

## مقدمه

### ورود به عصر ژنتیک

منشی جوان پرسید: «دلیل مراجعه تان چیست؟»  
اولین بار بود که به کرایوبانک<sup>۱</sup> نیویورک می‌رفتم و کمی هم معذب بودم.  
شانه‌ای بالا انداخته و گفتم: «فقط فکر می‌کنم کار درستی است و همه باید  
انجام بدهند. در سرتاسر دنیا درباره آینده تولیدمثل بشر سخنرانی می‌کنم و به  
هر کسی که گوش شنوا داشته باشد توصیه می‌کنم اگر می‌خواهد بچه‌دار شود  
باید در دهه بیست سالگی عمرتخمک یا اسپرم‌شان را منجمد کند. فقط خودم  
کمی دیرآمدم.»

حدود بیست سال دیر؟ ابرویی بالا انداخت و گفت: «متوجه نشدم. آیا شما  
اهداننده هستید؟»

«خیر.»

«دوره شیمی‌درمانی یا درمان پزشکی دیگری دارید که به اسپرم‌هایتان صدمه  
می‌زند؟»

«خیر.»

«آیا در ارتش هستید و در حال اعزام؟»

«خیر.»

بعد از یک مکث ناجور نتیجه گرفت که: «تنها ردیف باقی مانده در فرم من سایر  
موارد است. همین را علامت بزنم؟»

دچار تردید شدم، اما نمی‌خواستم سراغ گزینه‌هایی بروم که در ذهنم داشتم.  
شاید روزی بخواهم بچه‌دار شوم، پس چه بهتر که حالا اسپرم‌های جوان‌ترم را  
ذخیره کنم. شاید وقتی انسان در دیگرکرات منظومه شمسی ساکن شد، بخواهم



اسپریم را برای ارسال به فضا اهدا کنم. شاید، آن طور که من باور دارم، گونه ما به سمت یک آینده اصلاح شده ژنتیکی می رود که در آن نطفه فرزندانمان به جای تختخواب، در آزمایشگاه‌ها بسته می شود. این شایدها هر چه که بودند، شروع در همین لحظه قدم اول بود.

منشی پرسید: «خُب؟»

مضطرب لبخندی زدم، ذهنم در حال بررسی لحظه شگفت انگیز تاریخ تکاملی بشر بود که در آن فناوری های نوین انقلابی و بیولوژی فردی خود من درست در این مطب ضد عفونی شده در مرکز منتهن به هم می رسیدند.

هرچقدر هم که دانشمندان و حکیمان الهی جروبحت کنند که اولین جرعه حیات روی سیاره ما از دل منافذ حرارتی کف اقیانوس بیرون آمده یا مخلوق قدرت الهی (یا هر دو) است، بیشتر کسانی که به علم باور دارند می دانند که حدود ۳٫۸ میلیارد سال قبل اولین ارگانیسم های تک سلولی تکوین یافتند. اگر این میکروارگانیسم ها راهی برای تولیدمثل پیدا نمی کردند بعد از یک نسل می مردند. اما حیات به یک شگرد دست پیدا کرد، و میکروب هایی که شروع به تقسیم کردند اولین ارگانیسم هایی بودند که توانستند دودمان میکروبی کوچک خود را ادامه دهند. اگر هر عضو تقسیمی این سلول های آغازین عین رونوشت والد بودند، جهان امروز ما فقط در اشغال همین موجودات تک سلولی بود و شما الان این کتاب را نمی خواندید. اما چنین نشد.

تاریخ گونه ما ماجرای خطاهای کوچک و تغییراتی است که همواره سروکله شان در فرایند تولیدمثل پیدا می شود.

بعد از گذشت یک میلیارد سال از روی این دگرگونی های جزئی، تعداد بی شماری از الگوهای اندکی متفاوت ایجاد شده، و یک یا چند نمونه از آنها به ارگانیسم های ساده و چندسلولی تغییر شکل دادند. هرچند متفاوت از معیارهای امروزی، اما این ارگانیسم ها از پتانسیل افزودن تفاوت های بیشتر در تولیدمثل برخوردار بودند. بعضی از این دگرگونی ها در یک نوع خاص از ارگانیسم

با یک برتری جزئی در یافتن غذا یا دفع دشمن همراه بودند، و این یعنی فرصت زنده ماندن و جهش بیشتر. بعد از دو و نیم میلیارد سال، این جهش و رقابت که محرک حیات بود با پیدایش تولیدمثل جنسی خیز معجزه‌آسایی برداشت. تولیدمثل جنسی یک شیوه نو و رادیکال در ایجاد تنوع به ارمغان آورد که در طی آن اطلاعات ژنتیکی مادران و پدران به اشکال نوین در هم ترکیب می‌شدند. این فرایند شگفت‌انگیز به بعضی از این ارگانیسم‌های ساده چنان نیرویی داد که، در حدود ۵۴۰ میلیون سال قبل، به طرز غیرقابل‌کنترلی به سوی تنوع حیاتی باورنکردنی جهش یافتند، که ماهی یکی از آنهاست. حدود ۲۰۰ میلیون سال قبل، بعضی از انواع ماهی‌ها از آب بیرون خزیده و به شکل پستانداران تکامل یافتند. در حدود ۳۰۰,۰۰۰ سال قبل، بعضی از این پستانداران به هوموساپین‌ها<sup>۱</sup>، یعنی ما، تغییر شکل دادند.

خلاصه تاریخ تکاملی ما از این قرار است. تک تک ما یک ارگانیسم تک سلولی هستیم که بعد از حدود چهار میلیارد سال جهش تصادفی به اینجا رسیده‌ایم، که اجدادمان در یک نبرد بی‌پایان برای بقا پیوسته رقابت خود را از میدان به در کرده‌اند. شما الان اینجا هستید چون نیاکانتان زنده مانده و تولیدمثل کردند، که اگر نکرده بودند، شما هم نبودید. نام کوتاه این فرایند تکامل داروینی است که ما را به این نقطه رسانده. اما امروز، همین اصول تکامل داروینی هم دستخوش جهش شده‌اند.

از اینجا به بعد، بخش اعظم جهش ما تصادفی نخواهد بود، بلکه حاصل دست خودمان است.

از اینجا به بعد، انتخاب ما طبیعی<sup>۲</sup> نخواهد بود، بلکه خودخواسته است. از اینجا به بعد، گونه ما با دست‌کاری ژنتیکی پس‌آیندگان به شکل چیزی متفاوت از مای امروزی مهار فعال فرایند تکاملی مان را به دست خواهد گرفت. به

۱. هوموساپین یا انسان خردمند نام یک گونه از سرده انسان است. م.

۲. اشاره به فرایند انتخاب طبیعی که طی چندین نسل احتمال زنده ماندن و زادوولد یک ارگانیسم را افزایش می‌دهد. م.



عبارت دیگر، در حال آغاز فرایند هک کردن داروین هستیم. هک کردن داروین یک ایده شگفت‌انگیز با تبعات سرنوشت‌ساز است. صورت فعلی گونه هوموساپین هرگز نقطه پایانی تکامل نبوده، بلکه در این سفر پیوسته تکاملی یک توقفگاه محسوب می‌شود. در آینده نزدیک، با کمک تکنولوژی، و اگر خدا بخواهد تحت رهنمون ارزش‌هایمان، این فرایند را به‌طور بی‌سابقه‌ای پیش می‌رانیم.

اگر یک هزار سال در زمان به عقب برگشته، یک نوزاد را بدزدیم و او را به دنیای امروز بیاوریم، بدون هیچ تفاوتی با دیگران تا بزرگسالی رشد می‌کند. اما اگر سوار ماشین زمان شده و برای همان کار یک هزار سال به آینده برویم، کودکی که با خودمان می‌آوریم به لحاظ استانداردهای فعلی یک ابرانسان ژنتیکی خواهد بود. او قوی‌تر و باهوش‌تر از بقیه کودکان و در مقابل بسیاری از بیماری‌ها مقاوم خواهد بود، عمر طولانی‌تر داشته و صفات ژنتیکش طوری خواهد بود که امروزه به انسان‌های ازما بهترین نسبت می‌دهیم، مانند برخی اشکال نئوگ انسانی یا ادراک‌های حسی قوی در حیوانات. حتی شاید این کودک دارای صفات ژنتیکی تازه‌ای باشد که هنوز در انسان یا حیوان ناشناخته است، اما حاصل همان واحدهای ساختاری بیولوژیکی باشد که منجر به تنوع گسترده در تمام حیات شده. منشی رشته کوتاه خیالاتم را پاره کرد و پرسید: «آیا با ردیف سایر موارد موافق هستید؟»

نفس عمیقی کشیدم و گفتم: «ظاهراً بهترین گزینه است.»  
گویا از گیجی من عصبانی بود و زیر لب غرولندی کرد و گفت: «و برای چه مدتی مایل هستید که ذخیره شود؟»

«چطور است با صدسال شروع کنم؟ ببینیم چه پیش می‌آید.»  
با بدگمانی نگاهم کرد: «متأسفم آقا، اما برنامه‌های ذخیره‌سازی مان برای یک، سه و پنج سال هستند.»

رنگ رخساره خبرداد از سردرون: «خیلی کوتاه‌تر از چیزی است که می‌خواستیم.»

«هر وقت بخواهید می‌توانید تمدید کنید.»

شانه‌ای بالا انداخته و گفتم: «چند بار باید تمدید کنم؟ از کجا بدانم هر وقت بخواهم شما هستید؟»

«نگران نباشید. هستیم. تازه اینجا را بازسازی کردیم.»

آب دهانم را قورت دادم. معلوم بود که تصور متفاوتی از آینده تولیدمثل داشتیم. منشی که یک تخته‌شاسی به طرفم دراز کرده بود اضافه کرد: «لطفاً بنشینید و این فرم‌ها را پر کنید. وقتی پزشک آماده بود صدایتان می‌کنم.»

درحالی‌که مضطرب روی صندلی قرمز پلاستیکی سفت در اتاق انتظار یک‌دست سفید و بی‌پیرایه می‌نشستم، فرم‌ها را پر کرده و در این فکر بودم که چه شد سراز اینجا درآوردم. یاد مجموعه عجیبی از اتفاقات افتادم که فناوری‌های ژنتیک را وسواس‌گونه به ذهنم انداخته بود، و این‌که این فناوری‌ها داشت مسیر تکاملی تک‌تک اعضای گونه‌ما، از جمله خود من، را تغییر می‌داد.

همه چیز از زمانی شروع شد که در دور دوم دولت کلینتون در شورای امنیت ملی کاخ سفید مشغول به کار شدم. ریچارد کلارک، که آن زمان رئیس من بود و حالا دوست صمیمی‌ام است، به هر کسی که می‌رسید می‌گفت تروریسم تهدید اصلی برای امنیت ایالات متحده است و این‌که این کشور باید با شدت عمل بیشتری به دنبال یافتن یک تروریست مخفی به نام اسامه بن‌لادن باشد. زمانی که در یازده سپتامبر هواپیماها به برج‌های دوقلو اصابت کردند، یادداشت پیش‌گویانه او درباره القاعده بی‌توجه در صندوق ورودی پرزیدنت بوش مانده بود. ریچارد همیشه می‌گفت که اگر همه در واشنگتن فقط روی یک چیز متمرکز شدند، مطمئن باش که یک موضوع خیلی مهم‌تر از قلم افتاده است. این حرف در گوشم ماند. بعد از آن‌که از کاخ سفید بیرون آمدم همچنان به این فکر می‌کردم که چه مسائل مهم و ناشناخته‌ای وجود داشتند. ذهنم پی انقلاب نوظهوری رفت که در علم ژنتیک و بیوتکنولوژی درحال وقوع بود. هر چه درباره بعضی از باهوش‌ترین دانشمندان و متفکران جهان به دستم می‌آمد می‌خواندم

تا بیشتر بدانم. وقتی احساس کردم آن قدر می‌دانم که حرفی برای گفتن داشته باشم، نگارش مقالات درباره پیامدهای امنیت ملی انقلاب ژنتیک در مجلات سیاست خارجی را شروع کردم.

یک روز در اوایل سال ۲۰۰۸، ناگافل یک تماس تلفنی از یک نماینده کنگره زیرک و خیره‌سره به نام برد شرمین از کالیفرنیا داشتم. نماینده شرمین، که آن زمان رئیس کمیسیون فرعی تروریسم، منع گسترش جنگ افزارهای هسته‌ای و بازرگانی کمیته مجلس در امور خارجه بود، به من گفت که به نسل بعدی تهدیدات تروریسم خیلی فکر کرده است. یکی از مقالاتم را خوانده و از آن لذت برده بود و به من گفت که می‌خواهد براساس آنچه نوشته‌ام یک جلسه رسیدگی در کنگره برگزار کند. باعث افتخارم بود که از من خواست در برگزاری این رویداد همکاری و حضار احتمالی را معرفی کنم و شاهد اصلی جلسه استماع او در ژوئن ۲۰۰۸ با عنوان «ژنتیک و سایر فناوری‌های اصلاح بشری» باشم.

در شهادتم در آن جلسه مؤکداً اعلام کردم: «دویست سال بعد، وقتی اعقاب ما به عصر امروزمان نگاه کرده و از خود پرسند بزرگ‌ترین چالش‌های سیاست خارجی زمان ما چه بود، به باور من تروریسم، هرچند بسیار مهم است، اما در صدر این فهرست نخواهد بود. من امروز برای شهادت در پیشگاه شما حاضر شدم چون معتقدم مهم‌ترین موضوع این است که ما به‌عنوان یک آمریکایی و عضوی از جامعه بین‌الملل چگونه از توانمندی‌های نوین مان در راستای پیش‌برد دست‌کاری ساختار ژنتیکی مان عمل خواهیم کرد.»

توجهی که معطوف این شهادت در کنگره شد به من اطمینان داد که در مسیر کاری مهمی قرار دارم، که باید هر چه بیشتر در این موضوع بی‌نهایت جذاب و به‌سرعت درحال‌تحول شیرجه بزنم، و این‌که رسالتی دارم که ارزش در میان گذاشتن را دارد.

همچنان در مجلات سیاست‌گذاری می‌نوشتم و کم‌کم سخنرانی درباره آینده مهندسی ژنتیک انسانی در سرتاسر کشور و دنیا را شروع کردم. هرچه بیشتر یاد

می‌گرفتم و درگیر موضوع می‌شدم، بیشتر مجاب می‌شدم که ما، به‌عنوان یک جامعه، در راستای کسب آمادگی برای انقلاب ژنتیکی آتی دست به هیچ اقدامی نزنیم، اما نگران بودم که این رسالتم به گوش همگان نرسد. به‌مرور زمان، متوجه شدم که برای بیان مؤثر این پیام باید شیوه متفاوتی در پیش بگیرم. اگر سخنرانی‌هایم درباره سیاست‌گذاری ژنتیک موفق نبودند باید سراغ همان ابزاری می‌رفتم که قبلاً استفاده کرده بودم.

بعد از چاپ اولین کتابم، که تاریخ مهم اما عمدتاً نخوانده نسل‌کشی در کامبوج با هزاران پانویس بود، فهمیدم که بهترین رسانه برای بازگویی این ماجرا یک کتاب قطور تاریخی نیست، بلکه یک داستان است. داستان‌سرایی کاری است که همیشه انجام داده‌ام. حکایت‌هایی که در غارها و دور آتش نقل می‌شدند امروزه به شکل رمان، فیلم سینمایی و زنجیره تلویزیونی درآمده‌اند. کتاب دومم، و اولین رمانم به نام «اعماق دریا»، درباره تراژدی تاریخ کامبوج بود، اما این بار به زبان یک مجموعه روایت متقاطع از مردمانی که پس از جنگ ویتنام به طرف مرزهای تایلند کامبوج کشیده شده بودند. کتاب اول روایت دقیق‌تری از تحولات کامبوج بود، اما رمان بسیار فهمیدنی‌تر از آب درآمد.

این چنین بود که چند سال بعد از مواجهه با تردیدم در تلاش برای طرح موضوعات مهم انقلاب ژنتیکی جدای از نوشته‌ها و سخنرانی‌های مستند، سراغ همان استراتژی قدیمی رفتم. در رمان‌های علمی‌ام «رمز پیدایش»، که درباره تبعات انقلاب ژنتیکی، و «سونات جاودانی»، که یک گمانه‌زنی درباره افزایش طول عمر بود. سعی داشتم بدانم فناوری‌های ژنتیکی انقلابی در سطح بشری برای ما چه معنایی دارند. سعی کردم مردم را طوری جذب آینده ژنتیکی خودمان کنم که قابل‌هضم‌تر باشد.

باین همه، در برنامه‌های معرفی کتابم اتفاق غیرمنتظره‌ای روی داد. مردم درباره نیروهای شبه‌نظامی روز رستاخیز، جاسوس‌های آب‌زیرکاه، ماجراهای عاشقانه و انفجار نارنجک‌ها که از خودم درآورده بودم که به دنیای علمی کتابم جان

بدهم، کمی هیجان زده شده بودند. اما وقتی علم واقعی ژنتیک و معنای آن برای انسان‌ها را توضیح دادم خیلی تعجب کردند. ظاهراً وقتی با زبان روایت‌گونه یک رمان‌نویس علم را به آن‌ها توضیح دادم، یک مرتبه فهمیدند که تکه‌های اطلاعات علمی که در طول روز با آن مواجه می‌شوند در داستان آینده‌مان کنار هم جفت می‌شوند. به خودم آمدم و دیدم کمتر درباره وجه داستانی و بیشتر درباره فناوری واقعی‌ای صحبت می‌کنم که قادر به تحول بنیادین گونه انسانی است. گفتگوهای پرشوری که در برنامه‌های معرفی کتابم با مردم داشتم الهام‌بخش من شد تا پرسش‌های جدی‌تری درباره آینده مهندسی ژنتیک انسان و رابطه شخصی خودم با آن مطرح کنم.

به اواسط چهل‌سالگی رسیدم و فرزندى نداشتم، هرچند همیشه فکر می‌کردم بالاخره روزی بچه دار خواهم شد، که یک دلیل آن باور دیرینه و نه چندان منطقی‌ام به علم، زندگی سالم و خوش‌بینی‌ام به مقابله با یغمای زمان و قساوت بیولوژی بود. من تا مغز استخوان به فناوری خوش‌بین هستم، اما زمانی که برای نگارش رمان درباره جهان‌مان خیال‌پردازی می‌کردم به خودم آمدم و دیدم که نمی‌دانم آیا واقعاً آن‌طور که ادعا می‌کنم به جادوی فناوری باور دارم یا نه.

آیا واقعاً باور داشتم که دانش اندوخته علم صدوپنجاه ساله ژنتیک آن قدر کافی هست که میلیارد‌ها سال بیولوژی تکاملی‌مان را دستخوش تغییر کند؟ آیا حاضریم شرط ببندیم که دست‌کاری‌های ژنتیکی که کودک من را سالم‌تر، باهوش‌تر و قوی‌تر می‌کنند، او را خوشبخت هم خواهند کرد؟ آیا، به عنوان دانشجوی تاریخ، حتم نداشتم که انسان‌های پیشرفته به لحاظ ژنتیکی، درست مانند قدرت‌های استعماری، از قابلیت‌های جدید خود برای غلبه بر دیگران استفاده می‌کنند؟ و آیا، به عنوان فرزند یک پناهنده از اروپای تحت سلطه نازی، حاضر بودم این باور را بپذیریم که والدین می‌توانند و باید براساس تئوری‌های ژنتیکی هنوز ناشناخته فرزندان آتی خود را گلچین و مهندسی کنند؟

فارغ از پاسخ‌هایم، یک چیز مسلم بود: بعد از حدود چهار میلیارد سال تکامل



به واسطهٔ یک مجموعه قواعد، گونهٔ ما در آستانهٔ تکامل تازه‌ای قرار دارد. ژول ورن، رمان‌نویس فرانسوی، در رمان «سفر به کرهٔ ماه» خود در سال ۱۸۶۵ داستان سه انسان را می‌گوید که با موشک پرتابه قدم به کرهٔ ماه گذاشته و دوباره به زمین برمی‌گردند. در سال ۱۸۶۵ این ماجرا یک داستان علمی‌تخیلی محض بود. از فناوری‌ای که در نهایت یک قرن بعد انسان را به کرهٔ ماه می‌رساند خبری نبود. تصور فرود به سطح ماه در آن سال شبیه تصور فرود انسان روی یک منظومهٔ دیگر در دنیای امروز است. شاید روزی شدنی شود، اما حتی نمی‌دانیم چطور. علم هنوز به آنجا نرسیده است.

یک قرن بعد، در سال ۱۹۶۲، پرزیدنت جان اف. کندی در شهر هوستون پشت تریبون رفت تا با اعلام اعزام یک آمریکایی به کرهٔ ماه تا پایان آن دهه سخنرانی معروفش را رقم بزند. در اوج جنگ سرد، خیال پرزیدنت کندی راحت بود که اعتبار ایالات متحده را به خطر نمی‌اندازد، چون در سال ۱۹۶۲ فناوری لازم برای فرود موفقیت‌آمیز به سطح ماه - از جمله موشک، گرماسپر، سیستم‌های پشتیبانی حیات و کامپیوترهایی که محاسبات پیچیدهٔ ریاضیاتی را انجام دهند - از قبل وجود داشت. استدلال او بر پایهٔ فناوری موجود بود و فقط باید کمی اصلاح می‌شد. همه چیز سر جایش بود، تحقق این رؤیا حتمی بود، فقط مسئلهٔ زمان مطرح بود. هفت سال بعد، نیل آرمسترانگ با شعار «یک قدم کوچک برای انسان، یک جهش بزرگ برای بشریت» از پله‌های سفینهٔ آپولو ۱۱ پایین آمد. امروز، انقلاب ژنتیکی معادل سال ۱۸۶۵ نیست، بلکه هم‌پای سال ۱۹۶۲ است. صحبت دربارهٔ بازآفرینی گونهٔ ما یک داستان تخیلی بی‌باکانه نیست، بلکه تداوم منطقی و کوتاه‌مدت فناوری‌های به سرعت روبه‌رشدی است که همین حالا هم وجود دارند. حالا همهٔ ابزارهای لازم برای دست‌کاری ساختار ژنتیکی گونهٔ خود را در اختیار داریم. علم پابرجاست. تحقق این رؤیا اجتناب‌ناپذیر است. تنها متغیرهای مطرح عبارت‌اند از این‌که آیا موفقیت نهایی این فرایند ظرف چند دهه و اندی روی خواهد داد یا نه و این‌که برای راهبرد تحول فناوری چه ارزش‌هایی در



پیش خواهیم گرفت.

همه از قانون مور<sup>۱</sup> خبر ندارند، قانونی که می‌گوید قدرت پردازش کامپیوتری هر دو سال یک بار دو برابر می‌شود، اما همه‌مان پیامدهای آن را پذیرفته‌ایم. به همین خاطر است که توقع داریم مدل‌های جدید آیفون و لپ‌تاپ سبک‌تر و کارآمدتر باشند. با این حساب، روشن است که برای درک کل بیولوژی، از جمله زیست انسان، قانون مور یک معادل دارد.

کم‌کم به این واقعیت پی می‌بریم که بیولوژی ماقاعده دیگری از فناوری اطلاعات است. می‌دانیم که وراثت جادو نیست، بلکه یک رمز است که بیش از پیش قابل فهم، خواندنی، نوشتنی و نفوذپذیر می‌شود. به همین خاطر، دیری نمی‌گذرد که از خودمان همان توقعاتی را خواهیم داشت که از دیگر فناوری‌های اطلاعات داریم. ما پیوسته و از جنبه‌های مختلف خود را یک فناوری اطلاعات (IT) می‌بینیم. این تصور بسیاری را به وحشت می‌اندازد و کاملاً هم طبیعی است. از این گذشته، به خاطر احتمالات شگفت‌انگیز و دلگرم‌کننده‌اش ما را به هیجان می‌آورد. فارغ از احساساتمان، آینده ژنتیک زودتر از آنچه فکرش را بکنیم و متکی بر فناوری‌های امروز از راه خواهد رسید.

برای شروع، از فناوری‌های موجود برای لقاح مصنوعی (IVF)<sup>۲</sup> و گزینش آگاهانه جنین نه فقط برای حذف ساده‌ترین بیماری‌های ژنتیکی و انتخاب جنسیت، آن‌طور که این روزها باب است، بلکه برای گزینش و سپس دست‌کاری گسترده ژنتیک فرزندان آتی مان استفاده می‌کنیم.

فاز دوم و همپوشان انقلاب ژنتیک انسانی یک گام فراتر رفته و با القای تعداد زیادی از سلول‌های بالغ مانند سلول‌های خونی یا پوستی در سلول‌های بنیادی<sup>۳</sup>، تبدیل آن سلول‌های بنیادی به سلول‌های تخمک و سپس تبدیل آن سلول‌های تخمک‌ها به تخمک‌های واقعی، تعداد تخمک‌های موجود برای لقاح مصنوعی

1. Moore law

2. In vitro fertilization

۳. سلولی با توانایی تقسیم بالا که هنوز تقسیم نشده است.

را افزایش خواهد داد.

اگر روزی این فرایند برای انسان بی خطر شود، زنانی که تحت لقاح مصنوعی قرار دارند، می‌توانند نه فقط ده یا پانزده تخمک، بلکه صدها تخمک خود را برای باروری بدهند. با این شرایط، والدین آتی می‌توانند تست غربالگری صدها تخمک را بررسی کنند، که فرایند گزینش جنین با کمک آنالیز کلان داده را تسهیل می‌کند. به علاوه، شاید بسیاری از والدین نه فقط قصد گزینش ژنتیکی کودکان آتی‌شان، بلکه دست‌کاری ژنتیکی آن‌ها را داشته باشند. سال‌هاست که فناوری‌های اصلاح ژن به میدان آمده‌اند، اما پیشرفت اخیر در ابزارهای نوین مانند CRISPR Cas9 اصلاح ژن در همه گونه‌ها، از جمله خودمان را با دقت، سرعت، انعطاف‌پذیری و قیمت به صرفه امکان‌پذیر ساخته است. با وجود کریسپرو ابزارهای مانند آن، بالاخره می‌توان به صورت علمی با افزودن دی‌ان‌ای دیگر انسان‌ها، حیوانات، یا حتی روزی از منابع مصنوعی، صفات ژنتیکی و قابلیت‌های تازه‌ای به جنین داد.

زمانی که والدین بدانند که می‌توانند از لقاح مصنوعی و گزینش جنین ریسک بسیاری از بیماری‌های ژنتیکی را حذف کرده و صفات ژنتیکی مثبتی مانند هوش بالاتر و حتی برون‌گرایی و همدلی بیشتر را انتخاب کنند، تعداد بسیار زیادی از آن‌ها خواستار بارداری بیرون از رحم خواهند بود. بسیاری آبستنی جنسی را یک ریسک پرخطر و غیرضروری خواهند دانست. دولت‌ها و شرکت‌های بیمه خواستار آن خواهند بود که والدین آتی از لقاح مصنوعی و گزینش جنین استفاده کنند تا هزینه‌های مادام‌العمر بابت درمان بیماری‌های ژنتیکی اجتناب‌پذیر و گزاف برطرف شوند.

فارغ از ترکیب فاکتورهای شتاب‌دهنده و پیشگامان، نمی‌توان باور کرد که گونه‌ها از پیشرفت در فناوری‌هایی چشم‌پوشد که از پتانسیل ریشه‌کنی بیماری‌های مهلک، بهبود سلامت و افزایش طول عمر برخوردارند. ما بر هر فناوری نوین - از مواد منفجره تا انرژی هسته‌ای و استروئیدهای آنابولیک تا جراحی پلاستیک -



که با وجود ابعاد منفی احتمالی، متضمن بهبود زندگی مان هستند احاطه داشته و ژنتیک نیز از این قاعده مستثنا نیست. تصور دست‌کاری جدی در سلول‌های ژنتیکی نیازمند فروتنی است، اما اگر فروتنی، و نه سودای غرور، اصل راهنمای ما باشد، گونه‌ی متفاوتی از آب در خواهیم آمد.

ما خواستار آن هستیم که با استفاده از این ابزارها بیماری‌های ژنتیکی را در آینده نزدیک ریشه‌کن کنیم، دیگر ظرفیت‌های انسانی را در میان مدت دست‌کاری و تقویت کنیم، و شاید در بلندمدت خودمان را برای زندگی روی یک زمین گرم‌تر، در فضا یا دیگر سیارات آماده کنیم. شاید با گذشت زمان، تسلط بر ابزارها دست‌کاری ژنتیکی خودمان بزرگ‌ترین ابتکار در تاریخ گونه‌ی ما تلقی شود؛ کلید قفل یک پتانسیل باورنکردنی و از بسیاری جهات، یک آینده‌ی کاملاً نو.

اما هیچ‌کدام از این دستاوردها وحشت ما را کم نمی‌کنند.

اگر ما گونه‌ای با مرام فکری یک‌شکل بودیم، این تحول چندان دشوار نبود. اما در دنیایی که تفاوت اندیشه و باور چنان گسترده و سطح پیشرفت چنان نابرابر است، دست‌کم اگر محتاط نباشیم فاجعه بار خواهد بود.

باید برخی از بنیادی‌ترین پرسش‌ها را مطرح کرده و به آن‌ها پاسخ دهیم. آیا قرار است از این فناوری‌های پر قدرت برای گسترش بشریت استفاده کنیم یا محدود کردن آن؟ آیا منافع این علم فقط منحصر به معدودی از انسان‌ها خواهد بود یا قرار است از این پیشرفت‌ها برای کاهش مصیبت، احترام به تنوع و ارتقای سلامت جهانی و رفاه همگان بهره ببریم؟ چه کسی از حق تصمیم‌گیری‌های فردی یا جمعی اثرگذار بر کل خزانه ژنی انسان‌ها برخوردار است؟ و برای اتخاذ بهترین تصمیمات جمعی درباره مسیر تکاملی آنی مان به عنوان یک یا احتمالاً چند گونه، به چه دستورالعملی نیاز داریم؟

هیچ پاسخ ساده و سراسری برای این پرسش‌ها وجود ندارد، اما تک‌تک انسان‌ها باید بخشی از این فرایند باشند. تک‌تک ما باید خودمان را پرزیدنت کندی بدانیم

که در سال ۱۹۶۲ در هوستون پشت تریبون رفت، و آماده باشیم که درباره آینده‌گونه‌مان در پرتو علم ژنتیک و تحولات بیوتکنولوژی سخنرانی کنیم. این پاسخ‌های جمعی ما با گذر از خلال گفتگوها، سازمان‌ها، جنبش‌های مدنی، ساختارهای سیاسی و نهادهای جهانی است که از بسیاری جهات معلوم می‌کند ما که هستیم، چه چیزی را ارزش می‌دانیم و چطور روبه جلو پیش می‌رویم. اما برای آن‌که بخشی از این فرایند باشیم، همگی باید درباره این موضوعات کسب معلومات کنیم.

منشی گفت: «آقای متزل، منتظر شما هستیم.» سری تکان داده و به او نگاه کردم، هنوز کمی مضطرب بودم. وقتی پزشک درب راهروی پشتی را باز کرد، آرام برجا ماندم، کمی مکث کردم و بعد با اراده اولین قدم را به جلو برداشتم. این کتاب را نوشتم تا بیرسم هرچند انقلاب ژنتیکی بشر اجتناب‌ناپذیر بوده و به سرعت به ما نزدیک می‌شود، چرا چگونگی رخداد این انقلاب بدیهی نبوده و تا این حد برایمان مهم است. برای اتخاذ زیرکانه‌ترین تصمیمات جمعی درباره آینده‌مان، باید بدانیم چه اتفاقی در حال وقوع است و چه چیزی در مخاطره قرار گرفته و تا حد امکان بیشترین انسان‌ها را برای گفتگوگرد هم آوریم. کتاب حاضر نتیجه تلاش بی‌ادعای من برای جان بخشیدن به این جریان است. در به روی همه ما باز است. چه بخواهیم چه نخواهیم، همه ما به طرف آن گام برداشته‌ایم. آینده در انتظار ماست.

SAYLAV PUB



## بخش اول

### نقطه تلاقی داروین و مندل

در سالن کنفرانس پرزرق و برق واشنگتن دی سی از جمع بزرگ حضار نسل هزاره<sup>۱</sup> پرسیدم: «هر کسی که فکر می‌کند می‌خواهد تا ده سال آینده بچه دار شود دستش را بالا بگیرد.» حدود نیمی از جمعیت دستشان را بالا بردند.

چهل و پنج دقیقه بود که با شور و اشتیاق به آن‌ها می‌گفتم انقلاب ژنتیکی آتی شیوه فرزندآوری و در نهایت ماهیت فرزندانمان را متحول خواهد ساخت. توضیح داده بودم که چرا معتقدم گونه ما ناگزیر با این آینده پیشرفته ژنتیکی سازگار شده و از آن استقبال خواهد کرد، که چرا این پدیده هیجان‌انگیز و درعین حال هراس‌آور است، و این‌که به باور من برای حداکثر استفاده از مزایا و به حداقل رساندن صدمات فناوری‌های ژنتیکی انقلابی باید چه کنیم.

«اگر خانمی هستید که دستش را بالا برده، شاید بهتر باشد تخمک‌هایتان را منجمد کنید. اگر آقایی هستید که دستش را بالا برده توصیه می‌کنم هر چه سریع‌تر اسپرم‌تان را منجمد کنید.»

حضار با بدگمانی نگاهم می‌کردم.

ادامه دادم: «مهم نیست الان چقدر جوان و بارور هستید، چون به احتمال زیاد باید نطفه فرزندانتان را در آزمایشگاه ببندید، پس لازم است همین حالا که در اوج نیروی بیولوژیکی‌تان هستید تخمک‌ها و اسپرم‌تان را منجمد کنید.»  
موج تشویب و دلواپسی در چهره جوانانی که دستشان را بالا گرفته بودند پیچید.

---

۱. نسلی که در ایران برابر با شروع دهه شصت تا آغاز دهه هشتاد است.

بوی درگیری و اختلاف نظر به مشام رسید. چندین دهه بود که با این پرسش دست و پنجه نرم می‌کردم و حالا آن‌ها را هم آورده بود: چگونه میان اعجاز باشکوه و خشونت ددمنشانه بیولوژی خودمان تعادل ایجاد کنیم؟

همه ما طی فرایندی متولد می‌شویم که دست‌کمی از معجزه ندارد و بلافاصله بعد از آن نبرد بی‌پایان و محکوم به شکست مان با زمان، بیماری و طبیعت آغاز می‌شود. به هر چیز طبیعی کشش شدیدی داریم و از طرف دیگر، وجه متمایز گونه ما تلاش بی‌امان برای مهار طبیعت است. دوست داریم فرزندانمان به‌طور طبیعی سالم به دنیا بیایند، اما عملاً هیچ محدودیتی وجود ندارد که والدین برای نجات فرزندانمان در برابر بیماری تا کجا در مقابل طبیعت بایستند.

خانم جوانی که کت و شلوار آبی پوشیده بود دستش را بالا برد و گفت: «همین حالا توضیح دادید که به نظرتان انقلاب ژنتیکی به کدام سمت پیش می‌رود و چطور باید خودمان را برای آن آماده کنیم، اما خود شما چطور؟ آیا حاضر هستید روی فرزندانمان مهندسی ژنتیک انجام دهید؟»

در جا خشکم زد. سال‌هاست که درباره آینده تولیدمثل بشر می‌نویسم و سخنرانی می‌کنم، اما تا به حال کسی آن‌قدر صریح این سؤال را از من نپرسیده بود. پاسخ دقیقی برای پرسش این خانم نداشتم و لحظه‌ای تأمل کردم.

علم ژنتیک انسانی چنان پرشتاب پیشرفت کرده که همه ما هنوز باید بدویم تا به آن برسیم. زمانی که جیمز واتسون، فرانسیس کریک، رزالیند فرانکلین و موریس ویلکینز ساختار مارپیچ دوگانه دی‌ان‌ای را در سال ۱۹۵۳ کشف کردند، نشان دادند که چطور مبانی حیات شبیه یک نردبان تاییده سامان گرفته است. حدود یک ربع قرن بعد، کشف توالی ژن‌ها اثبات کرد که چطور می‌توان این مبانی را خواند و بهتر از گذشته درک کرد. چند دهه بعد، ساخت ابزارهایی برای اصلاح دقیق ژنوم به دانشمندان امکان داد تا رمز حیات را نوشته و بازنویسی کنند. خواندنی، نوشتنی، نفوذپذیر، طی نیم قرن گذشته، پیشرفت‌های علمی بیولوژی را به شکل دیگری از فناوری اطلاعات و انسان‌ها را از موجوداتی کشف‌ناشدنی به



حاملان خیس افزار<sup>۱</sup> نرم افزار کد منبع<sup>۲</sup> تبدیل کرده است. شناخت ژنتیک به عنوان یک فناوری باعث شده که بیش از پیش تنوع ژنتیکی و جهش‌ها را عامل بیماری‌های وحشتناک و مصیبت بدانیم، که هر دو بهای ناگزیر تنوع تکاملی بوده و مانند باگ‌های مزاحمی هستند که برنامه کامپیوتری را مختل می‌کنند. در راستای همین استعاره، چرا نباید خواستار هرگونه آپدیت

نرم‌افزاری باشیم که سیستم ما را به بهترین شکل ممکن اجرا کند؟ افکارم منسجم شدند. دیگر جلوی چشم‌هایم سیاه نبود. همچنان که روی سن راه می‌رفتم گفتم: «اگر خطری نداشت و می‌دانستم که آسیب جدی به فرزندم نمی‌رساند، بله این کار را می‌کردم. اگر با تمام وجود باور داشتم که به فرزندم کمک می‌کنم زندگی طولانی‌تر، سالم‌تر و شادتری داشته باشد حتماً این کار را می‌کردم. اگر لازم بود برای موفقیت فرزندم در یک دنیای رقابتی که بیشتر مردمان آن استعدادهای بالا داشتند، توانمندی‌ها و استعدادهای ویژه‌ای به او بدهم، دست‌کم جدی به این موضوع فکر می‌کردم. شما چطور؟»

این خانم روی صندلی‌اش تکانی خورد و گفت: «سخت است. متوجه منظور شما هستم. اما یک چیزی در این میان غیرطبیعی و خلاف اصول طبیعت است.»

جواب دادم: «اجازه دهید بیشتر توضیح بدهم. منظورتان از طبیعی چیست؟»  
«مثلاً هر چیزی، قبل از دست‌کاری انسان.»

پرسیدم: «با این اوصاف، آیا کشاورزی طبیعی است؟ حدود دوازده هزار سال است که کشاورزی می‌کنیم.»

درحالی‌که متوجه شده بود طبیعت میخ محکمی نیست که بر آن بکوبد، محتاطانه گفت: «هست و نیست.»

«آیا ذرت ارگانیک طبیعی است؟ اگر به نه هزار سال قبل برگردید بعید است چیزی

۱. اصطلاحی برگرفته از نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری، که برای اشکال حیات بیولوژیکی استفاده می‌شود. م.

۲. دستورهای برنامه به زبانی سطح بالا، میانی یا پایین که قابل خواندن برای کاربر باشد. م.



شبيه ذرت امروزی پيدا كنيد. يك علف خودرو به نام تسونيت پيدا می‌كنيد كه چند تا دانه نزار از آن آويزان است. حالا يك هزاره دست‌كاری فعال انسان را به آن اضافه كنيد تا به ذرت زرد و زیبایی برسيد كه امروز روی ميز پيك نيك خود نمايي می‌كند. بسياری ديگر از ميوه‌ها و سبزيجات كه امروز می‌خوريم، حتی از نوع ارگانيك، از خيلي جهات ثمره دست انسان بوده و حاصل اصلاح نژاد آگاهانه و گزينشی در طول يك هزاره است. آیا اين‌ها طبيعي هستند؟»

با اين‌كه همچنان به همان مفهوم طبيعت چسبيده بود اعتراف كرد: «نمی‌توان گفتم.»  
 «آيا اگر مثل اجدادمان در جوامع شكارچی-گردآورنده زندگی می‌کرديم طبيعي‌تر بوديم؟»  
 «شاید.»

نمی‌خواستم زياد فشار بياورم، اما بايد به يك نکته اساسی می‌رسيدم.  
 «آيا حاضر بوديد در آن جوامع زندگی كنيد؟»

خنده شيطنت‌آمیزی روی چهره‌اش نقش بست. «غذا را در اتاقم سرو می‌كنند؟»  
 ادامه دادم: «حالا فرض كنيد در هتل مجلل چهارفصل هستيد و دچار عفونت باكتريایی شده‌ايد. آیا حاضر هستيد شما را مانند اجداد ده هزار سال قبل با جادو و جنبل يا ميوه‌های جنگلی درمان كنند يا ترجيح می‌دهيد با آنتی‌بيوتيك جانتان را نجات دهند؟»

گفت: «آنتی‌بيوتيك را ترجيح می‌دهم.»  
 «طبيعی است؟»

«متوجه منظورتان شدم.»

به بقيه حضار نگاه كردم. «همه ما باورهای عمیقی درباره معنای طبيعي داريم، اما بيشتريان اصلاً طبيعي نيست. شايد فقط چیزی است كه از قبل می‌شناسيم، اما هزاران سال است كه بيشترو بيشتري جهان را تغيير می‌دهيم. حالا كه مدت‌هاست

---

۱. جامعه‌ای كه اصلی‌ترین روش معيشت آن تغذيه مستقيم از گياهان خوراکی و حيوانات حیات وحش است. م