

چگونه سیم‌کشی مغزهای ما هویت ما را تعیین می‌کنند؟

# فهرست مطالب

۹	مقدمه مترجم
۱۱	سپاسگزاری
۱۳	فصل ۱ در باب طبیعت انسان
۲۳	فصل ۲ تفاوت‌های زمینه‌ای
۴۱	فصل ۳ تفاوت‌هایی که موجب تمایز می‌شوند
۶۰	فصل ۴ یک کیک را دو بار مثل هم نمی‌توان پخت
۸۷	فصل ۵ چستی تربیت
۱۰۵	فصل ۶ من، انسان
۱۲۹	فصل ۷ آیا آنچه را من می‌بینم، شما هم می‌بینید؟
۱۵۸	فصل ۸ شامپازۀ هوشمند
۱۸۴	فصل ۹ خانم‌ها و آقایان، دختران و پسران
۲۱۲	فصل ۱۰ استثنائات
۲۴۱	فصل ۱۱ دلالت‌ها
۲۶۲	واژه‌نامه
۲۶۵	منابع

## فصل ۱

# در باب طبیعت انسان

چگونه خود را توصیف می‌کنید؟ اگر مجبور بودید برخی از صفات شخصیتی خود را برای یک وب‌گاه دوست‌یابی یا یک برنامه‌شغلی فهرست کنید، از چه کلمات رایجی استفاده می‌کردید؟ آیا خودتان را خجالتی یا برونگرا می‌دانید؟ محتاط هستید یا بی‌پروا؟ مضطرب یا بی‌دقت؟ آیا شما خلاق، هنری، ماجراجو، سرسخت، تکانشگر، حساس، شجاع، بدجنس، مهربان، خیال‌پرداز، خودخواه، بی‌مسئولیت یا باوجدان هستید؟ افراد به‌وضوح در چنین صفاتی متفاوت هستند. آن‌ها از جنبه‌های دیگر روان‌شناختی - از جمله برای مثال هوش و ترجیحات جنسی - نیز باهم فرق دارند. همه این موارد هویت ما را شکل می‌دهند.

سؤال این است: چگونه ما به این روش دست می‌یابیم؟ این پرسش‌ها برای هزاران سال موضوع بحث‌های بی‌پایان بوده‌اند. متفکران برجسته از ارسطو و افلاطون گرفته تا پینکر و چامسکی در مورد وجود اختلافات ذاتی بین افراد یا شروع زندگی با یک لوح سفید به بحث و گفتگو پرداخته‌اند و روان‌شناسی ما بر اساس تجربه صرف شکل گرفته است. در قرن گذشته، سنت روان‌شناسی فرویدی این ایده را رواج می‌داد که می‌توان علل وضعیت روان‌شناختی کنونی ما را در تجربیات سازنده کودکی ردیابی کرد. در بسیاری از زمینه‌های جامعه‌شناسی و روان‌شناسی دانشگاهی مدرن این عقیده هنوز گسترده است؛ اگرچه عوامل فرهنگی و محیطی نیز به‌عنوان عوامل مهم تعیین‌کننده شخصیت‌های ما در نظر گرفته می‌شوند.

اما این باورها در سال‌های اخیر با یک حمله مجدد از سوی پژوهشگران ژنتیک و علوم اعصاب مواجه شده‌اند که مدعی هستند شواهد محکمی دارند که نشان می‌دهند چنین صفاتی حداقل در ساختار زیستی ما به‌طور ذاتی وجود دارند. برای برخی افراد این موضوع مناقشه‌برانگیز است و شاید حتی طرح آن از نظر اخلاقی توهین‌آمیز باشد؛ اما حقیقت این است که تجربه مشترک ما نیز تا حدی با این نظریه سازگاری دارد چرا که مشاهده کرده‌ایم در بعضی از موارد مردم به این دلیل چنین هستند که به این صورت ساخته شده‌اند. مطمئناً والدینی که بیش از یک فرزند دارند می‌دانند که فرزندان‌شان از بسیاری جهات مهم و نامرتب با تربیت با یکدیگر متفاوت هستند.

این مفهوم از خصوصیات ذاتی افراد غالباً به تأثیر ژن‌ها مربوط است و در واقع واژه‌های «ذاتی» و

«ژنتیکی» غالباً به جای هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ایده در عبارات متداول مانند «سیب خیلی از درخت دور نمی‌افتد»، یا «اصل بد نیکو نگردد آنکه بنیادش بد است» مستتر است. این گفته‌ها بازگوکننده این عقیده گسترده است که بسیاری از ویژگی‌های روان‌شناختی ما تنها با تربیت ما تعیین نمی‌شوند بلکه واقعاً تا حدودی «در DNA ما هستند».

موضوع این کتاب چگونگی شکل گرفتن شخصیت است. چگونه می‌توان طبیعت ما انسان‌ها را در ژنوم ما رمزگذاری کرد؟ ماهیت این اطلاعات چیست و چگونه بیان می‌شوند و به عبارت دیگر چگونه ماهیت انسان در ژنوم انسان رمزگذاری شده است؟ اگر برنامه‌ای برای ساختن یک انسان با ماهیت معمول انسانی وجود داشته باشد، ممکن است ماهیت‌های هر کدام از ما به سادگی با تغییراتی که در این برنامه اتفاق می‌افتد، ایجاد شوند. به همین طریق، ژنوم انسان حاوی برنامه‌ای برای تعیین قد او است اما به دلیل تفاوت‌ها در برنامه‌های کدگذاری شده در ژنوم انسان است که قد آنها کوتاه‌تر یا بلندتر می‌شود. خواهیم دید که وجود چنین تفاوت‌هایی نه تنها قابل قبول است بلکه اجتناب‌ناپذیر است.

## انسان شدن

اگر بخواهیم درباره طبیعت بشر فکر کنیم، ابتدا باید برسیم که آیا چنین چیزی وجود دارد یا خیر. آیا به‌راستی خصوصیات معینی وجود دارند که انسان را از حیوانات دیگر متمایز کنند؟ این سؤال هزاران سال است که ذهن فلاسفه را درگیر کرده است و تا به امروز نیز ادامه دارد. علت تداوم این پرسش تا حدی به این دلیل بوده است که بتوان مشخصات آدمی را به روش‌های مختلفی قاب‌بندی کرد. آیا مراد از طبیعت انسان رفتارهایی است که مختص انسان است و در حیوانات دیگر دیده نمی‌شود؟ آیا منظور ما مواردی است که به شکلی کاملاً یکسان در اعضای همه گونه‌ها دیده می‌شوند؟ یا آن ویژگی‌هایی مد نظر هستند که ذاتی و غریزی هستند و وابسته به رشد یا تجربه نیستند؟ اگر این ویژگی‌ها چون ستون‌هایی محکم تعبیه شده باشند، تغییر دادن آن‌ها چندان عملی نخواهد بود.

از سوی دیگر می‌توان طبیعت انسان را مجموعه‌ای از ظرفیت‌ها یا تمایلات رفتاری تعریف کرد که در گونه ما معمول هستند و ممکن است برخی از آن‌ها با حیوانات دیگر مشترک باشند و می‌توانند به صورت ذاتی تظاهر کنند و یا جهت شکل‌گیری خود به رشد و تجربه نیازمند باشند. در این صورت فهرستی طولانی وجود خواهد داشت و کمتر بحث برانگیز خواهد بود. انسان‌ها تمایل دارند که به حالت عمودی راه بروند، در طول روز فعال باشند، در گروه‌های اجتماعی زندگی کنند، پیوندهای جفتی نسبتاً پایدار تشکیل دهند، بیشتر از حواس دیگر به بینایی متکی باشند، تنوع غذایی داشته باشند و غیره. یک جانورشناس گونه انسان را چنین توصیف می‌کند: آن‌ها روی دوپا راه می‌روند، فعالیت شبانه‌روزی دارند، زندگی گروهی دارند، تک‌همسری اختیار می‌کنند، بصری و همه‌چیزخوار هستند.

هرچند آن‌ها در این صفات با برخی از گونه‌های دیگر مشترک هستند، اما این‌ها نیمرخ مشخصه کلی انسان‌ها هستند.

انسان‌ها ظرفیت‌های فراوانی چون انجام حرکات ظریف و پیچیده، استفاده از ابزار، زبان، شوخ طبعی، حل مسئله، تفکر انتزاعی و غیره دارند. بسیاری از این ظرفیت‌ها تا حدی در حیوانات دیگر نیز وجود دارند اما این توانایی‌ها در انسان به مراتب توسعه یافته‌ترند. رفتارهای واقعی در نتیجه ریش پدیدار می‌شوند و بسیاری از آن‌ها تا حدود زیادی به یادگیری و تجربه بستگی دارند، اما ظرفیت‌ها ذاتی هستند. در واقع حتی توانایی ما برای یادگیری از تجربه‌هایمان، یک ویژگی ذاتی است. اگرچه عقل ما از طریق شکل‌گیری زبان و فرهنگ ما را از حیوانات دیگر جدا می‌کند و فرهنگ و زبان همه رفتارهای ما را شکل می‌دهد، ماهیت اصلی ما مانند هر گونه دیگری محصول تکامل است.

به بیان ساده‌تر، انسان‌ها به دلیل داشتن DNA انسانی است که از گرایش‌ها و ظرفیت‌های کلی بین گونه‌ها برخوردار هستند. اگر DNA شامپانزه، ببر یا مورچه‌خوار را داشتیم، مانند شامپانزه‌ها یا ببرها یا مورچه‌خوارها رفتار می‌کردیم. ماهیت اساسی این گونه‌های مختلف در ژنوم آن‌ها رمزگذاری شده است. در مولکول‌های DNA یک تخم بارور شده از هر یک از این گونه‌ها یک کد یا برنامه برای تحول وجود دارد که ماهیت خاص هر ارگانیسم را تعیین می‌کند. مهم‌تر از همه، مشخص شدن چگونگی شکل‌گیری مغز است به گونه‌ای که این گرایش‌ها و ظرفیت‌های رفتاری به عمل درآیند. طبیعت انسانی با این تعریف در ژنوم ما رمزگذاری شده و در مغز ما دقیقاً به همان شیوه سیم‌کشی شده است.

این استعاره نیست. طبیعت متفاوت این گونه‌ها ناشی از تفاوت‌های عینی در برخی از خصوصیات جسمی مغز آن‌ها است. تفاوت در اندازه کلی، سازمان‌دهی ساختاری، ارتباطات بین مناطق مغزی، چیدمان ریزمدارها، انواع سلول‌های مکمل، تبادلات شیمی عصبی، تظاهر ژن و بسیاری از شاخص‌های دیگر، همگی در تعیین دامنه تمایلات و ظرفیت‌های رفتاری که مشخصه هرگونه است نقش دارند. در واقع همه این عوامل به گونه‌ای باهم پیچیده شده‌اند و عمل می‌کنند؛ بنابراین، طبیعت بشر صرفاً نباید یک مبحث انتزاعی در حوزه فلسفه باشد بلکه از نظر علمی نیز قابل پیگیری است. ما می‌توانیم به طور تجربی به نحوه واسطه‌گری خصوصیات معمول گونه در مداربندی عصبی خود بپردازیم. ما همچنین می‌توانیم به دنبال کشف ماهیت برنامه ژنتیکی باشیم که شاخص‌های مربوط به این مدارها را مشخص می‌کنند.

## کلمه تن را می‌سازد

برای درک این برنامه ژنتیکی، درک نحوه رمزگذاری اطلاعات در ژنوم انسان و نحوه بیان آن بسیار بنیادی است. این پدیده به این معنی نیست که قسمت معینی از ژنوم مسئولیت بیان مشخصات خاصی

از ارگانسیم را بر عهده دارد. به عبارت دیگر تمام ویژگی‌های نهایی ارگانسیم در DNA وجود ندارد. دقیقاً همان‌طور که هیچ تکلیف از پیش ساخته‌ای در داخل تخم لقاح‌یافته وجود ندارد، هیچ‌گونه شبیه‌سازی نیز از روی کروموزوم‌های ارگانسیم صورت نمی‌گیرد. آنچه در واقع رمزگذاری شده است برنامه‌ای است متشکل از یک سری الگوریتم‌ها یا عملیات رشدی که با وساطت واکنش‌های زیستی-شیمیایی به وقوع می‌پیوندند. چنانچه این فرایندها به درستی انجام شوند، ظهور یک انسان را به دنبال خواهد داشت.

این نگاه تقلیل‌گرایانه نیست. DNA هیچ‌یک از این موارد را به‌تنهایی انجام نمی‌دهد. اطلاعات موجود در ژنوم باید توسط یک سلول (در مرحله اول تخم بارور شده) رمزگشایی شود و همچنین حاوی اجزای مهمی است که برای خاموش کردن کل فرایند لازم است. مطمئناً ارگانسیم باید محیطی داشته باشد که در آن تحول یابد و تغییر در عوامل محیطی نیز می‌تواند بر نتیجه تأثیر بگذارد. در واقع، یکی از مهم‌ترین ظرفیت‌های رمزگذاری شده در برنامه ژنتیکی، توانایی ارگانسیم حاصله در واکنش به محیط است.

علاوه بر این، در حالی که اطلاعات مربوط به ساختن ارگانسیم‌های معین و سازمان‌دهی آن در ژنوم نوشته شده است، بسترها و عوامل شکل‌دهنده بسیاری وجود دارند که فراتر از ظرفیت‌های ناشی از توالی فیزیکی DNA آن است. ژنوم بیانگر تاریخچه زندگی همه اجداد و محیط‌هایی است که در آن زندگی می‌کردند. در نتیجه افرادی که از گونه‌های ژنتیکی خاصی برخوردار بودند، زنده ماندند و از طریق ژن‌های خود آن خصوصیات را منتقل کردند؛ در حالی که افراد دارای مشخصات ژنتیکی دیگر قادر به این کار نشدند. به این ترتیب نقشه کاملی که باعث می‌شود یک ارگانسیم به‌گونه‌ای باشد و رفتار کند، می‌ماند و در طی زمان در جهان گسترش می‌یابد.

با این حال، آنچه ما در این کتاب دنبال خواهیم کرد، درک کامل چگونگی عملکرد این دستگاه‌ها و چگونگی تعامل همه مؤلفه‌های کدگذاری ژنتیکی شده برای تولید یک انسان با طبیعت انسانی نیست. موضوع کاملاً ظریف اما مهم این است که چگونه تغییر در برنامه ژنتیکی باعث تغییر در افراد می‌شود. در واقع این همان چیزی است که ما هنگام مقایسه گونه‌های مختلف در مورد آن‌ها صحبت می‌کنیم. تفاوت‌های موجود بین ژنوم ما و شامپانزه‌ها یا ببرها یا مورچه‌خوارها مسئول تفاوت در طبیعت ما هستند.

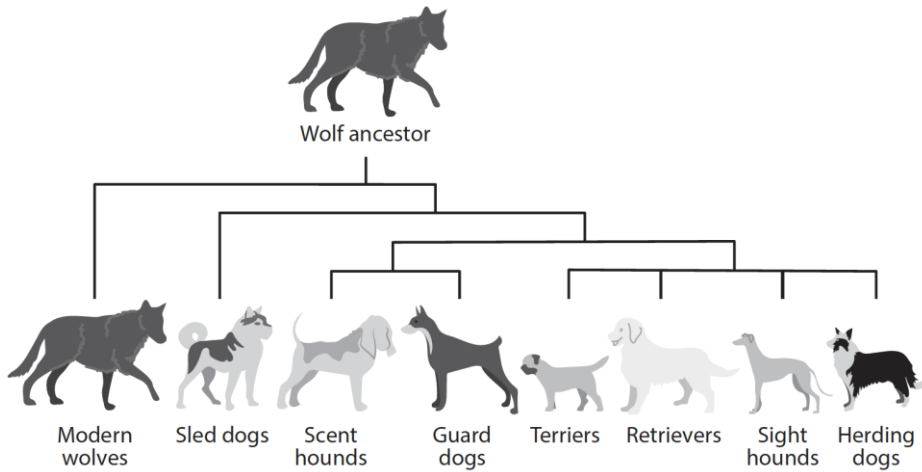
## تفاوت‌های فردی

همین اختلاف را می‌توان در مورد اعضای هرگونه نیز بیان کرد. تنوع ژنتیکی زیادی در بین افراد هرگونه نیز وجود دارد. هنگامی که از DNA برای ساختن اسپرم یا تخمک کپی‌برداری می‌شود، برخی

از اشتباهات رخ می‌دهند. اگر این جهش‌های جدید موجب از بین رفتن ارگانیسم حاصله نشوند یا از تولید مثل آن جلوگیری نکنند، می‌توانند در نسل‌های بعدی گسترش یابند. این اتفاق به تنوع ژنتیکی منتهی می‌شود که پایه و اساس تنوع در انواع صفات یعنی بدیهی‌ترین خصوصیات جسمی مانند قد یا شکل‌شناسی صورت است (برعکس، نیمرخ‌های مشترک ژنتیکی پایه‌ای برای شباهت‌های خانوادگی در چنین صفاتی است). برخی از این انواع ژنتیکی بر برنامه توسعه مغز یا عملکرد مغز و مسیرهایی که موجب تفاوت در تمایلات یا ظرفیت‌های رفتاری افراد می‌شوند، تأثیر می‌گذارد.

امروزه ما می‌توانیم با استفاده از این اصل حیواناتی را با صفات رفتاری خاص پرورش دهیم. برای مثال، وقتی گرگ‌ها رام می‌شدند یا وقتی حیوانات دیگر اهلی می‌شدند، انسان‌های اولیه حیواناتی را انتخاب و مراقبت می‌کردند که کمتر ترسناک، کمتر تهاجمی و بیشتر مفید و مطیع تر بودند و شاید آن‌هایی که راحت به آتش نزدیک می‌شدند و یا برای نزدیک شدن و زندگی کنار انسان‌ها علاقه نشان می‌دادند. اگر تفاوت‌های ژنتیکی استعداد اهلی شدن را تعیین می‌کنند و موجب می‌شوند که این حیوانات کنار انسان‌ها زندگی کنند، این امر به مرور زمان موجب تکثیر ژن‌هایی می‌شود که استعداد داشتن آن صفات را فراهم می‌آورند. از طرف دیگر، اگر حداقل بخشی از این خصوصیات به دلیل تنوع ژنتیکی نبود، صفات این حیوانات پس از آن که مدتی در کنار انسان‌ها زندگی می‌کردند در نسل‌های بعدی افزایش نمی‌یافت و به عبارت دیگر صفت اهلی شدن منتقل نمی‌شد.

ما نیک می‌دانیم که چگونه سگ‌های مدرن واجد طبیعتی کاملاً متمایز از اجداد لوپین خود شدند و این روند بارها و بارها در ایجاد نژادهای مختلف سگ‌های مدرن امروزی انجام شده است (به شکل ۱-۱ مراجعه کنید). این نژادها در بسیاری از موارد از نظر ویژگی‌های رفتاری و کارکردهایی که انسان‌ها از آن‌ها می‌خواستند انتخاب و تکثیر شدند. انواع سگ‌ها مانند سگ‌های گله، ردیاب‌ها، سگ‌های سورتمه‌ای، سگ‌های نگهبان و... همه این‌ها نیمرخ‌های متمایزی از صفاتی مانند محبت، هوشیاری، پرخاشگری، بازیگوش بودن، فعالیت، اطاعت، تسلط، وفاداری و بسیاری دیگر را نشان می‌دهند؛ بنابراین همه این صفات به طور واضح در معرض تغییرات ژنتیکی قرار دارند. هنوز جزئیات چگونگی تأثیر اختلافات ژنتیکی بر روی رفتار آن‌ها تا حد زیادی روشن نیست اما در مورد این واقعیت که آن‌ها تعیین‌کننده هستند، اتفاق نظر وجود دارد.



شکل ۱-۱ انتخاب طبیعی پرورش سگ‌ها برای ایجاد ویژگی‌های رفتاری متمایز

همین امر چنانچه در بخش‌های بعد خواهیم دید، در انسان‌ها نیز صادق است. شواهد تجربی برای این امر تقریباً به همان اندازه قوی است که در سگ‌ها وجود دارد. حتی فقط در سطح نظری نیز باید چنین انتظار داشته باشیم، بر اساس برداشت ژنتیک‌شناسان از قانون مورفی: هر چیزی که می‌تواند تغییر کند، تغییر خواهد کرد. این واقعیت که طبیعت ما به عنوان یک گونه در ژنوم ما رمزگذاری شده است، نتیجه‌ای اجتناب‌ناپذیر دارد: سرشت متفاوت انسان‌های مختلف بر اساس تفاوت و تغییر در آن برنامه ژنتیکی خواهد بود. سؤال این نیست که آیا ژن‌ها چنین نقشی را ایفا می‌کنند یا نه؛ زیرا که این نقش ثابت شده است و انتخاب طبیعی به‌سادگی نمی‌تواند از وقوع آن جلوگیری کند.

### کسی شدن

فقط نشان دادن اینکه یک صفت ژنتیکی است به این معنی نیست که حتماً ژن‌هایی برای این صفت وجود دارند. رفتار ناشی از عملکرد کل مغز است و با چند استثنا از عملکردهای مولکولی ژن‌های خاص فاصله بسیار دارد. در حقیقت بسیاری از تنوعات ژنتیکی که رفتار را تحت تأثیر قرار می‌دهند این کار را بسیار غیر مستقیم و از طریق تأثیراتشان بر چگونگی تحول مغز انجام می‌دهند.

این واقعیت از نتایج تجربیات فراوانی که در روسیه برای اهلی کردن روباه‌ها انجام شد، مورد توجه قرار گرفت. بیش از سی نسل از دانشمندان، در حال انتخاب روباه‌هایی بر اساس یک معیار ساده بودند: روباه‌هایی که به افراد اجازه می‌دهند تا به آن‌ها نزدیک شوند. به اهلی‌ترین روباه‌ها اجازه داده می‌شد که کنار یکدیگر پرورش یابند و این روند دوباره در چندین نسل پی‌درپی تکرار می‌شد. نتایج



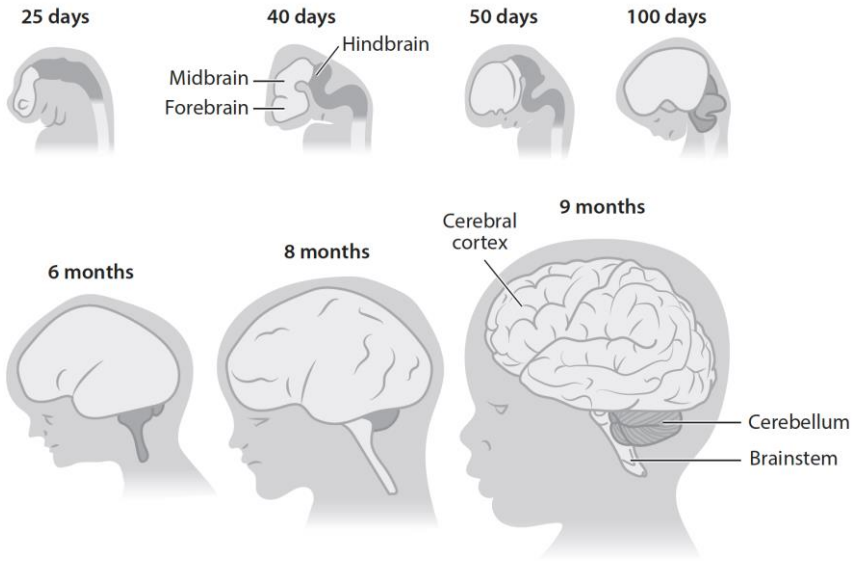
واقعاً قابل توجه بوده‌اند. روباه‌ها بسیار اهلی‌تر شده بودند ولی چگونگی روند شکل‌گیری این اتفاق جالب‌تر است.

اما نکته جالب‌تر این بود که در حالی که معیار انتخاب محققین روسی فقط رفتار روباه‌ها بود، ظاهر روباه‌ها نیز در این روند تغییر کرد. آن‌ها به تدریج شبیه به سگ‌ها می‌شدند. به‌طور مثال گوش‌های آویزان و پوزه‌های کوتاه‌تری پیدا کردند و حتی رنگ پوشش آن‌ها نیز تغییر کرد. تغییرات شکل‌شناختی فوق‌با این ایده سازگار است که آنچه در واقع انتخاب می‌شد حفظ ویژگی‌های نوجوانی بود. روباه‌های جوان نسبت به پیرترها اهلی‌تر و رام‌تر بودند، بنابراین انتخاب آن دسته از تفاوت‌های ژنتیکی که بر بلوغ تأثیر می‌گذارد می‌تواند به‌طور غیر مستقیم میزان اهلی شدن را در آن‌ها افزایش دهد در حالی که هم‌زمان شکل‌شناسی را نیز تغییر می‌دهد تا بیشتر شبیه به توله‌سگ‌ها شوند.

این یافته نکته مهمی را برجسته می‌کند. وقتی شما صفتی مانند اهلی شدن را انتخاب کنید به این معنی نیست که زمینه‌توان ژنتیکی، ژن‌های مخصوص رام شدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأثیر بر روی اهلی شدن هم غیر مستقیم و هم غیر اختصاصی است به این ترتیب که سایر صفات نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. اگرچه هویت آن‌ها هنوز مشخص نیست، ژن‌های تحت تأثیر قرار گرفته احتمالاً به‌نوعی در تحول و بلوغ نقش دارند.

همان نوع رابطه در مورد ما انسان‌ها نیز وجود دارد. همان‌طور که خواهیم دید تنوعات ژنتیکی که بر بیشتر صفات روان‌شناختی تأثیر می‌گذارند، این کار را به روش‌های غیر مستقیم و غیر اختصاصی انجام می‌دهند. نباید فکر کنیم که «ژن هوش» یا «ژن برونگرایی» یا «ژن اوتیسم» داریم؛ بلکه اصولاً این تنوع ژنتیکی مؤثر بر تحول مغز است که تفاوت‌های ذاتی در صفات روان‌شناختی را زمینه‌سازی می‌کند. ما به دلیل نحوه خاص سیم‌کشی‌های مغزهایمان در دوره قبل از تولد با یکدیگر متفاوت خواهیم بود.

اما این فقط نیمی از داستان است. تنوع ژنتیکی تنها یک منبع اختلاف در نحوه سیم‌کشی مغز ما است. فرایندهای توسعه خود منبع مهم دیگری از تغییرات را ارائه می‌دهند، روشی که غالباً از آن غفلت می‌شود. ژنوم شخص را رمزگذاری نمی‌کند بلکه برنامه‌ای را برای ساختن یک انسان رمزگذاری می‌کند. پتانسیل تبدیل شدن به یک انسان ممکن است فقط از طریق فرایندهای تحول قابل تحقق باشد (شکل ۲-۱ را ببینید). این فرایندهای شکل‌گیری تدریجی، به اصطلاح مهندسان بسیار پرسروصدا هستند. آن‌ها سطح قابل توجهی از تصادفی شدن در سطح مولکولی را نشان می‌دهند. این امر محدودیت‌های شدیدی را در مورد چگونگی کنترل دقیق نتیجه‌نهایی ایجاد می‌کند.



شکل ۱-۲ رشد مغز انسان در مراحل رویانی و جنینی. (برگرفته از B. D. Fante و B. Kolb. رشد مغز و رفتار کودکان، از کتاب روانشناسی اعصاب بالینی کودکان (مسائل عمده در عصب روانشناسی)، چاپ سوم. پدیدآورندگان: C. R. Reynolds and E. Fletcher-Janzen. نیویورک، انتشارات اسپرینگر، ۲۰۰۸. صفحات ۱۹ تا ۴۶.

بنابراین، حتی اگر دستورالعمل‌های ژنتیکی بین دو فرد یکسان باشند، نتیجه متفاوت خواهد بود. همان‌گونه که چهرهٔ دوقلوهای یکسان متفاوت است، ساختار فیزیکی مغز آن‌ها نیز به‌ویژه در سطح سلولی متفاوت است. ماهیت پیش‌روندهٔ تحول به معنای این است که این تنوع ذاتی می‌تواند تأثیرات بسیار مهمی در نتیجهٔ نهایی ایفا کند و در کنار تفاوت‌های ژنتیکی نقش عمده‌ای در تفاوت‌های موجود در ترکیب روان‌شناختی افراد داشته باشد.

در مجموع می‌توان گفت که نحوهٔ سیم‌کشی مغز هر یک از ما نه تنها به ترکیب ژنتیکی ما بلکه به چگونگی اجرای برنامهٔ تحول نیز بستگی دارد. این نکته اساسی است و بدان معنا است که حتی اگر تنوع در بسیاری از صفات ما فقط تا حدی ژنتیکی باشد، لزوماً دلالت بر این نمی‌کند که بقیهٔ تنوعات منشأ محیطی دارند یا تنها در نتیجهٔ تربیت اتفاق می‌افتند؛ زیرا بخش اعظم آن می‌تواند در جریان تحول اتفاق افتد؛ بنابراین تنوع در تمایلات و ظرفیت‌های رفتاری انفرادی حتی ممکن است بیش از آن سرشتی باشد که ژنتیک به‌تنهایی پیش‌بینی می‌کند.

## نگاهی به جلو

این کتاب به دو بخش اصلی تقسیم شده است. در قسمت اول یک بررسی اجمالی را از منشأ