [ساخته شده از] استخوان بال، سازهای خوبی هستند، روشن است که قدیمی‌ترین آن‌ها باید مدت‌ها پیش از این نمونه [۳۵ هزارساله]، وجود داشته باشد. آواز خواندن، دست زدن، و شاید ضرب آهنگین بر روی چوب درختان، احتمالاً هم‌راهان بسیار قدیمی‌تری برای رقص عمومی هستند، زیرا هنوز هم در میان شکارچی-گردآورهای که فاقد آلات موسیقی معمولی هستند، دیده می‌شوند.

در حالی که بسیاری از جانوران، به ویژه پرندگان، "آواز می‌خوانند"، آن‌ها تمایلی به فعالیت‌های جمعی ندارند و معمولاً به تنهایی [آواز می‌خوانند]. [آواهای جانوران] به‌تر است به سان نشانه‌های مشخص کردن گستره (در برخی از بوزینه‌ها)، یا تبلیغات جفت‌یابی (در بیش‌تر پرندگان، و شاید

^(۱) Archaeological.

آوازهای معروف نهنگ‌های کوهان‌دار^(۱)، توضیح داده شوند. برخی از نخست‌سانان اولیه، مانند گیبون‌ها و بوزینه‌های زوزه‌کش آمریکای جنوبی^(۲)، بیش‌تر به دلیل مجاورت گروه‌های هم‌سایه، درگیر دونوازی یا غرش گروهی می‌شوند، که می‌توانند نمایش‌گر پیام "دورباش"، برای حفظ گستره و فعالیت گروه‌سازی ("بیا با هم باشیم")، باشند. برخی از پرندگان، مانند پرنده ناقوس آفریقایی^(۳)، آواهایی دارند (که به سختی آواز محسوب می‌شوند، زیرا فقط شامل دو نت هستند، که یکی از آن‌ها توسط هر پرنده، به صورت یک رشته به هم نزدیک شوند، خوانده می‌شود و آوای آن‌ها مانند آن است که یک پرنده صدا می‌زند)، که احتمالاً با پیوندجفتی مرتبط است - یا حداقل به این جفت اجازه می‌دهد تا در حال جستجوی خوراک، محل جفت خود را پی‌گیری کنند.

[۱] تصویری از یک بوزینه زوزه‌کش.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20444442>

انسان‌ها بیش‌تر این کارکردها را، در فعالیت‌های آواز و رقص خود، نشان می‌دهند. گروه‌های موسیقی راک، و حتی نوازندگان موسیقی کلاسیک، بدون شک بیش از سهم عادلانه خود از دل‌بستگی جنسی [دیگران] بهره برده‌اند. و هاکاهای^(۴) معروف مائوری‌های نیوزیلند، که اکنون پیش از مسابقات بین‌المللی راگبی (و در مراسم سلام برای خاندان سلطنتی بریتانیا) اجرا می‌شود، به راستی یک رقص جنگی است، که برای ترساندن دشمن طراحی شده است (از این رو برخی از حالات نامتعارف در آن دیده می‌شود). ممکن است آواز به سان یک فعالیت اجتماعی، از طریق این شکل‌های جمعی تبلیغات صوتی، فرگشت یافته باشد. با این حال، به احتمال زیاد از خنده یا شکل دیگری از سر و صدای پیرامون آتش اردوگاهی، که بخشی از مراسم پیوند گروهی بوده است، فرگشت پیدا کرده باشد.

موسیقی‌سازی انسانی از یک جنبه مهم با سایر جانوران ناهم‌سان است. این یک فعالیت بسیار اجتماعی است، و ما تقریباً همیشه به صورت گروهی این کار را انجام می‌دهیم. به نظر می‌رسد که موسیقی‌سازی انسانی، عمدتاً دارای کارکرد اجتماعی است، و این کار تقریباً حتماً یک فعالیت مربوط به پیوند اجتماعی است. مطالعات تجربی در مورد آواز و رقص نشان داده است که این فعالیت‌ها، هم آستانه درد را افزایش می‌دهند (نشانه فعال سازی اندورفین) (به پرسش ۸۷ نگاه

^(۱) Humpback whale.

^(۲) South American howler monkey.

^(۳) African bell bird.

^(۴) Haka.

کنید)، و هم احساس پیوند با کسانی را که با آن‌ها می‌خوانیم یا می‌رقصیم، حتی اگر آن‌ها غریبه باشند، افزایش می‌دهند. نکته مهم این است که چنین فعالیت‌هایی بر احساس پیوند با دوستان نزدیک که به راستی حضور ندارند، تأثیر نمی‌گذارد. [نوعی از] بی‌واسطگی/فوریت^(۱) در چنین فعالیت‌هایی وجود دارد.

با توجه به همه این‌ها، یک پیش‌نهاد محتمل این است که موسیقی‌سازی به گونه‌ای فرگشت یافته است که به انسان‌های نخستین اجازه می‌دهد تا اجتماعات گسترده خود را، در زمینه‌هایی که اشکال شخصی‌تر پیوندهای اجتماعی، مانند نظافت جمعی، به دلیل شمار افراد درگیر، ناکارآمد است را، پیوند دهند (به پرسش ۸۷ مراجعه کنید). این پیش‌نهاد به راستی توسط جامعه‌شناس فرانسوی امیل دورکهایم^(۲) در اوایل دهه ۱۹۰۰ ارائه شد، اما تا حدود یک قرن بعد زمانی که نشانه‌های آزمایشی برای کارکرد پیوند جمعی، مبتنی بر اندورفین کشف شد، تا حد زیادی فراموش شده بود.

به‌ترین حدس برای نقطه شروع [آواز و موسیقی]، ظاهر انسان‌های باستانی در حدود ۵۰۰ هزار سال پیش بود، زمانی که افزایش اندازه مغز، نشان می‌داد که اندازه گروه اجتماعی به طور چشم‌گیری افزایش یافته است. به این ترتیب، احتمال می‌رود که نئاندرتال‌ها، حداقل مثل ما، می‌توانستند آواز بخوانند و برقصند. در جوامع معاصر، این کارکرد را شاید بتوان با خواندن سرودهای ملی، و انواع آوازخوانی پرشکوه، در روی دادهای ورزشی، مانند مسابقات فوتبال، مشاهده کرد.

پرسش ۹۷ - آیا دین فرگشت یافت؟

اکثر ادیان عمده جهان (مسیحیت، اسلام، بودیسم، هندوئیسم، سیک، زرتشتی و مشتقات گوناگون آن‌ها) دارای ریشه‌های تاریخی مستند و متاخر هستند. این‌ها معمولاً به نام دین‌های اعتقادی^(۳) نامیده می‌شوند، زیرا بر اساس نوعی اعتقادات الهیاتی صریح بنا شده‌اند. در حالی که [ادیان اعتقادی] ممکن است، پس از مراحل نخستین دین‌های سازمان‌یافته^(۴) (دین‌های مصر باستان، یونان و روم یا مایاها و اینکاها) وجود داشته‌اند، به نظر می‌رسد اکثر این‌ها^(۱) مربوط به حداکثر ۵۰۰۰ سال پیش باشند. اجماع بین مورخان دین این است که پیش از دین‌های اعتقادی، پیوستاری از دین‌های نوع شمنی^(۵)، همانند آن‌هایی که هنوز در جوامع شکارچی-گردآور یافت می‌شود، وجود داشته است. دین‌های شکارچی-گردآور عمدتاً "دین‌های تجربه‌ای"^(۶) هستند: آن‌ها معمولاً فاقد الاهیات، خدایان، کشیشان، قوانین اخلاقی مبتنی بر مذهب، آیین‌های رسمی

^(۱) Immediacy.

^(۲) Émile Durkheim.

^(۳) Doctrinal religion.

^(۴) Organized religion.

^(۵) Shamanic-type.

^(۶) Religion of experience.

و عبادت‌گاه هستند و در عوض بر حالت‌های خلسه ^{1} ناشی از آهنگ و رقص، داروهای روان‌گردان، یا رفتارهای دیگر در تجمع‌های اجتماعی، تمرکز می‌کنند.

[1] مشخص نیست که ضمیر "این" به کدامیک از دین‌ها اشاره دارد، ولی احتمال بیش‌تر آن است که به دین‌های اعتقادی اشاره دارد.

بیش‌تر دین‌های نوع شمنی، در نهایت به پیوند اجتماعی توجه دارند: آن‌ها فعالیت‌های مشترکی هستند که هرگز به تنهایی انجام نمی‌شوند. آواز خواندن و رقصیدن و حالت‌های خلسه‌ای که در اثر آن‌ها ایجاد می‌شود، ترشح اندورفین در مغز را تحریک می‌کند، که به نوبه خود باعث افزایش حس پیوند جمعی می‌شود. در میان بوشمن‌ها ^{2}، رقص‌های خلسه‌ای در فواصل نامنظم انجام می‌شود، معمولاً به این دلیل که روابط جامعه در حال خراب شدن است. به نظر می‌رسد بروز **[پدیده]** روان‌تنی ^{3} ناشی از خلسه (به احتمال زیاد از طریق سیستم اندورفین) باعث پاک شدن هارد دیسک ^[2] و بازگرداندن روابط جامعه به حالت پیش‌فرض ^{4} ^[3] می‌شود.

[2] در این جا احتمالاً بهتر است "هارد دیسک" را، در معنی حافظه فهمید.

[3] امیدوارم روشن باشد که "حالت پیش‌فرض" به معنی وضعیتی است که در آن انتخابی آگاهانه صورت نگرفته است.

به یک معنای مهم، همه دین‌ها، صف‌بندی مومنان هم‌چون یک گروه اجتماعی مستقل، که به یکدیگر تعلق دارند، و دارای مجموعه خاصی از اعتقادات درباره جهان ماورایی هستند، را (دوباره به مفهوم ستون‌های دوستی، در پرسش ۸۸ نگاه کنید)، مشخص می‌کنند. در کنار آیین‌های خاصی که یک جامعه برای دسترسی به دنیای ارواح انجام می‌دهد، این باورها یک جامعه را به طور دقیق، از همه جوامع دیگر، که دارای اعتقادات ناهم‌گون هستند، متمایز می‌کند. به این ترتیب، اعمال مذهبی با تأکید بر این واقعیت، که باورهای ما با باورهای دیگران ناهم‌گون است، پیوندهای درون جامعه را تقویت می‌کند. از بسیاری راستاها، این شکل نهایی ورد ^{5} "ما-در-برابر-آن‌ها" است. این شکل از دین ممکن است بسیار قدیمی باشد. در برابر، ادیان اعتقادی ممکن است بسیار جدیدتر باشند ^[4].

[4] اگر بخواهم یک توضیح تازه بدهم، باید بگویم که یک جامعه در مسیر رشد فرگشتی خود، و برای حفاظت از خود نیاز دارد که در گروهی با اندازه بزرگ زندگی کند. در ادامه، و برای حفظ اندازه نیاز دارد که به شکلی، سازوکارهای فیزیولوژیکی را که پیوند اجتماعی را قوی می‌کنند، تحریک کند. مراسم و آیین‌های مذهبی، بدون آن که نیاز به خدایی باشد، نقش تحکیم‌بخش پیوندهای اجتماعی را دارند.

{1} Trance.

{2} Bushmen.

{3} Psychosomatic.

{4} Default state.

{5} Mantra.

به نظر می‌رسد که دین‌های اعتقادی در دوران نوسنگی [۵] فرگشت یافته‌اند: این، حداقل، در زمانی است که بناهایی را که به نظر می‌رسد فضاهای مذهبی هستند ("معابد") و نشانه‌هایی را برای نمادگرایی، که آیین‌ها و سلسله مراتب باشند، می‌بینیم. محتمل‌ترین دلیل ظهور این دین‌ها در این مرحله، این است که برای کاهش هزینه‌های زندگی، در جوامع دارای محدودیت مکانی، که تنش‌ها به سرعت در حال افزایش است، به چیزی قوی‌تر، نیاز بود. در جوامع شکارچی-گردآور، استرس‌ها (و تأثیر آن‌ها بر باروری زنان) (به پرسش ۸۲ نگاه کنید) با شروع جامعه شکافتی-هم‌جوشی کاهش می‌یابد: اگر استرس‌ها بیش از حد زیاد شوند، افراد می‌توانند بین گروه‌های موجود در اردوگاه‌های [گوناگون] حرکت کنند، بدون این‌که مجبور شوند [گروه بزرگ را] ترک کنند. به طور کلی مشکل جدیدی که جامعه در دوران نوسنگی با آن روبرو بود، این بود که کل جامعه حدود ۱۵۰ نفر مجبور شدند در فضای محدود یک روستای دائمی با هم زندگی کنند. برای بالاگرفتن سریع تشتت‌ها، ضرب و شتم، و قتل، هیچ دستوالعملی به‌تر از این نیست [که شمار زیادی از افراد را مجبور کرد در مکانی محدود زندگی کنند].

[۵] دوران نوسنگی از حدود ۱۰ هزار سال پیش شروع شده و حدود ۴۵۰۰ سال پیش خاتمه یافته است.

به نظر می‌رسد که دین‌های اعتقادی راه حل کامل "هویج-و-شلاق" ^(۱) را ارائه می‌دهند، که مانعی برای جلوگیری از غلیان خلق و خوی جوشان باشد، که به دو دلیل می‌تواند باعث فروپاشی جامعه، با بروز اولین علائم استرس، شود. دلیل اول آن که، جنبه‌های عرفانی‌تر دین‌ها و مناسک آن‌ها، دلیلی عاطفی برای مشارکت در پروژه اجتماعی فراهم می‌کرد، همان نقشی که همیشه، در جوامع شکارچی-گردآور، داشته است. دلیل دوم آن که، دین‌های اعتقادی معمولاً با یک کد اخلاقی، و نوعی خدای اخلاقی ^[۶] همه‌چیزدان، همراه هستند که می‌تواند، آنچه را که فانیان نمی‌توانند ببینند، در نظر بگیرد و در نتیجه [آدم‌های ضعیف] را مجازات کند. البته به بیانی دقیق‌تر، خدای همه‌چیزدانی که اخلاق‌بخش است، ضروری نیست: آموزه تناسخ ^(۲) مانند آن‌چه در برخی از ادیان شرقی یافت می‌شود، هم‌آن تهدید را انجام می‌دهد، [به این شکل] که جنایات این زندگی، با بازگشت به صورت شکل [جانوری] پست، در زندگی پس از آن، مکافات می‌شوند.

[۶] متأسفانه، ما در ایران، خدای اخلاقی را، ندیده‌ایم. چنین خدایی را در تاریخ مسیحیت اروپایی هم سراغ نداریم.

مزیت این نوع تهدید این است که هیچ کس نمی‌تواند اعتبار آن را، تا دیر نشده، آزمایش کند. بنابراین، اعتقاد به نوعی نیروی اخلاقی القاء شده در دوران کودکی، می‌تواند به طور موثری میزان رفتارهای ضداجتماعی را که یک جامعه تجربه می‌کند، کاهش دهد. جوامع آرمانی ^[۷] قرن نوزدهم در آمریکا، نشانه‌هایی را در مورد این‌که چه‌گونه دین می‌تواند به در کنار هم ماندن افراد جامعه موثر باشد، ارائه می‌دهد: جوامع اگر دارای مبانی مذهبی بودند، در مقایسه با آن جوامعی که کاملاً سکولار بودند، حدود ۱۰ برابر بیش‌تر احتمال زنده ماندن داشتند. بدون بُعد مذهبی، مردم سریع‌تر با یک‌دیگر درگیر می‌شدند، و در نتیجه، جامعه آن‌ها متلاشی می‌شد. مهم‌تر از همه، این مشکلی

(1) Carrot-and-stick.

(2) Reincarnation.

است که با افزایش اندازه جامعه، تشدید می‌شود. انضباطی که توسط نیروی پلیس اخلاقی [۸] اعمال می‌شود تقریباً همیشه تنها راه اطمینان از انطباق است.

[۷] در اینجا واژه (utopia) به کار رفته، که در فارسی، مخصوصاً در مورد مسائل "ایدئولوژیک" به اشتباه به "تخیلی" برگردان شده، و آن را در برابر "دانشیک" گذاشته‌اند! در حالی که برگردان درست این واژه، "آرمانی" است.

[۸] البته در اینجا منظور از "پلیس اخلاقی" آن چیزی نیست که در ایران موجود است، بلکه یک اشاره کلی به اصول اخلاقی است. به هر رو، پلیس اخلاقی در ایران، از بی‌اخلاق‌ترین نهادهای جمهوری اسلامی است.

پرسش ۹۸ - آیا اینترنت مسیر فرگشت انسان را تغییر می‌دهد؟

فرگشت هرگز متوقف نمی‌شود. بنابراین هر گونه شرایط جدیدی می‌تواند، در اساس، بر روند فرگشت انسان تأثیر بگذارد، [و تغییر] تنها چیزی را که قطعاً انجام نمی‌دهد، متوقف ساختن فرگشت است. به سان محلی برای تبادل دانش، اینترنت، به احتمال زیاد، از طریق فرگشت فرهنگی، و نه فرگشت زیست‌شناسانه، بر آینده ما تأثیر می‌گذارد، تا سرعت پخش اطلاعات را بسیار افزایش دهد [۱]. در این صورت، می‌تواند نیرویی برای خیر (با پخش دانش مفید) یا شر (با پخش شایعات نادرست) باشد.

[۱] تغییرهای فرگشتی انفرادی نیستند، بلکه جمعیتی هستند. هر تغییر قابل مشاهده فرگشتی هم هزاران نسل به طول می‌انجامد. استفاده از اینترنت، می‌تواند در دراز مدت، پس از نسل‌های زیاد، بر فرگشت زیست‌شناسانه انسان (مثلاً از طریق سازگاری مغز با سرعت پخش اطلاعات) هم اثر بگذارد. ولی این امری نیست که بتوانیم آن را در ۵۰ سال و ۱۰۰ سال ببینیم.

بخشی از مشکل دنیای دیجیتال این است که کاربران، و به ویژه کاربرانی که تجربه کمتری از زندگی دارند، بیش از حد در تیررس خطر "اضافه بار اطلاعاتی" [۱] قرار می‌گیرند [۲]. با لمس یک دکمه، ما می‌توانیم در عرض چند دقیقه، بیش‌تر از آنچه که می‌توانسته‌ایم در سال‌ها، شاید حتی دهه‌ها، از برهم‌کنش رودرو با یکدیگر به دست آوریم، در اینترنت بیابیم. مشکل این است که کسی بالای سر ما نیست که ادعاهای بی‌اساسی [را که ممکن است در اینترنت بیابیم] زیر علامت سوال ببرد. این محیطی است که اثری مانند "اتاق پژواک" [۳] دارد. در به‌ترین حالت، ما نظراتی را که دیدگاه‌های خودمان را تقویت کند، ترجیح می‌دهیم. در تماس رو در رو با دیگران، نمی‌توانیم شک‌ها [را به آسانی از خود بزدائیم]، اما در دنیای دیجیتال می‌توانیم با فشار یک دکمه، با [نظرات همانند نظرات خودمان] دوست شویم.

[۲] در کنار "بار اضافی اطلاعاتی" مشکل دیگر وجود که "مقاومت اطلاعاتی" (fact resistance) است.

یک چهارچوب وجود دارد که ممکن است مشکل‌ساز شود، و آن مربوط به رشد کودکان است. پیش‌تر، دیدیم که شمار دوستانی که می‌توانید داشته باشید، تابع اندازه مغز شما و تراکم گیرنده اندورفین شما است (به پرسش ۸۶ نگاه کنید). اما این‌ها فقط مولفه‌های بازی‌های [تفریحی] را

[۱] Information overload.

[۲] Echo chamber.

تعیین می‌کنند و به خودی خود برای تولید یک انسان بالغ کارآمد، که بتواند از طریق پیچیدگی‌های دنیای اجتماعی انسان، در ارتباط دوجانبه باشد، بسنده نیستند. تنظیم دقیق این مهارت‌ها، حتی در بوزینه‌ها و میمون‌ها، نیاز به تمرین و تجربه زیادی دارد.

به نظر می‌رسد که در انسان‌ها، تنظیم دقیق این مسائل بیشتر از ۲۵ سال اول زندگی ما را در بر می‌گیرد. این یک راه دراز و آهسته است، که ما در آن یاد می‌گیریم، که چه‌گونه با افراد دارای مهارت‌ها، و اهداف اجتماعی کاملاً ناهم‌گون، کنار بیاییم. ما یاد می‌گیریم که چه‌گونه مذاکره کنیم، چه‌گونه مهارت‌های بازدارندگی خود را تقویت کنیم (به پرسش ۸۳ نگاه کنید)، و چه‌گونه می‌توانیم دست‌آوردهای کوتاه مدت را، در برابر پی‌آمدهای بلند مدت آن‌ها، هم‌تراز کنیم. این امر مستلزم یک دوره بسیار دراز از قرار گرفتن مستقیم در برابر دید دیگران در شرایطی است که شما فقط باید بیاموزید که چه‌گونه سازش کنید، و چه‌گونه با ظرافت رفتار کنید، زیرا نمی‌توانید **[از واقعیت]** فرار کنید.

ممکن است این خطر وجود داشته باشد که اگر بخش عمده‌ای از این دوره آموزشی به صورت آنلاین^(۱) و نه به صورت حضوری سپری شود، مهارت‌های دیپلماتیک به طور موثر آموخته نشوند. این می‌تواند به این معنا باشد که کودکان، توانایی کم‌تری برای کنار آمدن با عجایب دنیای اجتماعی بزرگسالان خواهند داشت، و در نتیجه حلقه‌های اجتماعی کوچک‌تر، و نه بزرگ‌تر، خواهند داشت. این امر به نظر می‌رسد **[بیش‌تر]** یک دستورالعمل برای فروپاشی اجتماعی باشد، تا **[یک دستورالعمل]** برای یک‌پارچگی بیش‌تر و انسجام جامعه. متأسفانه، یک نسل طول می‌کشد تا دریابیم آیا این پیش‌بینی درست است یا نه، و در آن زمان ممکن است نسلی از والدین دارای مهارت اجتماعی کم‌تر داشته باشیم که محدودیت‌های خود را به فرزندان خود منتقل کنند.

پرسش ۹۹ - آیا نگره فرگشت پی‌آمدهایی برای رشته‌های خارج از زیست‌شناسی دارد^[۱]؟

دانش‌مندان دانش‌های انسانی و اجتماعی گاهی تأکید می‌کنند که لحظه‌ای وجود دارد که فرگشت به پایان می‌رسد، و تاریخ آغاز می‌شود. تاریخ معمولاً بدین معنا انگاشته می‌شود که رفتار ما دیگر تابع زیست‌شناسی صرف نیست، بلکه بیش‌تر زیر تأثیر اخلاق اجتماعی و باورهای فرهنگی است، که از یادگیری به ارث رسیده‌اند. با این حال، چنین شکافی بین فرگشت و رفتار انسان به طور واقعی وجود ندارد^[۲].

[۱] البته این موضوع دوسویه است. رشته‌های دیگر بر فهم ما از فرگشت تأثیر دارند و فرگشت تأثیر زیادی بر رشته‌های دیگر دارد. من در این مورد، مثال‌های زیادی را سراغ دارم. اما، واگویی آن‌ها را به فرصتی دیگر موکول می‌کنم.

[۲] وقتی رفتارهای جمعی و اجتماعی زیر تأثیر فرگشت هستند، تفکیک زیست‌شناسی، روان‌شناسی و جامعه‌شناسی کار اشتباهی است. چه طور می‌توان درباره فرهنگ، جامعه‌شناسی، تاریخ و فلسفه انسان حرف زد، اما مشخصات بیولوژیک او را در نظر نگرفت؟ متأسفانه کارشناسان دانش‌های انسانی-اجتماعی، با نقد نگره‌های قدیمی

(۱) Online.

زیست‌شناسانه، که به روشنی ناپسندیده یا اشتباه بودند، از در نظر گرفتن مطالعات جدید فرگشتی-ژنتیکی خودداری می‌کنند، که باعث تاسف بسیار است.

به نظر می‌رسد این اشتباه ناشی از این فرض است که رفتار جانوران [به صورت] کاملاً ژنتیکی تعیین شده است. اما این تعین ژنتیکی، تنها در ساده‌ترین شکل‌های زندگی وجود دارد [۳]. مغز هم‌چون راهی برای ایجاد میانجی‌گری^(۱)، بین فرد و اثرات متنوع محیط، فرگشت یافته است، و به فرد اجازه می‌دهد تا در نحوه استفاده از فرصت‌ها یا اجتناب از تهدیدها، انعطاف‌پذیری داشته باشد (به پرسش ۶۰ نگاه کنید). ظرفیت یادگیری بسیار مهم است. این حالت مشخصی است که در آن، جانور باید هدف و ظرفیت تصمیم‌گیری برای رسیدن به آن را، که به صورت ژنتیکی تعیین می‌شود، و نه رفتار را، در نظر بگیرد. البته مشکل این است که بحث "فرهنگ-تاریخ-است"، سازوکارهای وراثت را، با سازوکار فرگشتی اشتباه می‌گیرد [۴] (به پرسش ۱۰ نگاه کنید). روندهای فرهنگی به همان اندازه زیر تأثیر نیروهای فرگشتی هستند (به پرسش ۹۱ نگاه کنید).

[۳] من در این مورد نظر دیگری دارم. تعین ژنتیکی (genetic determinism) در هیچ تراز از موجودات زنده وجود ندارد. همیشه و همواره ارتباط متقابل و دوجانبه‌ایی (برهم کنش = interaction) بین عامل‌های ژنتیکی و محیطی (چه محیط زیستی/بومی و چه محیط جمعی/اجتماعی وجود دارد.

[۴] این هم نکته مهمی است که ارزش دو بار خواندن را دارد. برای فهم تفاوت "سازوکارهای وراثتی" و "سازوکارهای فرگشتی" به چهار علت ارسطویی و یا "چهار چرا" تینبرگن نگاه کنید (پرسش ۱۰).

اقتصاد یکی دیگر از رشته‌هایی است که در آن نگره فرگشت ممکن است تأثیر داشته باشد. گزینش زیستاری از نظر ریاضی یک روند بهینه‌سازی است، و بهینه‌سازی یک فرض محوری در اقتصاد است. تنها ناهم‌گونی بین رویکرد فرگشتی، و رویکرد اقتصادی، این است که روش دوم، معمولاً بر سود مالی تمرکز می‌کند، در حالی که زیست‌شناسان فرگشتی بر برازش [داروینی]^(۲) (سود ژنتیکی) تأکید می‌کنند. پول، بیش‌تر نمایان‌گر مستقیم برازش است، زیرا ما از آن برای خرید منابع، یا سرمایه‌گذاری آن در فرزندان خود، استفاده می‌کنیم. سوال بزرگ این است که آیا استفاده از برازش به جای یک جای‌گزین مصنوعی مانند پول، می‌تواند کیفیت پیش‌بینی اقتصاد خرد را، با تمرکز مستقیم بر معیارهایی که به راستی انگیزه رفتار انسان را افزایش می‌دهد، بهبود بخشد؟

علوم تاریخی (تاریخ، باستان‌شناسی)، همگی در مورد رفتار انسان و تصمیماتی است که ما در زندگی می‌گیریم. درک دلیل‌هایی که باعث ایجاد انگیزه در رفتار انسان می‌شود و محدودیت‌های اجتماعی و شناختی، که بر این امر تأثیر می‌گذارد، ممکن است انواع جدیدی از بینش‌ها را، در مورد این‌که چرا روی داده‌های تاریخی به نوبه خود تغییر کرده‌اند، به ما ارائه دهد. آیا مثلاً جامعه‌ای به دلیل فراتر رفتن از ظرفیت اعضای خود برای مدیریت روابط خود، فرو می‌پاشد؟ در این‌جا یک مثال وجود دارد که چه‌گونه [یک دیدگاه] فرگشتی می‌تواند یک پدیده تاریخی را روشن کند. وایکینگ‌های دیوانه قرون وسطایی ایسلند، از برازش بالاتری نسبت به افراد دیگر برخوردار بودند [۵]، که این توضیحی است که چرا رفتارهای [خشن آن‌ها] ادامه داشت (صرف نظر از این‌که آیا

(۱) Buffering.

(۲) Darwinian fitness.

زمینه ژنتیکی برای رفتار پرخاش گرانه وجود دارد یا نه) (به پرسش ۷۸ نگاه کنید). تحلیل داده‌های تاریخی نشان داده است که [رفتار] وایکینگ‌ها به برداشت همیلتون [از برازش دربرگیر] نزدیک بوده است (به پرسش ۲۵ نگاه کنید). آن‌ها، در مقایسه با اقوام دور، بسیار کمتر احتمال داشت یکی از اقوام نزدیک خود را به قتل برسانند، و اگر این کار را می‌کردند، همیشه به این دلیل بود که پاداش بسیار بیشتری در بین بود: افراد نامرتبب ممکن بود به دلیل یک توهین بی اهمیت کشته شوند، اما بستگان نزدیک، فقط برای رسیدن به پادشاهی، به قتل برسند.

[۵] نویسنده فراموش کرده است که هیچ دلیلی برای بالاتر بودن برازش وایکینگ‌ها ارائه نکرده است. مخلوط کردن دو معنی برای واژه "fitness"، یکی در معنای "برازش" و یکی در معنای "قوی بودن"، باید دلیل این بدفهمی باشد.

ادبیات، بیش‌تر فراتر از بحث‌های فرگشتی انگاشته می‌شود، اما روان‌شناسی فرگشت‌یافته قصه‌گوها و مخاطبان آن‌ها، چیزهای زیادی برای گفتن در باره این‌که، چرا داستان‌ها به شیوه خاصی ساخته می‌شوند، چه‌گونه و چرا ما به آن‌ها به شیوه‌ای خاص پاسخ می‌دهیم، و چرا از برخی از آن‌ها، بیش‌تر از داستان‌های دیگر لذت می‌بریم، دارد، و این‌که چرا در کل، موضوع داستان‌گویی در وهله اول فرگشت یافته است. سیاست و قانون، همگی در مورد جوامعی است که سعی می‌کنند به نوعی، شیوه زندگی مشترک را، بیابند. [سیاست و قانون] بیش‌تر بین راه‌های گوناگون دست‌یابی به هدف [شیوه مشترک زندگی]، و هم‌چنین بین [انتخاب] منافع متضاد افراد یا گروه‌های گوناگون، درگیری، و گاهی درگیری‌های شدید، دخالت می‌کنند. ما فقط به این چیدمان‌های رسمی نیاز داریم، زیرا منافع شخصی در تمام برهم‌کنش‌های انسانی، هم‌چنان در سطح، شناور است. به نظر می‌رسد فرگشت زیست‌تاری تضاد بین ژن‌های خودخواه و افراد دگرددوست، به طور مستقیم با الاهیات، و با دل‌مشغولی [الاهیات] به خیر و شر، و چه‌گونگی فهم رفتارهای بی‌نظم، و گاهی مخرب انسان‌ها، و نحوه تنظیم آن‌ها، ارتباط دارد.

پرسش ۱۰۰ - پس چرا مردم هنوز نگره فرگشت را اشتباه می‌فهمند؟

این یک سوال بسیار خوبی است. به نظر می‌رسد یکی از مشکل‌ها این است که نگره فرگشت داروین، بیش‌تر، ایدئولوژی‌های ما را به چالش می‌کشد و انسان‌ها هیچ گاه در صورت به چالش کشیده شدن ایدئولوژی‌های خود، کاملاً منطقی واکنش نشان نمی‌دهند. در بسیاری از موارد، اعتراض به نگره فرگشت بر اساس بدفهمی‌های واقعی در مورد آن‌چه این نگره ادعا می‌کند، استوار است، بیش‌تر به این دلیل که منتقدان، منظور از "چهار چرا"ی تینبرگن [۱] را اشتباه می‌گیرند (به پرسش ۱۰ نگاه کنید).

[۱] چهار "چرا"ی تینبرگن این‌ها بودند: "چرا"، "چه‌گونه"، "چه" و "چه زمانی".

یک بدفهمی بدنام، به نام پارادوکس اسقاط‌دانی، معروف است. در اساس، این بدفهمی تصریح می‌کند که، فرگشت نمی‌تواند درست باشد، زیرا تغییرهای تصادفی به سادگی نمی‌تواند گونه‌هایی را که ما می‌بینیم تولید کند: مانند این که یک گردباد در یک اسقاط‌دانی نمی‌تواند یک جامبوجت کاملاً مونتاز شده تولید کند. اما، گردباد در یک اسقاط دانی، کنایه مناسبی برای نحوه کارکرد فرگشت نیست. این مثال، حتی توصیفی منطقی از چگونگی بوجود آمدن جامبوجت نیست.

گزینش زیستاری یک روند انباشتی^(۱) است، که اندک اندک، بر پایه آنچه که پیش از این وجود داشته، و در طی دوره‌های بسیار دراز مدت، ساخته شده است. قیاس صحیح در این جا، هم‌آن‌طور که خود داروین تشخیص داد، این است که یک انسان، درست مانند کبوتربازان، کبوترچه‌ایی را گزینش می‌کند که بهتر و به‌تر با شکلی که آن‌ها (یا محیط) در ذهن دارند، تطبیق داده شود^[۲]. این دقیقاً همان روشی است که طراحان جامبوجت از آن استفاده کردند - طرح‌های جدیدی را در مورد هواپیماهای قدیمی آزمودند و اگر طرحی کارکرد نداشت، آن را عوض می‌کردند.

[۲] داروین در کتاب پیدایش گونه‌ها، در فصل اول به شرح کار اصلاح دام (animal breeding) می‌پردازد. او در همان زمان، عضو دو انجمن از "کبوتر بازان" درحومه لندن بود و خودش در کار گزینش مصنوعی کبوتر بود. استدلال داروین آن بود که آن چه که کارشناسان اصلاح دام، به وسیله گزینش مصنوعی انجام می‌دهند، مانند کاری است که طبیعت با گزینش زیستاری، انجام می‌دهد. ناهم‌گونی در این است که سرعت تغییرها در اصلاح دام بسیار بالاتر از فرگشت است. با محاسبات امروزی می‌توانیم نشان دهیم که تغییرهای ژنتیکی که در یک نسل از اصلاح دام به دست می‌آید، برابر ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ نسل تغییرهای ژنتیکی است که در زیستار (طبیعت) صورت می‌گیرد.

مغالطه کلاسیک دیگر این است که اگر فرگشت تدریجی باشد، زمان بسنده برای تولید همه گونه‌های سازگار، با ظرافتی که می‌بینیم، وجود ندارد. این ادعا در صورتی صادق است که فرگشت، ویژگی‌های جدید را، فقط بصورت تصادفی، از طریق رانش [تصادفی] ژنتیکی جمع آوری می‌کرد (به پرسش ۲۹ نگاه کنید). اما، هنگام گزینش، ویژگی‌ها می‌توانند به سرعت شگفت آوری تغییر کنند^[۳] (به پرسش ۱۶ نگاه کنید). مسلماً تولید یک گونه کاملاً جدید، بیش‌تر از تغییر یک ویژگی، مانند عدم تحمل لاکتوز^(۲)، یا کم خونی گلبول داسی شکل، طول می‌کشد، اما با این وجود، [در مورد فرگشت] سخن از چندصد هزاره است^[۴]. در حقیقت، میانگین طول عمر یک گونه در دودمان انسان (فاصله بین نخستین و پسین‌ترین ظهور آن) تنها حدود نیم میلیون سال است^[۵]. مشکل این مغالطه این است که گزینش را با میزان جهش [ژنتیکی] اشتباه می‌گیرد.

[۳] علت سرعتی که نویسنده از آن نام می‌برد، انباشتی بودن فرگشت است. در فرگشت، هیچ چیزی از صفر شروع نمی‌شود. بلکه، در هر نسل تغییری کوچک، نسبت به نسل پیشین، ایجاد می‌شود.

[۴] من فرگشت را از این هم آهسته‌تر می‌بینم. زندگی بر روی زمین، بین ۴۲۰۰ تا ۳۸۰۰ میلیون سال پیش آغاز شده است. موجودات دارای ساختار چندبخشی حدود ۶۰۰ میلیون سال پیش به وجود آمدند و پستان‌داران حدود ۲۰۰ میلیون سال است که وجود دارند. فرگشت، عجله‌ای ندارد!

[۵] بر اساس برآوردی که در مقاله قدیمی زیر دیده‌ام، عمر متوسط هر گونه پستان‌دار دو میلیون سال است:

Gott, J. R. (1993). Implications of the Copernican principle for our future prospects. *Nature*, 363, 315-309.

ادعای دیگر این است که انسان‌ها، حداقل به منظور ترویج ژن‌های خود، رفتار نمی‌کنند، بلکه به این دلیل است که آن‌ها انگیزه‌ای برای انجام کاری دارند. من با کسی ازدواج می‌کنم، زیرا عاشق او

(1) Cumulative.

(2) Lactose intolerance.

می‌شوم، نه به منظور کمک به [انتقال] ژن‌ها به نسل‌های آینده. این حتماً درست است، اما بار دیگر، دو تراز گوناگون از توضیح را با هم اشتباه می‌گیرد. بین تراز فرگشت (پی‌آمدهای ژنتیکی رفتار، یعنی برازش)، و سازوکارهایی که گزینش زیستاری، از طریق آن‌ها به این اهداف (انگیزه‌ها) دست می‌یابد [تراز فیزیولوژیکی]، تمایز مهمی وجود دارد. گزینش زیستاری از طریق انگیزه‌ها کار می‌کند، زیرا فقط انگیزه‌ها فوریت علی را، برای ترغیب ما به انجام کارها، دارند: پی‌آمدهای ژنتیکی اعمال ما [در زنجیره علی] بسیار دورتر از آن هستند، که به ارگانیسمی انگیزه انجام کاری را بدهند. در واقع، گزینش زیستاری، این انگیزه‌ها را برای رسیدن به اهداف مطلوب تنظیم می‌کند - یا به عبارت بهتر، گزینش زیستاری، منجر به فرگشت آن انگیزه‌هایی می‌شود، که برازش را به حداکثر می‌رساند.

یک ادعای کلاسیک دیگر این است که نگره فرگشت دایره‌وار است: [به این معنی که] برای اثبات فرگشت، [فرگشت] فرض گرفته می‌شود. این یک ادعای عجیب است، زیرا در هیچ نقطه‌ای از نگره فرگشت، که توسط داروین، یا هر کسی پس از زمان داروین، ارائه شده است، در ابتدا فرض بر فرگشت نیست. آنچه در ابتدا فرض می‌شود (اصل ۱) (به پرسش ۴ نگاه کنید) این واقعیت ساده قابل و مشاهده است که، جانوران [۶] (یا گونه‌ها) ناهم‌گون هستند. فرگشت (به معنی تغییری که در ظاهر یا شکل یک گونه رخ می‌دهد)، نتیجه یا پی‌آمد شماری از روندهای مکانیکی است که توسط دو فرض دیگر (اصل‌های واضح و مبرهن سازگاری و وراثت) نشان داده می‌شود. در مورد هیچ یک از این بدیهیات، هیچ چیز ذاتاً فرگشتی وجود ندارد. به نظر می‌رسد این بدفهمی به این دلیل به وجود آمده است که برازش هم‌چون یک ویژگی ژنتیکی (اساساً چهارمین استنتاج) با نقش ژن‌ها، هم‌چون سازوکار وراثت (اصل ۳)، اشتباه گرفته شده است (به پرسش ۴ نگاه کنید).

[۶] این حرف در مورد همه جانداران صادق است.

اگرچه اکنون کم‌تر شنیده می‌شود، اما خطای متداول دیگر این است که می‌پرسند "حلقه‌های مفقوده" کجا هستند - نقطه نیمه راه شامپانزه/نیمه-انسان بین دو گونه زنده. اما مفهوم حلقه مفقوده گمراه کننده است. هر دو گونه (مثلاً شامپانزه‌ها و انسان‌ها) محصولات نهایی مسیرهای فرگشتی جدا شده از جد مشترک خود هستند؛ دودمان انسان از دودمان شامپانزه فرگشت نیافته است. نیای مشترک آن‌ها، می‌تواند به راستی بسیار ناهم‌گون از هر دو آن‌ها باشد [۷]. تازه، به نظر می‌رسد که به‌رغم ظاهر بسیار ناهم‌گون ما [نسبت به جد مشترک]، میزان تغییرهای فرگشتی در ژنوم شامپانزه به راستی بسیار سریع‌تر از ژنوم انسان‌ها، بوده است.

[۷] پاسخی که نویسنده به این سوال می‌دهد، بر مبنای استدلال‌ات درست، ولی سنتی، است. امروزه، از طریق اطلاعاتی که از طریق ژنتیک مولکولی به دست آمده‌اند، می‌بینیم که ناهم‌گونی بین انسان و شامپانزه، یا دیگر موجودات نزدیک به یک‌دیگر، به قدری کم است، که نیازی به "حلقه مفقوده" نیست. انسان و شامپانزه، هر کدام، حلقه مفقوده آن دیگری است.

گزینش گروهی (این ادعا که فرگشت برای سود گونه‌ها رخ می‌دهد) یکی دیگر از ادعاهای قدیمی است. فرگشت به نفع گروه یا گونه رخ نمی‌دهد؛ فرگشت فقط به نفع ژن‌ها رخ می‌دهد [۸]. گزینش گروهی به سادگی شدنی نیست، زیرا به راستی نوعی از دگردوستی ژنتیکی است و بنابراین همیشه

با گزینش در تراز فرد تضعیف می‌شود [۹]. برخی وقت‌ها ادعا شده است که گزینش خویشاوندی نوعی گزینش گروهی است، اما این درست نیست [۹]. اگر چیزی باشد، گزینش خویشاوندی نوعی گزینش در تراز گروه است (به پرسش ۸۱ نگاه کنید)، و این امر بسیار ناهم‌گونی است، حداقل به این دلیل مهم که محاسبه برازش، مانند تمام روندهای داروینی، در تراز ژن صورت می‌گیرد [۸] [۱۰].

[۸] هم‌آن‌طوری که چند بار به آن اشاره کرده‌ام، در مباحث فرگشتی بحث مفصلی در مورد "تراز گزینش" وجود داشته و دارد. نتیجه‌گیری من این است که در بین کارشناسان فرگشتی، درصد محدودی به گزینش در تراز "ژن"‌ها باور دارند. درصد کمی هم به گزینش در تراز "گروه"، و یا گزینش "چند تراز" باور دارند. اما بیش‌ترین شمار کارشناسان فرگشتی، گزینش در تراز "فرد" را مهم‌تر می‌دانند. از نظر من "گزینش در تراز ژن" بسیار کاهش‌گرایانه، اما ساده‌فهم است. بنابراین، در بین کسانی که خودشان با ژنتیک کار نمی‌کنند، "گزینش در تراز ژن" محبوبیت زیادی دارد. باید بیافزایم، که یکی از بزرگ‌ترین حامیان این باور، که باید او را بانی نگره "ژن خودخواه" و "ژن خوب" یا "ژن بد" دانست، ریچارد داوکینز (Richard Dawkins)، در تبلیغ و ترویج نگره خود، بسیار موفق بوده است. هر چند که نگره او و مشتقاتش، در فهم بسیاری از مسائل کمک بزرگی است، اما من "گزینش در تراز ژن" را مهم‌ترین نمی‌دانم.

[۹] این که من "گزینش در تراز فرد" را مهم‌تر می‌دانم، به معنی انکار اهمیت نگره‌های رقیب برای توضیح بعضی پدیده‌ها نیست. مثلاً نگره همیلتون، که چند بار در این کتاب به آن اشاره شده، می‌تواند هم تفسیر "ژنی" و هم تفسیر "گروهی" داشته باشد، و بنابراین از اعتبار این ادعای نویسنده بکاهد.

[۱۰] برای این که این دعوا را کش ندهم، از این نویسنده، و یا هر کس دیگری که با ادعای او موافق است، می‌خواهم که فرمول ریاضی این ادعا را نشان بدهد، و جایزه‌ای از من دریافت کند!

نگره فرگشتی [۱۱] بیش‌تر با داروینیسم اجتماعی، جنبش سیاسی اواخر قرن نوزدهم که تا حدودی مسئول ظهور فلسفه سیاسی نازی‌ها در اوایل قرن بیستم شناخته شده است، یکی [در نظر گرفته] شده است. در واقع، به‌رغم نامش، داروینیسم اجتماعی هیچ ربطی به داروین نداشت (در واقع، داروین آن را نپذیرفت). این اختراع فیلسوف سیاسی قرن نوزدهم، هربرت اسپنسر [۱۲]، با کمک کمی از پسر عمه داروین، فرانسیس گالتون [۱۳] (ژنتیک‌دان برجسته و پدر بنیان‌گذار جنبش اصلاح انسان [۱۴]) بود. نه داروینیسم اجتماعی و نه اصلاح انسانی، پی‌آمدهای مستقیم نگره فرگشت داروینی نیستند. در واقع، با توجه به این که [داروینیسم اجتماعی و اصلاح انسانی] هر دو آرزوی خلوص ژنتیکی (یعنی همگنی ژنتیکی) را دارند، اساساً ضد داروینی هستند: طبق نگره فرگشتی داروین، هرچه پراکندگی ژنتیکی [۱۴] شما بیش‌تر باشد، به‌تر است، زیرا این موتور اصلی پیروزی فرگشتی است، و شما هرگز نمی‌توانید بگویید که کدام گزینه‌ها در آینده، موفق‌تر خواهند بود. به راستی همگنی ژنتیکی خبر بسیار بدی است: هم‌آن‌طور که در زیست‌شناسی حفظ منابع زیستی بارها هشدار داده شده است، فقدان پراکندگی ژنتیکی، دستورالعمل گونه‌مرگی سریع است.

[۱۱] فکر می‌کنم که بارها این توضیح را داده‌ام که چیزی به نام "نگره فرگشتی" وجود ندارد، بلکه "نگره‌های فرگشتی" وجود دارند. حتی داروین، به‌رغم این که خودش مرتب عبارت "نگره من" را تکرار می‌کرد، یک نگره نداشت و "نگره‌اش" حاوی چند نگره بود (به پانویس [۲]، پرسش ۴ نگاه کنید). در تفسیر دیگری که ارنست مایر (Ernst Mayr) از کتاب "پیدایش گونه‌ها" دارد، پنج نگره به داروین نسبت داده می‌شود: (۱) این که فرگشت (تغییر گونه‌ها) صورت گرفته

(1) Francis Galton.

(2) Eugenics.

است؛ (۲) گونه‌ها خاستگاه واحدی دارند؛ (۳) اندک اندک بودن فرگشت؛ (۴) جداسدن گونه‌ها از یک‌دیگر؛ و (۵) گزینش زیستاری.

[۱۲] این که هربرت اسپنسر را "فیلسوف سیاسی" بخوانیم، بدسلیقگی است!

[۱۳] بر مبنای مقاله‌ای از گالتون که در سال ۱۸۶۵ منتشر شده است، و با معیارهای امروزی ما، گالتون به طرز مشمئز کننده‌ای نژادپرست بوده است. با این حال، حساب او را از اسپنسر و نازیست‌ها جدا می‌کنم. روش پیش‌نهادی گالتون و آن چیزی که ترکیب نگره‌های اسپنسر/هیتلر بود، را می‌توان در دو سر یک پیوستار "خیرخواهی و شرط‌لبی" قرار داد.

[۱۴] نویسنده از "پراکندگی ژنتیکی" یک فرد می‌گوید، که مفهوم نامشخصی است. به هر رو، منظور نویسنده "پراکندگی ژنتیکی" یک جمعیت است.

بدفهمی آخر، بیشتر مربوط به فلسفه دانش است. فرگشت و زیست‌شناسی گاهی وقت‌ها به دلیل تحلیل فی‌البداهه ^(۱) جهان، در برابر دانش‌های نگره-محوری مانند فیزیک، مورد انتقاد قرار می‌گیرند. این برداشت ناشی از درک نادرستی هم از دانش، و هم از زیست‌شناسی فرگشتی، است. نگره فرگشت با گزینش زیستاری، یک نگره جامع، با سادگی زیبایی‌ای، ارائه می‌دهد که کاربرد آن در جهان زیست‌شناسانه، منجر به پیچیدگی و تنوع بسیار زیادی می‌شود، زیرا جهان زیست‌شناسانه، پیچیده و چندبعدی است. افزون بر این، هدف هر دانش تاریخی، هم‌آن‌طوری که همه کسانی که پدیده‌های تاریخی را، از کیهان‌شناسی گرفته تا باستان‌شناسی، و تاریخ متعارف مطالعه می‌کنند، به خوبی می‌دانند، این است که بتوانند گذشته را توضیح دهند - چه‌گونه جهان به این شکل به وجود آمده است. در فلسفه دانش، این را پس‌بینی ^(۲) [در برابر پیش‌بینی] نامیده‌اند. همیشه به‌تر است مواردی را که انتظارش را نداشتیم پیش‌بینی کنیم، اما ارائه توضیحات اصولی برای هر چیزی به همان اندازه خوب است ^[۱۵]. مهم‌تر از همه، نگره فرگشت، بیش‌تر، چیزهایی را در دنیای واقعی پیش‌بینی می‌کند، که ما انتظارش را نداشتیم. بسیاری از کارهای آزمونی در نگره تغذیه مطلوب (به پرسش ۱۲ نگاه کنید) دقیقاً همین کار را انجام می‌دهند: پیش‌بینی می‌کنند که جانوران در صورت بهینه‌سازی برآزش خود، چه‌گونه باید رفتار کنند، و آزمایش می‌کنند که آیا آن‌ها واقعاً این کار را انجام می‌دهند. به نظر می‌رسد که انجام می‌دهند.

[۱۵] دو نکته را باید بگویم. اول آن که نظریات من در مورد فلسفه دانش، با این چیزهایی که نویسنده می‌گوید، فرق دارد. دوم آن که در اینجا نویسنده، شاید بدون آن که به آن آگاه باشد، از استدلال "استنتاج به بهترین توضیح" (Inference to the Best Explanation = IBE) یا "abduction" استفاده می‌کند. در فارسی، واژه "abduction" را به ترکیب بی‌مسمای "استدلال ژبایشی" برگردان کرده‌اند! گمانم براین است که تا پیداکردن واژه‌ای به‌تر، می‌توان "استنتاج توضیحی" را به کار برد.

شاید بزرگ‌ترین مشکل همه این بدفهمی‌ها این باشد که آن‌ها روی مسائل خاصی تمرکز می‌کنند. آن‌چه آن‌ها نادیده می‌گیرند این واقعیت است که همه آن‌ها، در یک شبکه پیچیده از روابط متقابل و توضیحات علی، گنجانده شده‌اند، که پی‌آمدهای آن در تمام سطوح پیچیده جهانی که ما

(1) Post hoc.

(2) Postdiction.

در آن زندگی می‌کنیم، از ماهیت گونه‌ها، تا رفتارهای فرهنگی بشر، گسترش می‌یابد. این امر نه تنها قدرت ساختاری فوق‌العاده‌ای به نگره [فرگشت] می‌بخشد، بلکه اعتراض به یک جزء را، بدون مجبور شدن به یافتن توضیحات متقاعدکننده برای سایر بخش‌ها، را نیز مشکل می‌کند. "مجموعه درهم پیچیده" داروین در مجموعه‌ای از چنین توضیحات زیبا و درهم تنیده، که همه از نگره اصلی او نشأت گرفته است، چنان محکم در هم تنیده شده است، که گزینش عناصر آن بدون از دست دادن انسجام فکری، دشوار می‌شود.

فهرست واژه‌ها

همانگونه که پیشفتار مترجم آمده است یکی از هدف‌های این کتاب تشویق ایرانیان به خواندن کتاب‌های نوشته شده به زبان انگلیسی درباره فرگشت (و دیگر موضوعات علمی است). برای کمک به این هدف، تمام واژه‌های فنی در متن کتاب مشخص شده و انگلیسی آن‌ها در پاورقی‌ها آمده است. افزون بر آن، پانوشته‌های مترجم نیز شمار زیادی از واژه‌های علمی و فلسفی را با معادل‌های انگلیسی آن‌ها آورده است. **جدول ۱** واژه‌ها را، برای راهنمایی اولیه، به گروه‌های گوناگون بخش کرده است. با این حال خواننده خواهد دید که بعضی از واژه‌ها در بیش از یک گروه می‌گنجند، مخصوصاً گروه ۷ و ۸ از یک طرف و گروه ۸ و ۹ از طرف دیگر هم‌پوشانی بیشتری دارند.

جدول ۱ - گروه‌بندی واژه‌های انگلیسی به کار رفته در این کتاب.

نام گروه	گروه
فرد واقعی	۱
ماده شیمیایی	۲
نام خاص (فرد خیالی، محل، کتاب، فیلم، تفکر، آزمایش، موسسه، حرکت آیینی، ...)	۳
نام گونه/گونه‌ها	۴
نام یک زبان/گروه زبانی	۵
نام یک گروه از مردمان	۶
واژه رایج	۷
واژه علمی	۸
واژه فلسفی	۹

جدول ۲ - واژه‌های انگلیسی به کار رفته در این کتاب و معادل فارسی آن‌ها

English	Farsi	گروه
A Tale of Two Cities	داستان دو شهر	۳
abduction	استنتاج توضیحی	۹
abstract	آهنچیده، ساده	۹
accident	عرض	۹
acetaldehyde	استیل‌الدئید	۲
acetic acid	اسید استیک	۲
acquired characteristics	توراث سرشتار اکتسابی	۸
Acre	اکره	۳
adaptation	سازگاری	۸
adaptationism	سازگاری‌نگری	۹
adaptationist program	سازگاری‌نگران	۹
adaptive	سازگارانه	۸
adaptive radiation	سازگاری شعاعی	۸
adaptive value	ارزش سازگارانه	۸
adder's tongue fern	سرخس مارزبان	۴
additive	افزایشی	۸
adenine	ادنین	۲
adenosine triphosphate	ای‌تی‌پی	۲
African bell bird	پرنده ناقوس آفریقایی	۴
African widowbird	مرغ بیوه دم‌دراز آفریقایی	۴
aggregation	گروه‌های ناپایدار	۸
Akko	عکا	۳
Alanine	آلانین	۲

albinism	زالی	۸
Aleutian	جزیره‌های التوتین	۳
Alice in Wonderland	آلیس در سرزمین عجایب	۳
alkaloid	آلکالوئیدها	۲
allele	ال	۸
allometric relationship	رابطه رشدسنجانه	۸
allometry	رشدسنجی	۸
allopatric speciation	گونه‌زایی دیگرنیایی	۸
all-seeing god	خدای همه‌بین	۷
Altai	آلتای	۳
alternative strategy	راه‌برد جای‌گزین	۸
Alvarez, L.	آلوارز، ل.	۱
Alvarez, W.	آلوارز، و.	۱
ambush predators	شکارگران کمپنی	۴
amenorrhea	آمنوره	۸
American prairie grouse	باقرقره چمن‌زار آمریکایی	۴
American red-winged blackbird	مرغ سیاه پرقرمز آمریکایی	۴
American signal crayfish	خارچنگ آمریکایی	۴
American snow goose	غاز برفی آمریکای شمالی	۴
Amerindian	آمریندی	۵
Amhara	آمهاری	۶
ammonite	آمونیت	۴
amoebae	آمییب	۴
anagenesis	گونه‌گردیسی	۸
analogy	انالوژی	۸
analysis	تحلیل	۷
analytical mathematics	ریاضی تحلیلی	۸
anatomy	کالبدشناسی	۹
Andersson, M.	اندرسون، م.	۱
Andes	آند	۳
androgynous	دوجنس	۴
angiosperm	گیاه گل‌دار	۴
Anglo-Saxon	آنگلوساکسون	۶
Angrist	انگریست	۱
animal behavior	رفتار جانوران	۹
animal breeding	اصلاح دام	۸
ant	مورچه	۴
antelope	غزال، بزکوهی، شاخ‌دراز	۴
antelopes	آهوان	۴
anterior	پیشین	۸
anthropoid	انسان‌نما	۴
anthropologist	انسان‌شناس	۹
anthropology	انسان‌شناسی	۹
antidiuretic	هورمون ضدادرار	۲
Apache	آپاچی	۶
ape	میمون	۴
appendix	آپاندیس	۵
archaeobacteria	کهن‌باکتری‌ها	۴
archaeological	باستان‌شناسانه	۷
archaic bacteria	باکتری‌های کهن	۴
archetypal	کهن‌الگو	۹
archetype	مثل‌اعلا	۹
argumentative	جدلی	۷
Aristotle	ارسطو	۱
Armagh	ارما	۳
armchair philosophizing	فلسفه‌پردازی روی صندلی	۷
arrangement	چیدمان	۸

arthropods	بندپایان	۴
ascarid	آسکارید	۴
assortative mating	آمیزش جور شده	۸
asteroid	سیارک	۸
Audubon	اودوبان	۳
australopithecine	اوسترالوپیتکسین	۴
Austronesian	آسترونزی	۶
automimicry	خودهم گونی	۸
autosomal	کروموزوم جسمی (اتوزومال)	۵
Autotroph	خودپروردها	۴
axial precession	حرکت محوری	۸
baby counting	شمارش نوزاد	۸
Bacon, F.	بیکن، ف.	۱
bacteria	باکتری‌ها	۴
bacteriophage	باکتریوفاژ	۵
bacterium	باکتری	۴
badger	گورکن	۴
Bakewell, R.	بیکول، ر.	۱
balance of nature	هم‌ترازی زیستار	۸
balancing selection	گزینش پایاساز	۸
bald eagle	عقاب طاس	۴
Baldwin effect	اثر بالدوین	۸
baleen whales	نهنگ‌های بالین	۴
band-tailed pigeon	کبوتر دم‌راه‌راه	۴
Bantu	بانتو	۶
barnacle	صدف	۴
basalt	بازالت	۵
base	قلیایی	۲
base pair	جفت قلیایی	۸
Bates, H. W.	هنری والتر بیتز	۱
Batesian mimicry	هم‌گونی بیتزی	۸
Bateson, P.	بیتسون، پ.	۱
Bayesian statistics	بیسین، بیزین، بیشین	۸
beaver	سگ آبی	۴
bee	زنبور عسل	۴
bee-eater	زنبورخواران	۴
behaviorism	رفتارگرایی	۹
Beijerinck, M.	بییرینک، م.	۱
being adapted	سازگار بودن	۸
Bergman's rule	قاعده برگمن	۸
Bering Strait	تنگه برینگ	۳
bias	سوگیری	۸
biased	سویه‌دار	۸
bilharzia	تب حلزون	۵
biochemistry	زیست‌شیمی	۹
biogeography	زیست-جغرافیای	۸
biological species definition	تعریف زیست‌شناسانه گونه	۹
biologist	زیست‌شناس	۹
biomass	زیست‌جرم	۸
biometricians	بیومتریست‌ها (زیست‌سنج‌ها)	۸
birds of paradise	پرندگان بهشتی	۴
birth	زایش	۸
bison	گاو میش‌های کوهان‌دار آمریکایی	۴
black hole	سیه‌چاله	۸
black-backed gull	کاکایی پشت‌سیاه	۴
blackberry	تمشک	۴
blending inheritance	توارث ترکیبی	۸

boa	بوآ	۴
Boas, F.	بواس، ف.	۱
Bohr, N.	بور، ن.	۱
bonded relationship	روابط پیوندخورده	۸
bonded social group	گروه اجتماعی پیوندخورده	۸
bonded society	جوامع پیوندخورده	۸
Bonellia	کرم مدیترانه‌ای بونلیا	۴
bony fish	ماهیان استخوانی	۴
Borgerhoff Mulder, M.	بورگهوف مالدر، م.	۱
Borlaug, N.	بورلاگ، ن.	۱
Borneo	بورنئو	۳
bottleneck	گلوگاه	۸
bottom-living	بسترزیست	۴
brachiopod	بازوپایان	۴
breed	آمیزه، پرورش	۸
breed true	انتقال دریست	۸
breeder	اصلاح‌گران	۸
breeding	آمیزی	۸
bristle worm	کرم‌های حلقوی دریازی	۴
Brno	برنو	۳
browser	سرشاخه‌خواران	۴
bryozoan	خزه‌زیان	۴
buffer	حفاظتی	۸
buffering	میانجی‌گری	۸
Burchell	گورخر بورچل	۴
bushmen	بوشمن‌ها (مردمان بوته‌زار)	۶
butterwort	چرب‌گیاه	۴
Caenorhabditis elegans	سی ال‌گنس	۴
caesarean	رستم‌زاد (سزارین)	۸
Caledonian crow	کلاغ کالدونی	۴
Cambrian explosion	انفجار کمبرین	۸
camouflage	استتار	۸
camp	اردوگاه	۸
cannabinoid	ترکیبات شاه‌دانه‌ای	۲
canopy	تاج‌پوش	۸
Caribbean patois	پاتوی کارائیب	۵
Carl von Linné	لینه، ک. ف.	۱
carnivores	گوشت‌خواران	۴
carpenter ants	مورچه نجار	۴
carrion	کلاغ لاشه	۴
carrion eater	مردارخوار	۴
Carroll, L.	کارول، ل.	۱
Carson, R.	کارسون، ر.	۳
Carton, S.	کارتن، س.	۳
caste	کاست	۶
categorical	رده‌ای، رسته‌ای	۸
Caucasian	قفقازی	۶
causal model	مدل‌های علی	۸
cecum	روده کور	۸
cell	سلول، یاخته	۸
Celtic	سلتی، کلتی	۶
Chambers, R.	چمبرز، ر.	۱
chameleon	آفتاب‌پرست	۴
chameleon vine	پیچک آفتاب‌پرست	۴
chance	احتمال، تصادف	۹
character	سرشت	۸
Charles Lyell	لایل، چ.	۱

chemistry	شیمی	۹
Cheyenne	شەین	۶
Chicxulub	چیخولوب	۳
chloroquine.	کلروکین	۲
choose	انتخاب	۸
chromosome	کروموزوم‌ها	۸
cichlid	سیکلیدها	۴
Cirrepedia	سرخاب	۴
citric acid cycle	اسید سیتریک	۲
citronella	سیترونلا	۲
cladogenesis	شاخه گردیسی	۸
classification	رده‌بندی	۹
cleaner wrasse	ماهی ورس	۴
climate	اقلیم	۷
climax habitat	زیست‌گاه‌های اوجی	۸
clone	هم‌سانه	۸
cloning	هم‌سانه‌سازی	۸
clownfish	دل‌قک‌ماهی	۴
clutch	گروه‌های تخم	۸
coalescence theory	نگره هم‌آمیختگی	۸
coat	پوشش	۸
cockroach	سوسک	۴
codon	رمزانه یا کودان	۸
coefficient of determination = R ²	ضریب تعیین	۸
coelacanth	ماهی نهی‌خار	۴
coevolve	هم‌فرگشت	۸
cognition	شناخت	۸
cognitive	شناختی	۸
Coke, T.	کک، ت.	۱
collapse	فروپاشی	۷
colobus	بوزینه کولوبوس	۴
colonizer species	گونه‌های اسکان‌گر	۴
colony	پرگنه، جرگه	۸
Colugo	کولوگو	۴
Comet	شهاب دنباله دار	۸
commensal	هم‌خوراکی	۸
community	اجتماع	۸
competition model	مدل رقابتی	۸
complex trait	صفت پیچیده	۸
computer simulation	همانندسازی رایانه‌ای	۸
Conan Doyle, A.	کونان دوایل، ا.	۱
conceptual definition	تعریف مفهومی	۹
condition	حالت	۸
congragation	گروه‌های پایدار	۸
conifer	مخروطیان	۴
conjugation	گشن‌گیری	۸
conodont	مخروط‌دندان	۴
conserved	پایسته	۸
constraint	محدودیت	۸
continental shelf	فلات‌های قاره‌ای	۸
continuous trait	صفت پیوسته	۸
continuum	پیوستار	۸
contrast	هم‌سنجی (در آمار)	۸
convergence date	هم‌گرایی تاریخ	۸
convergent evolution	فرگشت هم‌گرا	۸
cooperative venture	شرکت تعاونی	۷
coral	مرجان	۴

Coral Reefs	صخره‌های مرجانی	۴
Cornish	کورنیشی (زبان)	۵
Cornwall	کورنوال	۳
correlation	هم‌بستگی	۸
cousins	عم‌خال‌زادگان	۸
Coyne, J.	کوبین، ج.	۱
coyote	کویوت	۴
Crick, F.	کریک، ف.	۱
cricket	جیرجیرک	۴
cross	درهم‌آمیزش	۸
crossbreeding	اصلاح برون‌آمیزی	۸
Crow	کرو	۶
crustacean	سخت‌پوستان	۴
crystallography	کریستالوگرافی	۸
C-tactile	وابسته به لمس	۸
cumulative	انباشتی	۸
Cushitic	کوشیتیک	۵
cyanide	سیانید	۲
cyanobacteria	سیانوباکتری‌ها	۴
cyst nematode	گردکرم	۴
cytoplasm	سیتوپلاسمی	۸
cytoplasmic effects	اثرات سیتوپلاسمی	۸
cytosine	سیتوزین	۲
dalit	دالیت‌ها	۶
Danaus	پروانه داناوس	۴
dandelion	قاصدک	۴
Darnay, C.	دارنی، ج.	۳
Darwin, C.	داروین، ج.	۱
Darwin, E.	داروین، ا.	۱
Darwinian fitness	برازش داروینی	۸
data	داده	۸
daughter species	گونه‌دختر	۸
Davies, N.	دیویس، ن.	۱
Dawkins, R.	داوکینز، د.	۱
de novo	کاملن جدید	۸
de Vries, H.	دوریس، ه.	۱
Deacon, T.	دیکن، ت.	۱
DeBruine, L.	دبروین، ل.	۱
Deccan traps	پلکان‌های دِگن	۳
Decomposer	گندخواران	۴
deduction	قیاس، استنتاج	۹
deductive	قیاسی	۹
default state	حالت پیش‌فرض	۸
deleterious	مضر، مرگ‌آور	۸
deletion	حذف	۸
demographic	جمعیت‌شناختی	۸
Denisovan	دنيسووان	۴
dermis	پوست (درم)	۸
descendant	نوادگان	۸
Detritus feeder	ریزه‌خوار	۴
deviation	کژرفت	۸
devil scorpionfish	عقرب‌ماهی شیطانی	۴
Devon	دِوُن	۳
dialectic	دیالکتیک	۹
Diamond, J.	دایاموند، ج.	۱
diaphragm	دیافراگم	۸
Dickens, C.	دیکنز، ج.	۱

diclofenac	دیکلوفناک	۲
differential mortality	مرگ‌ومیر تفریقی	۸
dinosaur	دایناسورها	۴
diploid	دییپلوئید	۸
discontinuous	ناپیوسته	۸
distribution	توزیع	۸
DNA	دی‌ان‌ای	۲
Dobzhansky, T.	دوبژنسکی، ت.	۱
doctrinal religion	دین‌های اعتقادی	۸
dodo	دودو	۴
dominant	غالب	۸
Domino	دومینوی	۷
double-helix	نردبانی	۸
Down syndrome	نشانگان داون	۸
dragonfly	سنجاقک	۴
Drosophila	مگس سرکه	۴
dualistic	دوگانه‌بینانه	۹
Dunbar, R.	دانبار، د.	۱
dunnock	گنجشک پرچین	۴
Durkheim, É.	دورکهایم، ا.	۱
dwarfism	کوتوله‌گرایی	۸
East Anglia	آنگلیای شرقی	۳
East India Company	کمپانی هند شرقی	۳
Easter Island	جزیره ایستر	۳
Ebola	ابولا	۸
eccentricity	بی‌قاعدگی	۸
echinoderm	اکینودرم	۴
echo chamber	اتاق پژواک	۸
ecological release	پخش زیست‌بومی	۸
ecology	بوم‌شناسی	۹
economics	اقتصاد	۹
ectoparasite	انگل‌های سطحی روی پوست	۴
effective population size	اندازه موثر جمعیت	۸
efficient cause	علت فاعلی	۹
El Molo	ال‌مولو	۶
electrochemical	الکتروشیمیایی	۸
elk	وابیتی (نوعی گوزن)	۴
embryology	جنین‌شناسی	۹
emergence	ظهور	۹
emperor penguin	پنگوئن امپراتور	۴
empirical	تجربی	۹
empirical statistical analysis	تحلیل آماری تجربی	۸
empiricism	تجربه‌گرایی	۹
emu	ایمو	۴
End Permian	دوران پرمین پایانی	۸
endorphin	اندورفین	۲
Eocene	ائوسن	۸
Eohippus	ائوهیپوس	۴
epidermis	اپیدرم	۸
epigenetics	اپی‌ژنتیک	۸
epiphytic	گیاه روزست	۴
epistasis	اپیستازی	۸
Eskimo	بومیان نزدیک قطب شمال	۶
esophagus	مری	۸
essence	جوهر، ذات	۹
estimate	برآورد	۸
ethnographic	مردم‌شناختی	۹

ethnolinguistic	گروه قومیت زبانی	۸
ethology	کردارشناسی جانوران	۹
eugenics	اصلاح انسان	۸
eukaryote	هسته‌دار	۴
eunuch	خواجه	۷
Evolutionary Stable Strategy	راهبرد پایدار فرگشتی	۸
evolutionary theory	نگره‌ی فرگشتی	۸
exaptation (ex adaptation)	کهنه‌سازگاری	۸
exapted	کهنه‌سازگاری	۸
extermination	کشتار، قتل جمعی یک موجود	۷
extinct	گونه‌مرگ	۸
Extrapair copulation	آمیزش خارج‌جفتی	۸
extrapolate	برون‌یابی	۸
fact	دانسته	۹
fact resistance	مقاومت اطلاعاتی	۸
factor	عامل	۸
falsifiability principle	اصل ابطال‌پذیری	۹
family	خانواده	۸
fauna	جانورپوش، پوشش جانوری	۸
feature	ویژگی	۸
feedback	بازخورد	۸
fern	سرخس	۴
fertility costs of group living	هزینه‌های باروری زندگی گروهی	۸
final cause	علت غایی، علت نهایی	۹
finch	فنج	۴
fire	آتش، به‌کارافتادن، به‌کارانداختن	۸
Fisher, R. A.	فیشر، ر. ا.	۱
Fisherian runaway selection	عروس فراری فیشری	۸
fission-fusion	شکافتی-هم‌جوشی	۸
fitness	برازش	۸
fitness landscape	چشم‌انداز برازشی	۸
FitzRoy, R.	فیتزروی، ر.	۱
flatfish	پهن‌ماهی	۴
flatworm	پهن‌کرم	۴
flea	کک	۴
flora	گیاه‌پوش، پوشش گیاهی	۸
fluke	کپلک	۴
folivore	برگ‌خوار	۴
folivorous	برگ‌خواری	۸
folivory	برگ‌خواری	۸
folk	مردم، قوم	۷
form	ریخت	۹
formal cause	علت صوری	۹
fossil record	یادآوران فسیلی	۸
founder effect	اثر بنیان‌گذار	۸
Franklin, R.	فرانکلین، ر.	۱
freeriding	مجان‌سواری	۸
frequency	بسامد	۸
frequency-dependent selection	گزینش بسامد-وابسته	۸
frequentist statistics	آمار بسامدی	۸
freshwater stickleback	آبنوس آب شیرین	۴
Fritz Müller	میولر، ف.	۱
frontal lobe	لوب‌های پیشینی	۸
Frugivorous	میوه‌خوار	۴
frugivory	میوه‌خواری	۸
fruit fly	مگس سرکه	۴
Fulani	فولانی	۶

Fullerene	فولرین	۲
function	کارکرد	۸
galago	گلاگو	۴
Galapagos	گالاپاگوس	۳
Galapagos finches	فنج‌های گالاپاگوس	۴
gall	مازو	۸
Galton, F.	گالتون ، ف.	۱
game theory	نگره بازی	۸
gamete	کامه‌ها	۸
garbage in, garbage out	زیاله داخل، زیاله بیرون	۸
Gaul	گول	۶
Gelada baboon	بابون گلادا	۴
gemmule	گوهره	۸
gene pool	مخزن ژنی	۸
genera	سرده‌ها	۸
generation interval	بازه نسلی	۸
genetic altruism	دگردوستی ژنتیکی	۸
genetic code	رمز ژنتیکی	۸
genetic correlation	هم‌بستگی ژنتیکی	۸
genetic determinism	تعیین ژنتیکی	۸
genetic fingerprinting	انگشت‌نگاری ژنتیکی	۸
genetic fitness	برازش ژنتیکی	۸
genetic size scaling	اندازه مقیاس ژنتیکی	۸
geneticist	ژنتیک‌دان	۹
genetics	ژنتیک	۹
genomic imprinting	نقش‌گذاری ژنومیکی	۸
genotype	ژنوتیپ	۸
genus	سرده، جنس	۸
germ plasm	بافت‌زایا	۸
Germanic pagan religions	مذهب‌های پیش‌مسیحی آلمانی	۸
giant African snail	حلزون‌های غول‌پیکر آفریقایی	۴
giant armadillo	آرمادیلو غول‌پیکر	۴
giant beaver	سگ آبی غول‌پیکر	۴
giant sloth	تنبل غول‌پیکر	۴
gibbon	گیبون	۴
glacial	یخ‌چالی	۸
glucose	گلوکز	۲
glycoside	گلیسوزید	۲
goby	گاوماهی	۴
Google translate	برگردانی گوگل	۷
goosebump	سیخ شدن مو	۸
Gosling, R.	گاسلینگ، ر.	۱
Gould, J.	گولد، ج.	۱
Gould, S. J.	گولد، س. ج.	۱
gradient	گرادیان	۸
gradualism	تدریج‌گرایی	۹
grammar	دستور زبان	۷
Grant, P.	گرنٹ، پ.	۱
Grant, R.	گرنٹ، ر.	۱
grasshopper	ملخ	۴
grazer	علف‌خوار	۴
Great Oxygenation Event	روی‌داد اکسیژن‌رسانی بزرگ	۸
Green Revolution	انقلاب سبز	۸
group augmentation	به‌بود گروهی	۸
grouper	هامو	۴
guanine	گوانین	۲
guenon	بوزینه گننون	۴

Gulf Stream	گلف استریم	۷
habitat	زیست گاه	۸
haka	هاکا	۳
Haldane, J. B. S.	هلدين، ج. ب. س.	۱
hamadryas baboon	بابون همدریاس	۴
Hamilton, W. D.	همیلتون، و. د.	۱
Hamilton's rule	قاعده همیلتون	۸
hammock	تخت آویز	۷
hand	دست	۷
handicap principle	اصل معلولیت	۸
haplodiploidy	هیلودیپلوئیدی	۸
haplogroup	هیلوگروه	۸
haploid	هیلوئید	۸
haploid number	عدد هیلوئید	۸
haplotype	هیلوتیپ	۸
Harvard University	دانشگاه هاروارد	۳
hawk moth	شب پره شاهین	۴
Heidelberg	انسان هایدلبرگ	۴
Heliconius	هلیکونیوس	۴
hemoglobin	هموگلوبین	۲
heritability	وراثت پذیری	۸
hermaphrodite	دوجنسی	۸
herring gull [European]	کاکایی شاه ماهی خوار اروپایی	۴
heterozygote	هتروزیگوت	۸
hickory	گردوی گرم سیری	۴
high gods	خدایان والا	۷
hinterland	زمین های غیر ساحلی	۸
history	تاریخ	۷
hitchhiking	مفت سواری	۸
HMS Beagle	بیگل	۳
hobbit	هابیت	۳
Hobson's choice strategy	راهبرد انتخاب هابسون	۸
hominid	هومینیدها	۴
hominin	هومینین ها	۴
Homo	هومو (انسان)	۴
Homo erectus	انسان راست قامت	۴
Homo ergaster	انسان کارگر	۴
Homo floresiensis	هومو فلورنسیس	۴
Homo sapiens	انسان عاقل	۴
Homo stultus	انسان احمق	۴
homology	هومولوژی	۸
homozygote	هوموزیگوت	۸
hooded crow	کلاغ ابلق	۴
Hooker, J. D.	هوکر، ج. د.	۱
hookworm	کرم های قلاب دار	۴
Hughes, A.	هیوز، آ.	۱
Hull, D.	هول، د.	۱
humanities	دانش های انسانی	۹
humpback whale	نهنگ کوهان دار	۴
hunter-gatherer	شکارچی-گردآور	۴
Huon	کاج هون	۴
hurricane	توفند فصلی	۷
Hutterit	هاتریت (مردمان)	۶
Hutton, J.	هاتون، ج.	۱
Huxley, J.	هاکسلی، ج.	۱
Huxley, T. (Darwin's bulldog)	هاکسلی، ت.	۱
hybrid	آمیخته	۸

hyena	کفتار	۴
hyoid	هیوئید	۸
hypernova	کلان نواختر	۸
hyperthermophilic	بسیار گرمادوست	۴
Hypothethico-deductive	انگاری-قیاسی	۹
hypothesis	انگاره	۹
Hypoxia.	کمبود اکسیژن	۸
Hypsiboas	هیپسی یواس (قورباغه درختی)	۴
idea	اندیشه	۹
Imbens, G.	ایمپنس، گ.	۱
immediacy	بی واسطگی، فوریت	۸
immutable	جهش ناپذیر	۹
implosion	فروکفت	۸
imprinted	نقش گذارده	۸
imprinting	نقش گذاری	۸
inbred	هم آمیز	۸
inbreeding	هم آمیزی	۸
incipient species	گونه آغازین	۸
inclusive fitness	برازشی دربرگیر	۸
individual	فرد	۹
Indo-European	هندوواروپایی	۵
induction	استقرا	۹
infanticide	نوزادکشی	۸
Inference to the Best Explanation = IBE	استنتاج به بهترین توضیح	۹
information overload	اضافه بار اطلاعاتی	۸
insectivore	حشره خوار	۴
Insectivorous	حشره خواری	۸
insectivory	حشره خواری	۸
interaction	برهم کنشی	۸
interbred	بین آمیز	۸
interbreeding	بین آمیزی	۸
interglacial	بین یخ چالی	۸
intersexual {between-sex} selection	گزینش بین جنسی	۸
intersexual conflict	درگیری بین جنسی	۸
intrasexual {within-sex} selection	گزینش درون جنسی (یا داخل جنسی)	۸
Inuit	اینوئیت (مردمان)	۶
Iraqw	عراقو (مردمان)	۶
iridium	ایریدیوم	۲
iris	عنبیه	۸
iteroparous	تکرارزایی	۴
jacana	برکه نوردها	۴
jackal	شغال	۴
Japanese macaque	ماکاک ژاپنی	۴
Jenkin, F.	جنگین، ف.	۱
Johannsen, W.	یوهنسن، و.	۱
Johns Hopkins University	دانشگاه جانز هاپکینز	۳
Jones, W.	جونز، و.	۱
Ju/' hoansi	جو هائسی	۶
jumping genes	ژن های جهنده	۸
junk DNA	دی ان ای بنجل	۸
Jurassic Park	ژوراسیک پارک	۳
just-so story	داستان سرایی های فرگشتی	۹
kelp	کتانچک	۴
Kent	کنت	۳
Kettlewell, B.	کتلول، ب.	۱
killer whale Orca	نهنگ قاتل، اورکا	۴
kilo base pair	هزار جفت قلیایی	۸

Kimura, M.	کیمورا، م.	۱
kin selection	گزینش خویشاوندی	۸
King Arthur	آرتور شاه	۳
King's Holly	کینگز هولی	۴
kingfisher	ماهی خورک	۴
Kipsigis	کیپ سیگیز	۶
Klinefelter syndrome	نشانگان کلاین فلتر	۸
klipspringer antelope	آهوی صخره نورد	۴
Kluge Hans	هانس کلوگ	۳
Krebs cycle	چرخه کریس	۸
Krill	کریل (نوعی میگو)	۴
Lack, D.	لک، د.	۱
Lack's principle	اصل لک	۸
lactase	لاکتاز	۲
lactic acid	اسید لاکتیک	۲
lactose	لاکتوز	۲
lactose intolerance	عدم تحمل لاکتوز	۸
Lake Agassiz	دریاچه آگاسیز	۳
Lamarck, J.-B.	لامارک، ژ.-ب.	۱
larva	شفیره	۷
late Devonian	دوران دونین پایانی	۸
Lawson, D.	لاوسون، د.	۱
Lazarus	ایلعاذر، لزاروس	۱
leafcutter ant	مورچه برگ بر	۴
lek	بازی گاه	۸
lemur	لمور	۴
lens	عدسی	۸
lesser black-backed gull	کاکاپی پشت سیاه کوچک	۴
Levant	لوانت	۳
level	تراز	۸
level of selection	تراز گزینش	۸
lice	شپش	۴
lichen	گل سنگ	۴
lignin	لیگنین	۲
limbic system	سامانه لیمبیک	۸
linguistics	زبان شناسی	۹
link	پیوند	۷
Linnaeus, C.	لینئوس، ک.	۱
Linnean Society of London	انجمن لینه لندن	۳
lion	شیر	۴
literature	ادبیات	۷
lizard	مارمولک	۴
Llama	لاما	۴
lobe-finned fish	ماهی گوشتی بالگان	۴
locus	لوکوس	۸
Lonely Hearts	قلب های تنها	۳
Lord of the Rings	اریاب حلقه ها	۳
Lorenz, K.	لورنز، ک.	۱
Lowland Scots	اسکاتلندی دشتی	۵
lungfish	شنش ماهی	۴
Lyell	لایل، ج.	۱
Lysenko, T.	لیسنکو، ت.	۱
Maasai	ماسای	۶
Machiavelli, N.	ماکیاولی، ن.	۱
machine learning	یادگیری ماشینی	۸
macroevolution	کلان فرگشت (فرگشت بزرگ)	۸
Majerus, M.	ماجرس، م.	۱

major gene	جایگاه عمده	۸
Major Histocompatibility Complex	گروه هم‌سازگاری بافتی	۸
Makarenko, A.	مکرنکو، ا.	۱
Malaria plasmodium.	پلاسمودیوم مالاریا	۴
Malthus, T.	ملتوس، ت.	۱
manipulation	بازی دادن، گول زدن	۷
mantra	ورد	۷
Many loci (genes) model	مدل بسیار جایگاهی	۸
Maori hongi	هونگی مائوری	۳
marmoset	بوزینه مارموزت	۴
marsupial	کیسه‌دار	۴
marsupial	کیسه‌دار	۴
marsupial Tasmanian tiger	ببر کیسه‌دار تاسمانی	۴
Maryland	مریلند	۳
mass extermination	گونه‌مرگی جمعی	۸
mastodon	مستودون	۴
material cause	علت مادی	۹
maternal effects	اثرات مادرانه	۸
maternal imprinting	نقش‌گذاری مادرانه	۸
mathematical model	مدل ریاضی	۸
mating system	سامانه‌های آمیزشی	۸
Matthews, P.	متیوس، پ.	۱
Mayr	مایر، ا.	۱
Mayr, E.	مایر، ا.	۱
me/I	من	۷
mean value	میانگین	۸
mechanism	سازوکار	۷
medicine	پزشکی	۹
megafauna	کلان‌جانورپوش	۸
meiosis	میوز	۸
Melanesian	ملانزی	۶
melanin	ملانین	۲
melanocyte	ملانوسیت	۸
meme	میم	۸
Mendel, G.	مندل، گ.	۱
Mendelian	مندلی	۸
Mendelian factor	عامل‌های مندلی	۸
Mendelian genetics	ژنتیک مندلی	۸
Mendelians	مندلی‌ها	۸
mental	ذهن	۸
mentalizing	ذهنی‌سازی	۸
menthol	منتول	۲
messenger RNA	آران‌ای پیام‌رسان	۲
meta-analysis	متاآنالیز	۸
Methicillin-resistant	مقاوم در برابر متیسیلین	۸
microbiota	پوشش میکروبی، میکروب‌پوش	۸
microeconomics	اقتصاد خرد	۹
microevolution	خُردفرگشت	۹
Micronesia	میکرونزی	۳
microorganism	ریزجان‌دار	۴
microspecies	ریزگونه‌ها	۴
midwife toad	وزغ ماما	۴
Miescher, F.	میشر، ف.	۱
migration	مهاجرت	۸
Milanković, M.	میلانکوویچ، م.	۱
Milankovitch cycles	چرخه‌های میلانکوویچ	۸
milkweed	استبرق صحرایی	۴

Miller-Urey	میلر-یوری	۳
mimicry	هم‌گونی	۸
mind	ذهن	۸
mindless	ناخودآگاهانه	۸
mindreading	ذهن‌خوانی	۸
minor gene	جای‌گاه جزئی	۸
Miocene	میوسن	۸
mistletoe	داروش	۴
mitochondria	میتوکندری	۸
Modern Synthesis	سنتز نوین	۸
mole	کورموش	۴
mollusk	نرم‌تن	۴
monarch and viceroy butterflies	پروانه‌های پادشاه و شه‌بانو (نایب السلطنه)	۴
monkey	بوزینه	۴
monogamous	تک‌جفتی	۸
Moro	بازتاب وحشت یا مورو	۸
morph	شکل، ریخت	۸
mRNA	آران‌ای پیام‌رسان	۲
Müllerian mimicry	هم‌گونی میولری	۸
multiplicative	ضربی	۸
muntjac	گوزن فریادکش	۴
mutation	جهش	۸
mutualism	هم‌یاری	۸
myelin	میلین	۲
Myrmeconema	میرمکونما	۴
myxomatosis	میکسوماتوز	۴
Na-Dene	نادینی	۵
Nägeli	نئگی	۱
nanocrystalline cellulose	سلولوز نانوکریستالی	۲
natura non facit saltus	طبیعت پرش نمی‌کند	۹
natural selection	گزینش زیستاری	۸
naturalist	زیستارشناس	۹
Naturalistic	زیستارگرایانه	۹
nature	زیست، زیستار	۹
nature does not make jumps	طبیعت پرش نمی‌کند	۹
nautilus	ناتیلوس	۴
Navaho	ناواهو	۶
Neanderthal	نئاندرتال	۴
Negrito	نگریتو	۶
neighbor modulated fitness	برازش هم‌سایه‌تعدیل‌شده (درست!)	۸
neighborhood modulated fitness	برازش هم‌سایگی‌تعدیل‌شده	۸
nematode	گردکرم	۴
neocortex	نئوکورتکس	۸
Neolithic	نوسنگی	۸
Nestler, J.	نستلر، ج.	۱
neurobiology	زیست‌شناسی عصبی	۸
neuron	نورون‌ها	۸
neuropeptide	نوروپپتید	۲
neurotransmitter	انتقال‌دهنده‌های عصبی	۲
neutral mutation theory	نگره جهش خنثی	۸
New Guinea pidgin	پیجین گینه‌نو	۵
niacin	نیاسین	۲
niche	رخنه	۸
night monkey	بوزینه‌های شبانه	۴
nirvana	نیروانا	۷
Noble gas	گاز نادر	۲
Norse	نورس	۶

North American hawthorn	مگس‌های زالزالک آمریکای شمالی	۴
nova	نواختر	۸
nuclear winter	زمستانی هسته‌ای	۸
nucleotide	نوکلئوتیدها	۲
nucleus	هسته	۸
Nuer	نوئر	۶
Nymba	نیمبا	۶
oak	بلوط	۴
Occipital lobe.	لوب‌های پشت سر	۸
Occitan	اکسیتان	۵
Olomouc	اولوموک	۳
omnivore	همه‌چیزخوار	۴
On the Origin of Species	دریاره پیدایش گونه‌ها	۳
One long argument	یک استدلال دراز	۸
online	آنلاین	۷
ontogenetic	رشدشناسانه	۹
ontogeny	رشدشناسی	۹
ontogeny reflects phylogeny	رشدشناسی، آینه تبارشناسی است	۸
operational definition	تعریف اجرایی	۹
Ophiocordyceps	اوفیوکوردیسپس	۴
opsin	اپسین	۲
optic nerve	عصب بینایی	۸
optimal foraging	کاوش خوراکی بهینه	۸
optimal inbreeding	هم‌آمیزی بهینه	۸
optimal outbreeding	برون‌آمیزی بهینه	۸
optimization	بهینه سازی	۸
order	راسته	۸
Ordovician-Silurian	اردوویسین-سیلورین	۸
organelle	اندامک	۸
organism	جاندار	۹
organismic	اندام‌گانی	۸
organized religion	دین‌های سازمان‌یافته	۸
ossicle	ریزاستخوان‌ها	۸
Otto Schrader	شرادر، ا.	۱
outbreeding	برون‌آمیزی	۸
overlap	هم‌پوششی	۸
oxytocin	اکسی‌توسین	۲
Pacific salmon	ماهی آزاد اقیانوس آرام	۴
pair-bonded	پیوندجفتی	۸
Panda's thumb	شست پاندا	۳
Pangaea	پنگه‌آ	۳
pangensis	پنژنسیس	۸
paradigm	پارادایم	۹
paradoxically	ناسازانه	۸
parapatric	فرانیایی	۸
parapatry	فرانیایی	۸
parental instinct	غریزه مادری	۸
Pasteur, L.	پاستور، ل.	۱
pattern	الگو	۹
peccary	گراز بدبو	۴
pedagogical	آموزشی	۸
peer review	بررسی دانشیک هم‌گنان	۸
pellagra	پلاگرا	۸
peppered moth	پروانه فلفلی	۴
perfection	کمال	۹
peripatry	پیرامونیایی	۸
pest species	گونه‌های آفتی	۴

pharyngeal arches	قوس‌های حلقی	۸
Phaseolus vulgaris	لوبیای معمولی	۴
phenolic	فنولیک	۲
phenomenon	پدیده	۹
phenotype	فنوتیپ	۸
phenotypic variance	پراکنش فنوتیپی	۸
philologist	تبارشناس	۹
Phoebus Levene	لوئه، ف.	۱
Phoenician	فنیقی	۶
phyla	تبار، شاخه	۸
phylloxera	فیلوکسرا	۴
phylogeny	تبارشناسی	۹
physiology	فیزیولوژی	۹
phytoplankton	فیتوپلانکتون	۴
pine	کاج	۴
pinene	پنین	۲
pinworm	کرم‌های ته‌سنجاقی	۴
pipefish	لوله‌ماهی	۴
pistil	مادگی	۸
pitcher plant	گیاه کوزه‌دار	۴
plaice	ماهی دیل، ماهی پهن، ماهی پیچ	۴
planaria	کرم جاودانه	۴
planktonic radiolarian	شعاعیان کوچک پلانکتون	۴
plasmid	پلاسمیدها	۸
plasmodium	پلاسمودیوم	۴
plate tectonics	صفحه‌های تکتونیکی	۸
platy fish	ماهی پلتی	۴
platyhelminth	کرم پهن	۴
plausible	معقول	۹
Pleistocene	پلیستوسن	۸
plesiosaur	پلسیوسور (دایناسور دریایی)	۴
plica semilunaris	پلیکا سمیلوناریس	۸
pluralist	تکثرگرا	۹
pluralistic	چندگانه‌بینانه	۹
pollen	گرده	۸
polygamous	چندجفتی	۸
polygenic traits	صفت‌های چندجای‌گاهی	۸
polygyny threshold	آستانه چند جفتی	۸
Polynesia	پولی‌نزی	۳
Popper, K. R.	پوپر، ک.ر.	۱
population	جمعیت	۸
population biology	زیست‌شناسی جمعیت	۹
population genetics	ژنتیک جمعیت	۹
porpoise	گرازماهی	۴
post hoc	فی‌البداهه	۹
postdiction	پس‌بینی	۸
posterior	پسین	۸
postpartum amenorrhea	آمنوره پسازایمانی	۸
Pouyanne, M.-A.	پوین	۱
Pouyannian mimicry	همگونی پوینی	۸
Prader-Willi and Angelman syndromes	نشانگان پرادر-ویلی و انجلمن	۸
praying mantis	آخوندک	۴
Precambrian rabbit	خرگوش پری‌کامبرین	۸
precision medicine	پزشکی دقیق	۸
prefrontal cortex	قشر پیش‌پیشانی	۸
prepotent response	پاسخ بازتابی	۸
primary succession	جانشینی اولیه	۸

primate	نخستی سانان	۴
primates of modern aspect	نخستی سانان با جنبه مدرن	۴
primordial soup hypothesis	انگاره سوپ نخستین	۸
probability	احتمال	۸
process	روند طبیعی، فرآیند مصنوعی	۸
prokaryote	پیش هسته‌ای	۸
promiscuous	بی‌نظم، چند جفتی، بی‌پروا	۸
prosimian	پیش بوزینه‌ای	۴
protist	پروتیست	۴
protozoan	تک‌یاخته	۴
prove	ثابت کردن	۹
proximate cause	علت اولیه یا نزدیک	۹
pseudocopulation mimicry	هم‌گونی شبه‌جفتگری	۸
pseudogene	شبه‌ژن	۸
pseudoscience	شبه‌دانش	۹
psychosomatic	روان‌تنی	۸
public goods dilemma	تنگنای کالای عمومی	۸
Punjab	پنجاب	۳
pupil	مردمک	۸
Purcell, H.	پرسل، ه.	۱
pure breeding	اصلاح درون آمیزشی	۸
pygmy	پیگمی	۶
pygmy owl	جغد کوتوله	۴
Pyrenees	پیرنه	۳
pyroclastic	آذرآواری	۸
python	مار پایتون	۴
quagga	کواگگا	۴
qualitative	کیفی	۸
quantitative genetics	ژنتیک کمی	۹
quantitative traits	صفت‌های کمی	۸
raffia palm	نخل رافیا	۴
ragweed	ابروسیا	۴
Rajput	راجپوت	۶
random	تصادفی	۹
random (genetic) drift	رائش تصادفی (ژنتیکی)	۸
random processes	روندهای تصادفی	۸
ray-finned fishes	ماهی‌های پرتوبالگان	۴
Rayleigh scattering	پخش رایلی	۸
recapitulation	بازفرگردی	۸
recessive	مغلوب	۸
record	یادآوران	۸
recursive	بازگشتی	۸
Red Queen	شهبانوی سرخ	۳
reducing agent	عامل کاهنده، عامل احیایی	۸
reductionism	کاهش‌گرایی	۹
reductionistic	کاهش‌گرایانه	۹
redundancy	افزونی	۸
redwood	سرخ‌چوب	۴
reflex	بازتاب	۸
refraction	شکست	۸
regulatory genes	تنظیم‌کننده	۸
regurgitate	غرغره	۸
reincarnation	تناسخ	۸
religion of experience	دین‌های تجربه‌ای	۸
remora	ماهی رمورا	۴
replicate	رونویسی	۸
replicon	رونویسان	۸

reproduce	بازآوری	۸
reproduction	بازآوری	۸
reproductive isolation	جدایی بازآوری	۸
retina	شبکیه چشم	۸
retrovirus	رتروویروس	۴
Rickettsia	ریکتسیا	۴
rift valley	دره‌ی کافتی	۸
ring species	حلقه گونه‌ها	۴
RNA world	دنیای آران‌ای	۸
Robinson, H.	رابینسون، ه.	۱
Romance	رومانسی (رومی-فرانسوی)	۵
rosy-colored sunglasses	پدیده "عینک زیبابین"	۸
roundworm	کرم گرد	۴
Rubin, D.	روبین، د.	۱
runner's high	نشئه‌ی دونده	۸
Russell, Y.	راسل، ا.	۱
rust fungi.	قارچ زنگاری	۴
saber-toothed cat	گره دندان دراز	۴
saiga	سایگا (غزال)	۴
Salmon	ماهی آزاد	۴
sand martin	چلچله رودخانه‌ای	۴
sandpiper	آبچلیک‌ها	۴
savannah	دشت بی‌درخت	۷
Saxon	ساکسون	۶
scale	سنجش	۸
Scale Dependent Transformation	دگرگونی‌های وابسته به مقیاس	۸
scan	اسکن، پرتونگاری لایه به لایه (در پزشکی)	۸
schistosome	شیستوزوم	۴
scope	حوزه	۹
scorpion	عقرب	۴
sea cucumber	خیار دریایی	۴
sea otter	سمور دریایی	۴
sea urchins	توتیای دریایی	۴
seagull	کاکاپی (مرغ دریایی)	۴
seahorse	اسب دریایی	۴
Seal	فوک	۴
second cousins	عم‌خال‌زادگان ناتنی	۸
second wind	باد دوم	۸
secondary succession	جانشینی ثانویه	۸
selection	گزینش	۸
self-fertilizing	خودبارور	۸
semelparous	یک‌جازایشی	۸
senescence	پیری	۸
sequence	رشته	۸
Sequoiadendron giganteum	سکویای غول پیکر	۴
sexual dimorphism	دوربختی جنسی	۸
sexual selection	گزینش جنسی	۸
shamanic-type	دین‌های نوع شمنی	۸
Sherlock Holmes	هلمز، ش.	۳
Shifting balance theory	نگره هم‌ترازی انتقالی	۸
short tandem repeats	ردیف کوتاه پشت سرهم	۸
shrub	درختچه	۴
Siberian gull	کاکاپی سیبری	۴
Siberian traps	پلکان‌های سیبری	۳
sickle cell	گلبول قرمز داسی‌شکل	۸
Sierra Leone creole	کرنول سییرالئون	۵
signal	نشانه	۸

signal theory	نگره نشانه	۸
significant	نشان آری	۸
Silent Spring	بهار خاموش	۳
Silesia	سیلسیا	۳
silicated grass	علف‌های گیاسنگ	۴
Siljan ring	حلقه سیلیان	۳
silverfish	بید کاغذ	۴
simplistic	ساده‌نگرانه	۹
Simpson, G. G.	سیمپسون، ج. ج.	۱
Single locus (gene) model	مدل تک جایگاهی ("ژنی")	۸
Single Nucleotide Polymorphism (SNP)	چندریختی نوکلئوتید تنها	۸
Skinner, B. F.	اسکینر، ب. ف.	۱
slime mold	قارچ‌لجن	۴
Smith, A.	سمیت، آ.	۱
Smithsonian gull	کاکاپی شاه‌ماهی‌خور امریکایی (کاکاپی سمیتسونین)	۴
snowball earth	گلوله برفی غول پیکر	۸
social brain hypothesis	انگاره مغز اجتماعی	۸
social grooming	نظافت گروهی، جوریدن	۸
social interaction model	مدل برهم‌کنش اجتماعی	۸
sociobiology	زیست‌شناسی اجتماعی	۹
sociology	جامعه‌شناسی	۹
sodium	سدیم	۲
soma	بدن	۸
somatic cell	یاخته‌های جسمانی	۸
South American howler monkey	بوزینه زوزه‌کش آمریکای جنوبی	۴
special creation	خلقت خاص	۹
speciation	گونه‌زایی	۸
species	گونه	۹
specimen	نمونه	۹
Spencer, H.	اسپنسر، ه.	۱
spider	عنکبوت	۴
spontaneous generation	خلق‌الساعه یا زایش خودجوش	۸
spore	هاگ	۸
sport	جهش	۸
squirrel	سنجاب	۴
stabilizing selection	گزینش پایاساز	۸
standing variation	پراکندگی موجود	۸
stasis	ایستایی	۸
statistical analysis	تحلیل آماری	۸
statistician	آماردان	۸
Steensen, N.	استینسن، ن.	۱
stem cells	یاخته‌های بنیادین	۸
Steno, N.	استنو، ن.	۱
steppe	دشت یخ‌زده	۷
stickleback	ماهی سه‌خاره	۴
stimulant	محرک	۸
stint	ستینت	۴
strategic	راه‌بردی	۸
strategizing	برنامه‌ریزی راه‌بردی	۸
strategy	راه‌برد	۸
stromatolite	استروماتولیت	۴
strychnine	ستریکنین	۲
subduction	فرورانش	۸
sub-population	زیرجمعیت	۸
sub-species	زیرگونه	۸
substrate	سوبسترات	۲
sundew	ژاله‌پوش	۴

supernova	ابرنواختر	۸
suppress	مهار	۷
survival	ماندگاری	۸
symbiont	همزیست	۸
symbiosis	همزیستی	۸
sympatric	گونه‌زایی هم‌نیایی	۸
sympatry	هم‌نیایی	۸
synergism	هم‌افزایی	۸
syntax	نحو	۸
system	سامانه	۸
systemic	سامانه‌ای	۸
Tamar	رود تamar	۳
tamarin	تمارین (نوعی بوزینه)	۴
tandem repeats	ردیف‌های پشت‌سرهم	۸
tannin	تانن	۲
tapeworm	کرم نواری	۴
tapir	تپیر	۴
Tasman Sea	دریای تاسمان	۳
Tasmania	تاسمانی	۳
tautology	همان‌گویی (حشو قبیح)	۹
taxon	تکسون	۸
taxonomic family	خانواده‌ی رده‌بندانه	۸
taxonomist	رده‌بند	۹
tectonic plates	صفحه‌های تکتونیکی	۸
teleological	غایت‌گرایانه	۹
teleost	ماهی پیوسته‌استخوان	۴
temporal lobes	لوب‌های گیجگاهی	۸
terminal	پایانی	۸
termite	موریانه	۴
terpenoid	ترپنوئیدها	۲
terrestrial tetrapod	چهارپایان خشکی	۴
test-and-adjust	آزمایش-و-میزان	۳
testosterone	تستوسترون	۲
thalassemia	تالاسمی	۸
the bodyguard hypothesis	انگاره محافظ	۸
The God Delusion	پندار خدا	۳
the Great Chain of Being	زنجیره بزرگ هستی	۳
The infinitesimal model	مدل (اثر) بی‌اندازه کوچک	۸
the principle of adaptation	اصل سازگاری	۸
the principle of evolution	اصل فرگشت	۸
the principle of inheritance	اصل توارث	۸
the principle of variation	اصل پراکندگی	۸
The Selfish Gene	ژن خودخواه	۳
The selfish gene hypothesis	انگاره "ژن" خودخواه	۸
Theia	تیا	۳
theory	نگره	۹
theory of mind	نگره ذهن	۹
Thermoctopus	ترموکتوپوس	۴
thrip	ریشک‌بال	۴
Through the Looking-Glass	آن سوی آینه	۳
thylacine	تیلاسین	۴
thymine	تیمین	۲
tick	کنه	۴
Tinbergen, N.	تینبرگن	۱
titis	تی‌تیس	۴
Toda	تودا	۴
Tok Pisin	توک پیسین	۵

Top predator	شکارگران بالادستی	۴
trade-off	تاخت زدن، تاخت زنی	۸
trance	خلسه	۷
treadmill	راه رفتن	۷
triangulation	سه جانی	۸
Triassic-Jurassic.	تریاس-ژوراسیک	۸
trilobite	تریلوبیت	۴
trisomy	تریزومی	۸
trophic cascade	آبشار تغذیه	۸
Tropic of Cancer	مدار سرطان	۷
tundra	دشت بی درخت	۷
Turner syndrome	نشانگان ترنر	۸
two-dimensional (gel) electrophoresis	الکتروفورز (ژل) دوبعدی	۸
Tyndall effect	اثر تیندال	۸
type specimen	نوع نمونه	۹
typhoon	توفند فصلی	۷
ungulates	سم داران	۴
uniformitarianism	هم دیس گرایی	۹
Untouchable	لمس نکردنی	۶
Ussher, J.	آشر، ج.	۱
Utah	یوتا	۳
utopia	آرمانی	۷
variability	پراکنده گاری	۸
variable	پراکن	۸
variance	پراکنش	۸
variant	پراکند	۸
variation	پراکندگی	۸
various	پراکنده	۸
varna	وارنا	۶
vasopressin receptor	گیرنده وازوپرسین	۸
vega gull	کاکاپی شرق سیبری (کاکاپی مغولی)	۴
Vegetable Mold	کپک سبزیجات	۴
Venus flytrap	ونوس مگس خوار	۴
verbal	زبانی	۷
vertebrates	مهره داران	۴
very many loci (genes), each with very small effect	شمار زیادی جای گاه ("ژن")، که هر کدام اثر کوچکی دارند	۸
vestigial	اندام بازمانده ای (دهلیزی)	۸
vestigial organs	اندام های بازمانده ای	۸
vitalism	زندگی باوری	۹
vole	وُل (نوعی موش)	۴
Waddington	ودینگتون، ک.	۱
Wales	ولز	۳
Wallace, A. R.	والاس، آ. ر.	۱
Wasatch	کوه های وسچ	۳
wasp	زنبور معمولی	۴
Watkins, M.	واتکینز، م.	۱
Watson, J.	واتسون، ج.	۱
Watson, J. B.	واتسون، ج. ب.	۱
web	شپکه	۷
webbed neck	طناب گردنی	۸
Weisman, A.	وایزمن، آ.	۱
Weismann's central dogma	دگم مرکزی وایزمن	۸
whipworm	کرم های تازیانه	۴
white-rumped vulture	دال دم گاه سفید (نوعی کرکس)	۴
Why Evolution Is True	چرا فرگشت درست است	۳
Wiessner, P.	وایسنر، پ.	۱
wildlife	جان داران وحشی	۴

William Thomson (Lord Kelvin)	تامسن، و. (لرد کلون)	۱
wind erosion	فرسایش بادی	۸
Window dressing	ویترینی کردن	۸
window of evolutionary opportunity	پنجره فرصت فرگشتی	۸
win-stay/lose-shift	بردن-ماندن/باختن-تغییر	۸
wobbeong	کوسه‌ی ریشو	۴
Wright, S.	رایت، س.	۱
Yellowstone	یلوستان	۳
Younger Dryas	دریاس جوان	۸
Yucatán peninsula	شبه‌جزیره یوکاتان	۳
Zahavi, A.	زهوی، آ.	۱
Zika virus	ویروس زیکا	۴
zinc	روی	۲

