

# بالا رفتن از نردبان پیچیدگی

ترجمه و اقتباس: محمد کرام‌الدینی

## اشاره

معلم‌ان زیست‌شناسی ناچار باید در جریان تحولات علم زیست‌شناسی باشند تا بتوانند به پرسش‌های همیشگی دانش‌آموزان درباره موضوع‌های متنوع روز مرتبط با زیست‌شناسی که در جامعه و رسانه‌های گروهی منعکس می‌شوند، پاسخ دهند. یکی از مهم‌ترین موضوع‌های روز زیست‌شناسی که بازتاب‌های اجتماعی بسیار دارد، ژنتیک، به‌ویژه مهندسی ژنتیک و مخصوصاً مهندسی ژنتیک انسانی است که امروزه از آن به‌عنوان «انقلاب ژنتیک انسانی» یاد می‌کنند، سبب بحث‌های گسترده اجتماعی شده است و بالقوه می‌تواند همچون شمشیری دولبه هم آدمی را سعادتمند کند و هم باعث تخریب او شود. نوشته‌ای که در پی می‌آید، با هدف آشنا کردن بیشتر مخاطبان گرامی این نشریه نوشته شده و در واقع، مکمل فصل‌های سوم، چهارم و هفتم کتاب درسی زیست‌شناسی پایه دوازدهم است.

کلیدواژه‌ها: انقلاب ژنتیک، مهندسی ژنتیک، آینده انسان

## پیچیدگی‌های انسان و انقلاب ژنتیک انسانی

انقلاب ژنتیک راه‌های نوینی برای شناخت آدمی پیش پای ما گذاشته است که نیاکان ما به سختی می‌توانستند به تصور درآورند. اگر به کسی که بیست هزار سال پیش زندگی می‌کرد، بگوییم که آدمی از کد ساخته است؛ بی‌گمان هرگز منظور ما را درک نخواهد کرد. می‌دانیم که چند دهه کار سخت سبب شده است تا مثلاً ارتباط بین

**با پیشرفت  
فنون  
یادگیری  
عمیق  
ادغام هوش  
مصنوعی  
و ژنومیک  
تقویت  
می‌شود**

بازی دیجیتال انسانی ثبت‌شده در مسابقات «گو»، از قابلیت‌های یادگیری پیشرفته ماشینی استفاده کرد و قهرمان جهانی «گو» را شکست داد.

در اواخر سال ۲۰۱۷، «دیپ‌مایند گوگل» برنامه دیگری به نام «آلفاگو زیرو» معرفی کرد که نیازی به بررسی و مطالعه بازی‌های انسانی نداشت؛ اما در عوض، برنامه‌نویسان قوانین و قواعد اساسی «گو» را به الگوریتم آن معرفی کردند و به آن دستور دادند که در برابر «آلفاگو» بازی کند تا بهترین استراتژی‌ها را بیاموزد. سه روز بعد، «آلفاگو زیرو» برنامه اصلی «آلفاگو» را شکست داد. «آلفاگو زیرو» می‌تواند هر بازیکن «گو» انسانی را شکست دهد؛ چون بسیار فراتر از تصور هر انسانی در میدان عظیمی از داده‌ها لایه‌هایی از الگوها را می‌شناسد.

پیشرفت سریع هوش مصنوعی، بسیاری افراد از جمله کارآفرینان فناوری، «یلان ماسک» و مرحوم «استفن هاوکینگ» را ترساند. آنان نگران بودند که هوش مصنوعی روزی بر ما چیره خواهد شد و

جهش‌های تک‌ژنی و بیماری‌های ژنتیکی خاص معلوم شود؛ اما اکنون به نظر می‌رسد که داستان از آنچه در ابتدا به نظر می‌رسید، بسیار پیچیده‌تر است: بی‌تردید کسانی که علائم نوعی بیماری ژنتیک را نشان می‌دهند، ژن‌های مربوط به این بیماری را در ژنوم خود دارند؛ اما عکس این حالت صادق نیست؛ یعنی ای بسا افرادی این ژن‌ها را در ژنوم خود دارند؛ اما نشانه‌ای از بیماری بروز نمی‌دهند؛ چون به احتمال زیاد، در ژنوم خود ژن یا ژن‌های محافظ دیگری دارند که مانع از بروز بیماری در آنان می‌شوند. ژنتیک پیچیده‌ما در ارتباط و تعامل با سامانه‌های زیستی پیچیده متعدد دیگری عمل می‌کند. این سامانه‌ها، مانند اپی‌ژنوم، ترانسکریپتوم، پروتئوم، متابولوم، میکروبیوم و ویروم، پیچیدگی‌های بدن ما را بیشتر و گسترده‌تر می‌کنند.

به همین علت، بعد از خوش‌بینی‌های اولیه یکی دو دهه گذشته، بسیاری از دانشمندان اخیراً در اعلام چارچوب زمانی برای شناخت کامل ژنتیک و دیگر سامانه‌های تعاملی درون و بیرون بدن ما بیشتر احتیاط می‌کنند. شاید تا دستیابی به شناخت بیشتر این پیچیدگی‌ها هنوز راهی دراز باقی مانده باشد. ما اخیراً توانسته‌ایم فرایندهای توالی‌یابی ژنومی را ارزان‌تر، سریع‌تر و دقیق‌تر انجام دهیم و در این زمینه‌ها پیشرفت‌های چشمگیری داشته باشیم؛ اما هنوز نتوانسته‌ایم همه داده‌هایی را که جمع‌آوری کرده‌ایم، تفسیر کنیم؛ یعنی در حال حاضر، سرعت جمع‌آوری داده‌ها از امکاناتی که برای تفسیر آن‌ها داریم، بیشتر است.

**مسابقه آدمی با رایانه**

بازی باستانی چینی «گو» که یکی از پیچیده‌ترین بازی‌های تخته جهان است، بیش از ۲۵۰۰ سال پیش اختراع شده و از ۳۶۱ مربع ساخته شده است. در این بازی، یکی از بازیکنان با مهره‌های سیاه و دیگری با مهره‌های سفید بازی می‌کند. هر بازیکن سعی می‌کند تا مهره‌های رقیب را محاصره و سپس از میدان به در کند. آن بازیکن که در پایان بازی بیشترین مهره‌ها را در اختیار داشته باشد، برنده است.

برای اینکه پیچیدگی بازی «گو» را مجسم کنیم، کافی است اشاره کنیم که میانگین گزینه‌ها بعد از دو حرکت اول، حدود ۴۰۰ و میانگین تعداد گزینه‌های حرکت در بازی «گو» حدود ۱۳۰۰۰۰ است.

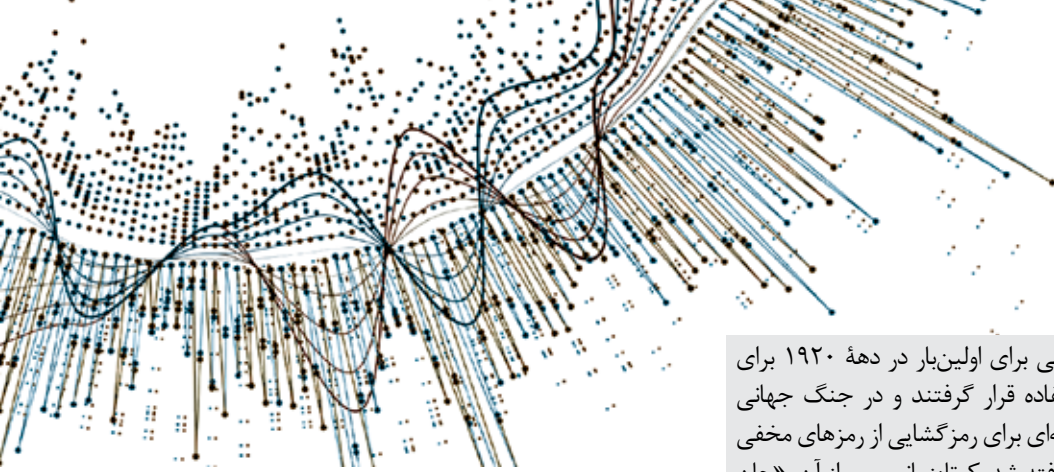
در سال ۱۹۹۶ رایانه «دیپ‌بلو»ی آی‌بی‌ام «گری کاسپاروف» قهرمان بزرگ شطرنج جهان را شکست داد. پس از آن، بیشتر ناظران معتقد بودند که چندین دهه دیگر طول خواهد کشید تا رایانه بتواند قهرمان «گو» جهان را شکست دهد؛ چون پیچیدگی ریاضی «گو» بسیار فراتر از قدرت محاسباتی «دیپ‌بلو» بود. سرانجام، در مسابقات سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ برنامه «آلفاگو» که از سوی «دیپ‌مایند» گوگل معرفی شده بود، با آنالیز صدها هزار



**ژنتیک پیچیده‌ما در ارتباط و تعامل  
با سامانه‌های زیستی پیچیده متعدد  
دیگری عمل می‌کند**

به آدمی آسیب خواهد رساند [۱]. اما امروزه کاملاً روشن است که فناوری هوش مصنوعی نه فقط به ما آسیب نمی‌رساند؛ بلکه به ما کمک هم می‌کند.

هزاران کتاب در مورد چگونگی تبدیل اطلاعات و انقلاب‌های محاسباتی و نحوه ذخیره و پردازش اطلاعات، نوشته شده است. در دهه ۱۸۸۰، کارت‌های پانچ نوعی نوآوری اساسی برای پردازش آنچه در آن زمان حجم زیادی از داده‌ها نامیده می‌شد، به شمار



## • در حال حاضر، سرعت جمع‌آوری داده‌ها از امکاناتی که برای تفسیر آن‌ها داریم، بیشتر است

بسیار پیشرفته‌تر از درک انسان است» [۳]. گوگل و یک شرکت چینی به نام «ووشی نکست کد»، اخیراً سیستم‌های هوش مصنوعی آبری بسیار پیشرفته‌ای منتشر کرده‌اند که به شناخت و درک کلان‌داده‌های حاصل از توالی‌یابی ژنتیکی کمک می‌کنند. «بیوزن» به‌طور جدی به دنبال آن است که با استفاده از محاسبات کوانتومی الگوهای معنی‌دار را از میان مجموعه کلان‌داده‌ها تشخیص دهد [۴].

با پیشرفت فنون یادگیری عمیق، ادغام هوش مصنوعی و ژنومیک تقویت می‌شود، ژنوم‌های بزرگ‌تر و بیشتری توالی‌یابی خواهند شد و در دسترس قرار خواهند گرفت و توانایی ما برای رمزگشایی بیشتر از سامانه‌های بدن آدمی رشد خواهد کرد.

با رشد و گسترش کلان‌داده‌های ژنومی، دانشمندان از ابزارهای هوش مصنوعی برای درک بهتر الگوهای پیچیده ژنتیک استفاده خواهند کرد. هر چه تعداد ژنوم‌های توالی‌یابی‌شده دارای سوابق تفصیلی زندگی در یک بانک اطلاعاتی مشترک بیشتر باشد، بیشتر قادر خواهیم بود که بفهمیم ژن‌ها و سایر سامانه‌های زیستی ما چه کارهایی را چطور انجام می‌دهند.

«اکنونمیست» در سال ۲۰۱۷ نوشت: «ارزشمندترین منابع جهان دیگر «فت» نیست، بلکه «داده» است» [۵]. آرمانی است که هر کس داده‌های مربوط به ژنوم کامل توالی‌یابی‌شده خود را همراه با داده‌های شخصی و پزشکی خود به‌طور دقیق در یک پرونده پزشکی الکترونیک استاندارد که در یک شبکه باز به اشتراک گذاشته شده است، ثبت کرده باشد.

با وجود این، در دنیای واقعی، این فکر که خصوصی‌ترین داده‌های ما در دسترس افرادی قرار خواهند گرفت که نمی‌شناسیم، ممکن است بسیاری از ما را بترساند؛ اما محققان، شرکت‌ها و دولت‌های مختلف سراسر جهان در حال بررسی رویکردهای مختلف برای متعادل کردن نیاز جمعی ما به خزانه‌های کلان‌داده‌ها و تمایل فردی ما به حفظ حریم خصوصی داده‌ها هستند.

می‌رفت. نوارهای مغناطیسی برای اولین بار در دهه ۱۹۲۰ برای ذخیره اطلاعات مورد استفاده قرار گرفتند و در جنگ جهانی دوم ماشین‌های توسعه‌یافته‌ای برای رمزگشایی از رمزهای مخفی نازی‌ها و ژاپنی‌ها به کار گرفته شد. کوتاه‌زمانی پس از آن، «جان فون نویمان» نابغه آمریکایی - مجارستانی محاسبات مدرن را که پایه و اساس توسعه رایانه‌های مین فریم، رایانه‌های شخصی و انقلاب نهایی اینترنت است، پایه‌گذاری کرد. امروزه، انقلاب کلان‌داده‌های مرتبط به هم با کمک هوش مصنوعی به ما امکان می‌دهند تا به‌طور فزاینده‌ای دربارهٔ انبوه رو به رشد داده‌هایی که درون و بیرون بدن ما تولید می‌شوند، بیشتر بدانیم.

تصادفی نیست که اولین کلمه در تحلیل کلان‌داده‌ها، واژه کلان است. داده‌هایی که در دو سال گذشته ایجاد شده‌اند، بیش از داده‌هایی است که در سراسر تاریخ بشریت ایجاد شده‌اند. این کلان‌داده‌ها به ما امکان می‌دهند تا کارهای بزرگ‌تری را شتابناک‌تر انجام دهیم [۲]. انقلاب در تحلیل داده‌ها ظرفیت حل مسائل گونه‌آدمی را افزایش می‌دهد.

### کلان‌داده‌ها جاودانه‌اند

هنگامی که «توماس ادیسون» در پارک «منلو» نیوجرسی در حال اختراع گرامافون، لامپ نوری، شبکه الکتریکی، دوربین فیلمبرداری و موارد دیگری بود، اگر با سؤالی روبه‌رو می‌شد که پاسخ آن را نمی‌دانست، فقط می‌توانست برای یافتن پاسخ با تعداد نسبتاً کمی از مردم، شاید حداکثر چندصد نفر صحبت کند، یا تعداد محدودی کتاب و مقاله بخواند؛ در حالی که امروزه، بیشتر افراد گونه‌ما وارد شبکه اینترنت می‌شوند و به جست‌وجوی پاسخ برای پرسش‌های خود می‌پردازند.

هنگامی که افراد درخشانی مانند «ادیسون» درمی‌گذشتند، بیشتر دانش‌های آنان نیز همراه با خود آن‌ها به گور می‌رفت. امروزه، این‌طور نیست. بیشتر اطلاعات و دانش ما در پرونده‌های دیجیتال که قابل دسترس‌اند، ثبت می‌شود و ابزارهای پردازنده داده‌ها و ذخیره‌کننده دانش ما جاودانه‌اند. امروزه، مرگ آدمی تأثیر بسیار کمتری بر پیشرفت دانش جمعی دارد. در حال حاضر، بسیاری از ما از بسیاری جهات با تلفن‌های همراه هوشمند خود حتی از متفکران بزرگ گذشته هوشمندتریم و از لحاظ عملکردی با ابزارهای سریع‌العمل‌مان ادغام شده‌ایم و از آن‌ها جدایی نداریم.

### «داده» ارزشمندترین دارایی ماست

بعضی شرکت‌های جهانی برای تسریع در جمع‌آوری داده‌های انسانی در حال مسابقه‌اند. مثلاً شرکت کانادایی «دیب ژنومیکس» در حال تجمیع هوش مصنوعی و ژنومیک برای کشف الگوهای عملکرد بیماری‌هاست؛ چون به تعبیر گردانندگان این شرکت، «آینده پزشکی به هوش مصنوعی بسته است، چون زیست‌شناسی



## داده‌های ژنومی و حریم خصوصی

در حال توالی‌یابی بیماری‌زایی است که دارای بیماری‌های خاص و سرطان و همچنین خانواده‌های آن‌ها در سرویس ملی بهداشت کشورند. پروژه ۱۰۰۰۰۰ ژنوم» با هدف مطابقت اطلاعات ژنتیکی با سوابق بهداشتی برای درک بهتر و پیشبرد درمان بیماری‌های ژنتیک، درصدد «آغاز توسعه صنعت ژنومی انگلستان» بوده است [۸].

برنامه ایالات متحده که اخیراً راه‌اندازی شده نیز بلندپروازانه است. پس از سال‌ها تأخیر، در بهار سال ۲۰۱۸، مؤسسات ملی بهداشت آمریکا در «برنامه پژوهشی همه ما» [۹] با هدف ارائه ژنوم توالی‌یابی‌شده، اقدام به بررسی سوابق بهداشتی و جمع‌آوری نمونه‌های خون و سایر اطلاعات شخصی از یک میلیون نفر آمریکایی از همه گروه‌های اجتماعی اقتصادی، قومی و نژادی کردند. کنگره برای این برنامه بودجه ده ساله ۱.۴۵ میلیارد دلاری را مجاز کرده و سایت‌های ثبت نام در سراسر ایالات متحده ایجاد شده‌اند. اگر بتوان به نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و مشکلات اداری را رفع کرد، این ابتکار عمل می‌تواند اقدامات بسیاری برای پیشبرد تحقیقات ژنتیک انجام دهد. «وزارت امور کهنه‌سربازان ایالات متحده آمریکا» در بانک زیستی خود، برنامه «یک میلیون کهنه‌سرباز» را راه‌اندازی کرد و قصد دارد تا سال ۲۰۲۵ یک میلیون کهنه‌سرباز را توالی‌یابی کند [۱۰].

بخش خصوصی نیز با مدل‌های خلاقانه در این کار مشارکت دارد و سعی می‌کند منافع اجتماعی قابل دسترس، خزانه‌های کلان‌داده‌های اطلاعات ژنتیک را با منافع بسیاری از افراد در جهت حفظ کنترل اطلاعات ژنتیک متعادل کند. شرکت نوینید «لونا دی‌ان‌ای» به دنبال آن است که تعداد زیادی مجموعه داده‌های ژنتیک کوچک و نامتجانس را که در چندین شرکت کلینیک نگهداری می‌شوند، در یک مجموعه قابل جست‌وجو جمع‌آوری کند و به افرادی که تمایل دارند اطلاعات ژنتیک خود را به اشتراک بگذارند، رمز اهدا می‌کند [۱۱]. این نوع رویکرد از اهمیتی ویژه

ایسلند یکی از همگن‌ترین جوامع انسانی را از نظر ژنتیک دارد. در قرن نهم تعداد اندکی از اجداد ما در این کشور مستقر شدند و پس از آن تعداد نسبتاً معدودی به آنجا مهاجرت کرده‌اند. سوابق تفصیلی دودمان‌شناختی، تولد، مرگ و سلامت افراد این جامعه از قرن‌ها پیش موجود است؛ لذا، این کشور آزمایشگاهی آرمانی برای تحقیقات ژنتیک است. در سال ۱۹۹۶، «کوری استیفنسون» متخصص ایسلندی مغز و اعصاب، شرکت «دی‌کد ژنتیکس» را با هدف بلندپروازانه استخراج خزانه ژنی ایسلندی‌ها برای شناخت بهتر و نیز یافتن راه‌های درمان انواع بیماری‌ها، بنا نهاد. این شرکت اجازه دسترسی به پرونده‌های ملی بهداشتی افراد را از مجلس ایسلند دریافت و ایسلندی‌ها را متقاعد کرد که خون خود را به این شرکت اهدا کنند.

در سال ۱۹۹۸، شرکت «هافمن - لاروشه» غول دارویی سوئیس، شرکت «دی‌کد ژنتیکس» را به مبلغ ۲۰۰ میلیون دلار خرید. در این هنگام، بسیاری از ایسلندی‌ها احساس کردند که به آنان خیانت شده است و در پی آن، دسترسی «دی‌کد ژنتیکس» به سامانه سوابق بهداشت ملی، ممنوع شد؛ اما پس از آنکه «دی‌کد ژنتیکس» و «هافمن - لاروشه» پیشنهاد دسترسی رایگان به هر گونه دارویی که در این همکاری ایجاد می‌شود را به ایسلندی‌ها دادند، بسیاری از ایسلندی‌ها شکایت خود را پس گرفتند. امروزه، «دی‌کد ژنتیکس» ۱۰۰۰۰۰ نمونه خون در اختیار دارد و از مجموعه خزانه‌های ژنتیک و داده‌های خود برای کشف ژن‌های مرتبط با بیماری‌های مختلف استفاده می‌کند و حتی به درمان جدیدی برای سکنه‌های قلبی نیز رسیده است [۶]. «آسترا زکا» غول دارویی دیگر، در اوایل سال ۲۰۱۸ اعلام کرد که از آزمایش‌های بالینی خود برنامه‌ای برای توالی‌یابی نیم میلیون ژنوم تا سال ۲۰۲۶ دارد [۷].

«پروژه ۱۰۰۰۰ ژنوم انگلستان» که در سال ۲۰۱۲ با هیاهوی بسیار زیاد به دست نخست‌وزیر وقت «دیوید کامرون» افتتاح شد،



دیگر سامانه‌های زیستی انسانی، به قدرت محاسبه‌ای بیشتر از آنچه امروز داریم نیاز دارد؛ اما با افزایش ظرفیت ابررایانه‌های سراسر جهان، شکی نیست که در نهایت به آنجا خواهیم رسید [۱۵]. اگر هر فرد دربارهٔ توالی‌یابی ژنوم خود تصمیم‌گیری کند، جمع‌آوری این همه اطلاعات ژنتیکی و شخصی در بانک‌های اطلاعاتی دیجیتالی قابل اشتراک، کاری تقریباً غیرممکن است؛ اما در عوض، بیشتر کسانی که از طریق لقاح آزمایشگاهی و انتخاب جنین متولد شده‌اند یا در هر نقطه از زندگی خود به مطب پزشک یا بیمارستان مراجعه می‌کنند، به‌عنوان روشی استاندارد توالی‌یابی می‌شوند.

### پزشکی شخصی

دنیای پزشکی فعلی ما عمدتاً مبتنی بر میانگین‌هاست. مثلاً، هر دارو برای همهٔ افراد خوب عمل نمی‌کند. اگر شما «وارفارین» که داروی معمولی رقیق‌کنندهٔ خون است را مصرف می‌کنید و خون

### امروزه، انقلاب کلان داده‌های مرتبط به هم با کمک هوش مصنوعی به ما امکان می‌دهند تا دربارهٔ انبوه رو به رشد داده‌هایی که درون و بیرون بدن ما تولید می‌شوند، بیشتر بدانیم

شما رقیق می‌شود، معلوم می‌شود که این دارو برای بدن شما مناسب است؛ اما اگر جزء یک صد نفری باشید که «وارفارین» باعث خونریزی داخلی و احتمالاً مرگ آن‌ها می‌شود، راه سختی در پیش دارید.

تا وقتی که درک ما از نحوه کار بدن یک‌یک افراد انسانی کم بود، پزشکی عمومی تنها راه بود؛ اما در دنیای آیندهٔ پزشکی شخصی، این رویکرد، روشی سنتی مانند زالو انداختن به نظر خواهد رسید. به جای اینکه فقط به دانش و حافظهٔ پزشک خود مراجعه کنید، به پزشکی مراجعه خواهید کرد که با یک نمایندهٔ هوش مصنوعی مرتبط است و بیماری‌های شما، از سردرد تا سرطان را براساس شخص خود شما انتخاب می‌کند. زیست‌شناسی هر فرد - از جمله جنسیت و سن، وضعیت میکروبیوم، شاخص‌های متابولیک و ژن‌های او - پایه و اساس سوابق و مراقبت‌های پزشکی او خواهد بود. اگرچه ناکارآمدی سامانه‌های مراقبت‌های بهداشتی، عدم تخصص ژنتیک در بین پزشکان مراقبت‌های اولیه و فرهنگ‌های پزشکی عمومی محافظه‌کار در سراسر جهان می‌تواند روند انتقال را کند کنند؛ اما میلیون‌ها و میلیارد‌ها نفر در سراسر جهان به‌عنوان بخشی از تغییر به سوی پزشکی شخصی ژنوم خود را توالی‌یابی

برخوردار است؛ چون ژنوم توالی‌یابی شدهٔ افراد، درست مانند تاریخچهٔ جست‌وجوی اینترنتی آنان، بزودی ارزش تجاری بسیار قابل توجهی خواهد داشت که شایسته است سود آن با مصرف‌کنندگان قسمت شود. «پروژهٔ ژنوم شخصی» نیز در تلاش است تا از خزانه‌های ملی داده‌های ژنتیک یک مجموعهٔ منبع باز ایجاد کند.

شاید جای تعجب نباشد که چین برای ساخت خزانهٔ ژنی با کلان داده‌ها در مقیاس بزرگ اقدام به حرکت در جسورانه‌ترین مسیر کرده است. این سرمایه‌گذاری اخیراً ۹ میلیارد دلار را به مدت پانزده سال برای بهبود رهبری ملی در پزشکی دقیق، اعلام کرده است [۱۲]. سیزدهمین برنامهٔ پنج سالهٔ توسعه ملی و اصلاحات چین برای توسعهٔ صنعت زیست‌فناوری، با هدف توالی‌یابی، حداقل ۵۰ درصد از کلیهٔ نوزادان (از جمله آزمایش‌های قبل از بارداری، بارداری و نوزادی) چینی را تا سال ۲۰۲۰ با کمک صدها پروژهٔ جداگانه برای توالی‌یابی ژنوم و جمع‌آوری داده‌های بالینی با همکاری دولت‌های محلی و شرکت‌های خصوصی پشتیبانی می‌کند [۱۳]. چین همچنین جسورانه به سوی تأسیس قالب قابل اشتراک برای همهٔ سوابق الکترونیک بهداشتی در سراسر کشور و اطمینان از حفاظت از حریم خصوصی و ممانعت از دسترسی به این داده‌ها توسط محققان، شرکت‌ها و دولت است.

در نتیجهٔ همهٔ این تلاش‌های جهانی تخمین زده می‌شود که در دههٔ آینده تا دو میلیارد ژنوم انسانی را بتوان توالی‌یابی کرد [۱۴]. به‌دست آوردن این حجم عظیم از داده‌ها، همبستگی آن با سلامت الکترونیک و سوابق زندگی و ادغام آن با مجموعه‌های کلان داده‌های

## هزاران کتاب در مورد چگونگی تبدیل اطلاعات و انقلاب‌های محاسباتی و نحوه ذخیره و پردازش اطلاعات، نوشته شده است

اما این احتمال وجود ندارد که پیشگیری یا درمان اختلالات ژنتیکی پیچیده نقطه پایانی سفر ژنتیکی ما باشد. در واقع، این فقط آغاز راه خواهد بود. استفاده از فناوری‌های تولید مثل برای تحلیل کلان‌داده‌ها، یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی به‌طور فزاینده‌ای نه تنها نحوه نطفه‌بستن کودکان، بلکه ماهیت نوزادانی را که می‌سازیم، تغییر خواهد داد.

در جست‌وجوی باز کردن رمزهای پیچیده ژنتیک بیماری‌ها، باید دستگاه‌های تأثیرپذیر بدن را بشناسیم. مثلاً برای درک علل ژنتیک کاهش شناخت، باید ژنتیک هوش را بشناسیم. برای ارزیابی ژنتیک پیری زودرس، باید ساز و کارهای گسترده‌تر ژنتیک پیری را دریابیم. برای درک کوتاه‌مدی، باید زیست‌شناسی قد را بشناسیم. به بیان دیگر، در جست‌وجو برای درک ناهنجاری‌های ژنتیک و بالارفتن از نردبان پیچیدگی ژنتیک، وادار خواهیم شد ژنتیک بودن را درک کنیم.

و شناخت صفات انسانی ما را وادار خواهد کرد که بپذیریم انقلاب ژنتیک چیزی بسیار بیشتر از مراقبت‌های بهداشتی است. بدانیم اکنون و آینده چه هستیم و که خواهیم بود؛ چون به تدریج مسیر تکاملی گونه ما تغییر خواهد کرد.

خواهند کرد [۱۶]. از طریق این فرایند، تعداد بیشتر و بیشتری از داده‌های ژنتیکی، زندگی و سلامت گونه آدمی در پرونده‌های الکترونیک قرار خواهند گرفت و این امکان فراهم می‌شود که از تحلیل زیست‌شناسی پیچیده آدمی در مقیاس بزرگ استفاده کنیم. با افزایش تعداد افراد توالی‌یابی شده، هزینه توالی‌یابی کاهش خواهد یافت، در عوض توان محاسباتی ما برای تحلیل کلان‌داده‌ها افزایش می‌یابد و شناخت ما از الگوهای پیچیده ژنتیکی رشد خواهند کرد. پس از شناخت بهتر تأثیر تعداد بیشتری از جهش‌های تک‌ژنی، به درک الگوهای ژنتیکی پیچیده‌تری می‌پردازیم که منجر به ایجاد بیماری‌های چندژنی مانند بیماری عروق کرونری قلب، دیابت و فشار خون بالا می‌شوند.

### منبع ترجمه

عمده مطالب این نوشته از این کتاب اقتباس شده‌است:

Jamie Metz (2019), Hacking Darwin: Genetic Engineering and the Future of Humanity, Sourcebook.

### منابع اصلی

- Holley, Peter, "Elon Musk's Nightmarish Warning: AI Could Become 'An Immortal Dictator from Which We Would Never Escape,'" Washington Post, April 6, 2018, [https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2018/04/06/elon-musks-nightmarish-warning-ai-could-become-an-immortal-dictator-from-which-we-would-never-escape/?noredirect=on&utm\\_term=.b662dac58897](https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2018/04/06/elon-musks-nightmarish-warning-ai-could-become-an-immortal-dictator-from-which-we-would-never-escape/?noredirect=on&utm_term=.b662dac58897).
- "How Much Data Does the World Generate Every Minute?" IFL Science, <http://www.iflscience.com/technology/how-much-data-does-the-world-generate-every-minute/>.
- Deep Genomics, <https://www.deepgenomics.com/>.
- Sara Castellanos, "Quantum Computing May Speed Drug Discovery, Biogen Test Suggests," Wall Street Journal, June 13, 2017, <https://blogs.wsj.com/cio/2017/06/13/quantum-computing-may-speed-drug-discovery-biogen-test-suggests/>.
- "The World's Most Valuable Resource Is No Longer Oil, but Data," The Economist, May 6, 2017, <https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource>.
- Michael D. Lemonick, "The Iceland Experiment," Time, February 12, 2006, <http://content.time.com/time/printout/0,8816,1158968,00.html#>.
- "Harnessing the Power of Genomics through Global Collaborations and Scientific Innovation," AstraZeneca, January 12, 2018, accessed August 5, 2018, <https://www.astrazeneca.com/media-centre/articles/2017/harnessing-the-power-of-genomics-through-global-collaborations-and-scientific-innovation-12012018.html>.
- "The 1,000 Genomes Project," Genomics England, <https://www.genomicsengland.co.uk/the-100000-genomes-project/>.
- All of Us, National Institutes of Health, <https://allofus.nih.gov/>; Gina Kolata, "The Struggle to Build a Massive 'Biobank' of Patient Data," New York Times, March 19, 2018, <https://www.nytimes.com/2018/03/19/health/nih-biobank-genes.html>; Megan Molteni, "The NIH Launches Its Ambitious Million-Person Genetic Survey," Wired, May 5, 2018, accessed June 1, 2018, <https://www.wired.com/story/all-of-us-launches/>.
- <https://www.research.va.gov/mvp/>.
- <https://www.nebulagenomics.io/>.

### پی‌نوشت‌ها

- Go
- IBM's Deep Blue computer
- Garry Kasparov
- Google DeepMind's AlphaGo program
- AlphaGo Zero
- Elon Musk

مهندس، مخترع و کارآفرین صنایع پیشرفته آمریکایی و یکی از ده شخصیت تأثیرگذار جهان.

- Stephen Hawking
- John Von Neumann
- big-data analytics
- Menlo Park
- Deep Genomics
- WuXi NextCODE
- Biogen
- Kári Stefánsson
- deCODE Genetics
- Hoffmann-La Roche
- AstraZeneca
- Britain's 100,000 Genomes Project of Genomic England
- Prime Minister David Cameron
- National Health Service
- U.S. National Institutes of Health
- All of Us Research Program
- U.S. Department of Veterans Affairs
- Million Veterans Program
- Personal Genome Project