



ترجمه: الهه علوی  
.....

## اشاره

«قرن زیست فناوری» عنوان کتابی از جرمی ریفکین است که در سال ۱۹۹۸، فنیکس<sup>۱</sup> آن را چاپ کرد. این کتاب، از مقدمه، هشت فصل، یادداشت‌ها، کتاب‌شناسی، راهنما و بخش سیاست‌گذاری تشکیل شده است. ریفکین زیست فناوری را در این کتاب، انقلاب بزرگی دانسته است که از جنبه‌های متفاوت بر انسان تأثیر می‌گذارد. او انقلاب زیست فناوری و زمینه‌های آن را با نگاهی همه‌جانبه (فلسفی، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و...) بررسی و نقد می‌کند. آن‌چه در پی می‌آید، خلاصه‌ای از فصل اول این کتاب به نام قرن زیست فناوری است.

نویسنده در این فصل، در حالی که با نگاهی تاریخی، فعالیت‌های انجام‌شده در زمینه‌های زیست فناوری و مهندسی ژنتیک را بیان می‌کند، پیش‌بینی‌ها و انتظاراتی را مطرح می‌کند که این فناوری جدید به همراه خود می‌آورد. فصل اول کتاب را می‌توان خلاصه‌ای دانست از آن‌چه در فصل‌های بعدی کتاب به تفصیل به آن‌ها پرداخته شده است. البته باید توجه داشت، مهندسی ژنتیک و زیست فناوری در هشت سالی که از چاپ این کتاب گذشته، دستاوردها و تغییر و تحولات فراوانی داشته است.

درحالی که محدودیت‌ها در سراسر میلیون‌ها سال از تاریخ تکامل وجود داشته‌اند.

اگر فقط بخشی از ادعاهایی که برای این علم جدید بیان می‌شوند، تحقق یابد، عواقب آن برای جامعه و نسل‌های بعدی بسیار عظیم خواهد بود.

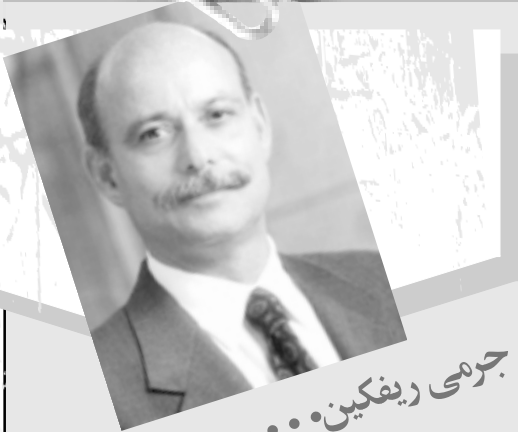
در این جا فقط مثال‌های اندکی برای آن‌چه ممکن است در ۲۵ سال آینده رخ دهد، بیان می‌کنیم:

- گروه‌گروه شرکت‌های جهانی، مؤسسه‌های تحقیقاتی و دولت‌ها خواهند توانست بیماران و هم‌چنین سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌های بدن انسان را با استفاده از ۱۰۰ هزار ژنی که طرح ژنی نسل بشر را می‌سازند، حفظ کنند. حتی ممکن است، بقای بیماران را با استفاده از ده‌ها هزار میکروارگانسیم- گیاه و جانور- امکان‌پذیر کنند.

- با افزایش حجم غذا و فیبر در محیط‌های بسته که حاصل کشت بافت در باکتری‌های غول‌آساست و برای شکسته شدن قیمت محصولات زراعی انجام می‌گیرد، کشاورزی در میانه‌ی یک گذار در تاریخ جهان قرار می‌گیرد. در حالی که کشاورزی در محیط‌های بسته می‌تواند به معنی قیمت‌های ارزان‌تر و ذخایر بیش‌تر غذا باشد، ممکن است میلیون‌ها کشاورز را در دنیای توسعه‌یافته و در حال توسعه از زمین جدا کند و جرقه‌ی یک آشوب عظیم اجتماعی را در تاریخ دنیا بزند.

آدمی در طول تاریخ هرگز در برابر یک فناوری جدید و فرصت‌های اقتصادی، چالش‌ها و تهدیدهایی که در آن نهفته، تا به این حد غیر آماده‌نوده است. به نظر می‌رسد، زندگی ما در چند دهه‌ی آینده اساسی‌تر از آن‌چه در هزاران سال پیش رخ داده است، دستخوش دگرگونی شود. احتمالاً ما و فرزندانمان تا سال ۲۰۲۵، در دنیایی کاملاً متفاوت با آن‌چه نسل بشر در گذشته تجربه کرده است، زندگی خواهیم کرد. تعریف ما از زندگی و معنای هستی، در چیزی کم‌تر از یک نسل، رادیکال‌تر شده است. فرضیه‌های پذیرفته‌شده درباره‌ی طبیعت، مثلاً طبیعت انسانی ما، دوباره اندیشیده می‌شوند. بسیاری از فعالیت‌های کهن در ارتباط با تولیدمثل، تولد و والدینی، رها می‌شوند. ایده‌های مربوط به مساوات و آزادی، و هم‌چنین دیدگاه ما درباره‌ی آن‌چه با کلماتی مانند «توسعه» و «اراده‌ی آزاد» معنی می‌کنیم، دوباره تعریف می‌شوند. حس ما درباره‌ی خود و جامعه- همانند زمان نفوذ روح رنسانس در اروپای قرون وسطا- تغییر خواهد کرد.

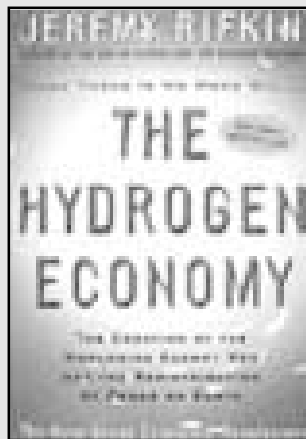
نیروهای هم‌گرای فراوانی کنار هم قرار می‌گیرند تا این جریان جدید و قدرتمند اجتماعی را ایجاد کنند و انقلاب فناوری در مرکز آن، ناهمگن با همه‌ی تاریخ، با قدرتش و نهادهایش، ما و دنیای ما را تغییر می‌دهد. دانشمندان، شناخت زندگی در سطوح ژن را آغاز کرده‌اند. ابزارهای جدید زیست‌شناختی فرصت‌هایی را برای تجربه‌ی روش نوین زندگی روی زمین در اختیارمان گذاشته‌اند،



## جرمی ریفکین.....

جرمی ریفکین در سال ۱۹۴۵ متولد شد. او ۱۷ کتاب درباره‌ی اثرهای تغییراتی که علم و فناوری بر اقتصاد، نیروی کار، جامعه و محیط زیست می‌گذارند، منتشر کرده است. کتاب‌های او به بیش از ۳۰ زبان ترجمه شده‌اند و در صدها دانشگاه و دستگاه دولتی جهان از آن‌ها استفاده می‌شود. تازه‌ترین و پرفروش‌ترین کتاب جرمی ریفکین، «رویای اروپایی: چگونه دیدگاه اروپایی درباره‌ی آینده، رویای آمریکایی را در محاق کامل فرو خواهد برد» است. او در این کتاب استدلال کرده است، هنگامی که رویای بزرگ آمریکایی رنگ می‌بازد، رویای جدید و نیرومند اروپایی، جهان را در دست خواهد گرفت.

پرفروش‌ترین کتاب جرمی ریفکین در سال ۲۰۰۲ م، «اقتصاد هیدروژن» است. او در این کتاب خواننده را به سفری به دوران بزرگ آینده‌ی تجاری می‌برد.



او غروب اقتصاد نوین را که بر پایه‌ی هیدروژن استوار است و ماهیت بازار، سیاست و اجتماع امروزی را تغییر داده است، همانند غروب دوران زغال سنگ و نیروی بخار در آغاز دوران صنعتی می‌داند. او در سال ۲۰۰۴ م

ممکن است ده‌ها هزار باکتری، ویروس، گیاه و جانور ترانسژنیک و نوپدید، درون اکوسیستم‌های زمین رها شوند تا وظایف اقتصادی را، از اصلاح زیستی تا تولید سوخت‌های جانشین، برعهده گیرند. به هر حال ممکن است، بعضی از این‌ها به بیوسفر زمین صدمه بزنند و سبب برهم زدن ثبات و یا حتی پراکنش آلودگی ژنتیک در سراسر دنیا شوند.

استفاده‌ی نظامی از فناوری جدید ممکن است، اثرات ویران‌کننده‌ای بر زمین و اقلیم‌های آن داشته باشد. عوامل زیستی مهندسی ژنتیک شده (در قالب جنگ افزار) می‌توانند، مشابه وضعیتی که سلاح‌های هسته‌ای در حال حاضر دارند، تهدیدی جدی برای امنیت جهان در قرن آینده باشند.

شبهه‌سازی جانوران و انسان می‌تواند برای اولین بار در تاریخ، جانشین همانندسازی از طریق تولیدمثل شود. شاهد خلق گستره‌ای از جانوران کایمر، مانند هیبریدهای انسان/ جانور خواهیم بود؛ مثل هیبرید انسان/ شمپانزه. از این هیبریدها به طور گسترده‌ای در تحقیقات پزشکی و اهدای اندام استفاده خواهد شد.

والدین، فرزندان خواهند داشت که در لوله‌ی آزمایش و خارج از بدن انسان رشد می‌کنند و به این ترتیب، از عواقب ناخوشایند حاملگی و خطرات آن در امان خواهند بود. امکان انجام تغییرات ژنتیک در جنین انسان، بیماری‌های مرگ‌بار و ناهنجاری‌ها را اصلاح خواهد کرد. هم‌چنین، امکان ارتقای صفات مربوط به اخلاق، رفتار، هوش و فیزیک بدن را به همراه خواهد داشت. والدین ممکن است بتوانند، بعضی از خصوصیات فرزندان‌شان را طراحی کنند. این «کودکان تعریف شده»، جاده‌ی رسیدن به یک تمدن یورژنیک را در قرن بیست و یکم هموار می‌کنند.

میلیون‌ها نفر می‌توانند، نمایه‌ای از جزئیات ژنتیک خود را داشته باشند. اطلاعات ژنتیک، قدرت پیش‌بینی و طراحی زندگی را به مردم می‌دهد؛ چیزی که قبلاً هرگز امکان نداشت. به هر حال این اطلاعات ژنتیک، برای تعیین آثار آموزشی، انتظارات کارفرمایان، حق بیمه، و مقاصد امنیتی در اختیار مدارس، مدیران، شرکت‌های بیمه و دولت‌ها، قرار خواهند گرفت.

به این ترتیب، شکلی جدید و تلخ از تبعیضات براساس نمایه‌ی ژنتیک فرد تولید خواهد شد و درک ما درباره‌ی جامعه‌گرایی و تساوی تغییر خواهد کرد. شایسته‌سالاری به صورت ژن‌سالاری، در افراد و گروه‌هایی با قالب‌های ژنوتیپی مشخص در سراسر دنیا شکل خواهد گرفت. قرن زیست فناوری حتی می‌تواند بیش از این‌ها در زندگی روزانه‌ی ما تغییر ایجاد کند و به طور عمیقی بر خرد فردی و جمعی، آینده‌ی تمدن ما، و هم‌چنین بیوسفر تأثیر بگذارد.

منافع و خطرات این فناوری جدید، هم هیجان‌انگیز است و هم ناامیدکننده. برخلاف طبیعت شوم و توان ترس‌آور این انقلاب غیر معمول فناوری، در مقایسه با رایانه و ارتباطات که انقلاب بزرگ دیگر قرن بیست و یکم است، توجه عمومی بیش‌تری را به خود جلب کرده است. با گذشت بیش از ۴۰ سال دوییدن علوم زیستی و اطلاعات در خطوط موازی، اکنون این دو به آرامی در حال ادغام شدن در قالب یک نیروی اقتصادی و فناوری اند.

اکنون رایانه به طور فزاینده‌ای برای کشف، مدیریت و سازمان‌دهی اطلاعات و داده‌های وسیع ژنتیک که مواد خام مورد نیاز برای ظهور یک اقتصاد زیست فناوری است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانشمندان روی زمینه‌ی جدیدی از بیوانفورماتیک کار می‌کنند. آن‌ها دریافت اطلاعات ژنتیک مربوط به میلیون‌ها سال تکامل را آغاز کرده‌اند، تا نوع قدرتمند و جدیدی از بانک داده‌های زیست‌شناختی خلق کنند. پژوهشگران از اطلاعات ژنتیکی این بانک‌ها برای بازسازی دنیای طبیعی بهره می‌گیرند. پیوند رایانه‌ها و ژن‌ها، واقعیت‌ها را در عمیق‌ترین سطوح تجارب انسانی تغییر می‌دهد.

برای درک عظمت این جا به جایی که در تمدن بشری در حال رخ دادن است، ضرورت دارد قدمی به عقب برداریم و با نگاه به قرن جدید، شناخت بهتری نسبت به ماهیت تاریخی تغییراتی که اطراف ما روی می‌دهند، داشته باشیم. این تغییرات نقطه‌ی پرخش تمدن اند. از آن‌جا که گذشته همیشه مقدمه‌ای برای آینده است، سفر ما به درون قرن زیست فناوری، با نگاه به دنیایی که پشت سر می‌گذاریم، آغاز می‌شود.

### پایان دوره‌ی صنعتی

حماسه‌ی صنعت به پایان می‌رسد؛ دوره‌ای که سرعت و نیرو (عضله) مشخصه‌ی آن است. به اعماق زمین نقب زدیم؛ جایی که نور خورشید در طول میلیون‌ها سال، به شکل زغال سنگ، نفت و گاز-منابع ظاهراً نامحدود انرژی-ذخیره شده است. درک ما از زمان و مکان به طور اساسی تغییر کرد. میلیون‌ها نفر، از خانه‌های روستایی و زمین‌های آبا و اجدادی خود کنده شدند و نوع جدیدی از کار را در کارخانه‌های تاریک و اداره‌های پرهیاهو به دور از فصل‌ها، رسوم و آداب کهن برگرفته از ماهیت کشاورزی، جست‌وجو کردند. راه‌های آهن، بین قاره‌ها جای گرفتند. به دنبال آن، سیم‌های تلفن، پل‌ها و کیلومترها جاده‌ی آسفالتی، به سرعت آمدند و درک ما را از زمان و مسافت تغییر دادند. برادران رایت، بال‌هایی برای پرواز ساختند و چند سالی پس از آن، هنری فورد برای هر خانواده‌ی آمریکایی یک اتومبیل بنزینی به ارمغان آورد.

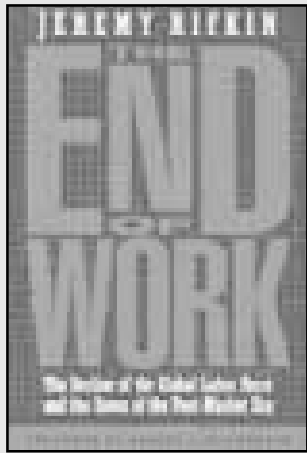
در مدرسه، محل کار و خانه، گفت‌وگو از بهره‌وری بود؛ کلمه‌ای که مانند وردی برای ساده و کارآمد کردن قرن سخت آینده به کار می‌رفت. پایه‌های سیمانی در همه‌جا گذاشته شدند و داربست‌ها بالا رفتند تا یک دنیای جدید عمودی از مظاهر دنیای سکولار و ساخته شده از آهن، فولاد، آلومینیوم و شیشه را بسازند؛ دوره‌ای که برای بعضی مزیت‌های فراوان به ارمغان آورد و برای بعضی فقر در پی داشت. فروشگاه‌های چند طبقه‌ی عظیم و بعد از آن بازارهای بزرگ خرید، با کالاهای غریب، اما با رنگ و لعاب و بی‌اهمیت، و مصنوعات و کارهای ظریف هنری پر شد. مد جای ضروریات را برای بسیاری از مردم گرفت.

دانشمندان و مهندسان، متولیان جدید امر شدند. نگاه و ایده‌های آن‌ها تقریباً در هر چیزی که اهمیت داشت، جست‌وجو شد، محترم به حساب آمد، ترفیع یافت و تقدیس شد. قرن، قرن فیزیک و شیمی بود. به دقت به درون دنیای میکرون اتم‌ها و الکترون‌ها نگریم و کتاب طبیعت را با استفاده از کشفیات مکانیک کوانتوم و فرضیه‌ی نسبیّت، دوباره نوشتیم. دانشمندان اتم را شکافتند و به شکل جدیدی از انرژی-قدرتمندتر از هرچه که بشر تا آن موقع تجربه کرده بود-رسیدند و بمب اتم را خلق کردند. فیزیک دانان و مهندسان، بشر را به کوه‌ی ماه بردند و آوردند، درحالی که شیمی دانان مشغول خلق انواع جدید و متنوع‌تر مواد مصنوعی بودند.

پلاستیک که ماده‌ی عجیب و غریب آغاز قرن بود، تادده‌های میانی فراگیر شد و ظاهراً به اندازه‌ی هوایی که تنفس می‌کنیم، برای زندگی ضرورت یافت. کودهای پتروشیمی و آفت‌کش‌های ساختگی، شکل زمین‌های کشاورزی را تغییر دادند و بنابر ادعای بسیاری از طرفداران آن‌ها، درست به موقع برای کمک به تغذیه‌ی جمعیت روبه رشد انسانی آمدند که با گذشت هر دو نسل، دو برابر می‌شد.

سیستم‌های فاضلاب زیرزمینی ساختیم، آب را هوادهی و تصفیه کردیم، تغذیه‌مان را بهبود بخشیدیم و امید به زندگی را به بیش از ۲۰ سال افزایش دادیم. مهندسان، دستگاه اشعه‌ی x و بعد از آن MRI را اختراع کردند. محققان در علوم پزشکی، واکسن‌ها، مواد بیهوش‌کننده، آنتی‌بیوتیک‌ها و داروهای دیگر را به ما دادند.

دوره‌ی صنعت، در طول پنج قرن در شش قاره، شیوه‌ی زندگی، کار و نگاهی را که انسان به خود و جهان پیرامونش داشت، به طور اساسی تغییر داد. انرژی استخراج‌شده‌ی فراوان و ارزان، دوره‌ی صنعت را به پیش می‌برد. همین اواخر معلوم شد که مخازن پایان‌ناپذیر دوره‌ی کربنیفر به آرامی رو به کاهش گذاشته است. چنین وضعی سبب شد، این انرژی ارزشمندتر و گران‌تر شود.



در چاپ دوم کتاب «پایان کار» که نخستین چاپ آن در سال ۱۹۹۵ م منتشر شده بود، درباره‌ی جایگاه فناوری و آینده‌ی آن داد سخن می‌دهد.

کتاب «دوران دسترسی» که در سال ۲۰۰۰ م منتشر شده بود، تغییرات گسترده‌ی نظام سرمایه‌داری را از بازار جغرافیایی تا شبکه‌های تجارت الکترونیک و از تولید صنعتی به تولید فرهنگی، مورد بحث قرار می‌دهد. کتاب «قرن بیوتک» در سال ۱۹۹۸ م منتشر شده و به مسائل پیچیده‌ی تجارت ژنتیک در دوران کنونی می‌پردازد. این کتاب پر شمارگان‌ترین کتاب در زمینه‌ی تکامل بیوتکنولوژی در جهان است.

جرمی ریفکین دارای مدرک اقتصاد و نیز مسائل بین‌الملل است. در مجامع دولتی، تجاری، کارگری و شهری، و نیز در ۳۰ سال گذشته در بیش از ۲۰۰ دانشگاه در ۲۵ کشور سخنرانی کرده است. او برای روزنامه‌های بزرگی هم چون «گاردین» در انگلستان، «دی زودویچه زایتونگ» در آلمان و «لوسوار» در فرانسه، «ناک» در بلژیک، «اسپرسو» در ایتالیا، «ال پاییس» در اسپانیا، «اینفورماسیون» در دانمارک، «هوسپودارسک نوین» در جمهوری چک، «ورت» در لوکزامبورگ، «استی پاولت» در استونی، «ترود» در بلغارستان، «کلارین» در آرژانتین و «الاتحاد» در امارات متحده‌ی عربی، ستون ماهانه می‌نویسد.

ریفکین بنیانگذار و رئیس بنیاد راهکارهای اقتصادی است که مقرر آن در واشنگتن دی سی است و اثرهای اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و فرهنگی فناوری‌های نوین را بر اقتصاد جهانی بررسی می‌کند.

تماشای هر شب جنگ خلیج فارس در تلویزیون، و مشاهده‌ی شعله‌ور شدن میلیون‌ها بشکه نفت گران بها در هفته‌ها و ماه‌ها، به ما یادآوری می‌کند که چگونه دنیای جدید به این سوخت گران بها وابسته شده است. حتی همان زمانی که ذخایر انرژی ثابت بود، وضع قوانین برای جلوگیری از اتلاف انرژی لازم شد. این قوانین توجه ما را به خطوط قرمز بنای مدرنیته جلب کرد.

انرژی مصرف شده در صدها سال سوختن سوخت‌های فسیلی، به شکل گازهای گلخانه‌ای در بیوسفر جمع شد و خصوصیات بیوشیمی زمین را تغییر داد. تغییر اقلیم سبب ذوب پوشش یخی قطب و در نتیجه، بالا آمدن سطح آب دریا در سراسر دنیا و زیر آب رفتن بعضی از جزیره‌ها، فرسایش خطوط ساحلی و نوسان‌های شدید آب و هوا می‌شود. این تغییرات، برای بعضی‌ها فرصت‌های جدیدی به همراه می‌آورد، درحالی‌که برای بعضی دیگر به معنی از دست دادن محل زندگی است. کاهش سوخت‌های فسیلی و افزایش آلودگی‌های حاصل از مصرف چنین سوخت‌هایی، مدنیت را به سمت جست و جو برای رویکردهای جانشین و جدید در برداشت انرژی از طبیعت می‌کشاند.

واقعیت این است که ما در مرز پایان دوره‌ی سوخت‌های فسیلی هستیم که دوره‌ی صنعت از آن شکل گرفته است؛ اما بنا نیست که دوره‌ی صنعت در عرض دو هفته، یک نسل و یا حتی تا ابد از بین برود. اکنون ادعاهای این دوره برای آینده، پشت سر گذاشته شده است؛ اما همانند دوره‌ی تاریخی اقتصاد که هنوز هم هست، باقی خواهد ماند. دوره‌ی اقتصاد، مرحله‌ی پایانی عصر آتش را مشخص می‌کند. براساس گفته‌ی لوئیس مام‌فورد<sup>۲</sup> آتش برای نسل بشر نور، قدرت و گرما سه نیاز اساسی برای بقا را فراهم کرد. مام‌فورد نتیجه می‌گیرد که فن به کارگیری آتش، موفقیت منحصر به فرد انسان است. نسل بشر توانست، دنیای بی‌جان طبیعت را با استفاده از آتش ذوب کند و آن را برای مصارف بی‌شمار شکل دهد.

زندگی صنعتی به طور فزاینده‌ای نسبت به مخلوقات دیگر روی زمین که نمی‌توانند خود را با این محیط دست‌ساخته‌ی انسان تطبیق دهند، نامهربان شده است. ازدیاد جمعیت، قطع درختان، چّرا و گسترش زمین‌های کشاورزی، سبب از بین رفتن جنگل‌ها در حجم عظیم و گسترش پدیده‌ی بیابان‌زایی شده است. این فرایند سبب محو بسیاری از گونه‌های حیات و تهدید تنوع زیستی زمین شده است که برای منابع غذایی، فیبر و دارو به آن نیاز داریم و وابسته هستیم. براساس تخمین‌هایی که زده می‌شود، سرعت انقراض گونه‌ها در عصر دایناسورها، یک گونه در هر هزار سال بوده است. تا اوایل دوره‌ی صنعت، هر ده سال یک گونه نابود می‌شد، ولی امروزه در هر ساعت، سه گونه از دست می‌دهیم!

بنابراین نسل بشر، به طور هم‌زمان با سه بحران مواجه است: کاهش تدریجی ذخایر غیرقابل برگشت انرژی، تولید گازهای گرم‌کننده زمین و کاهش مداوم تنوع زیستی. در چنین ورطه‌ی خطرناکی است که رویکردی انقلابی برای سازمان‌دهی زمین شکل می‌گیرد؛ رویکردی که تاکنون دست‌نیافتنی به نظر می‌رسید و به طور اساسی، ارتباطات انسان با جهان را عوض می‌کند.

### بستر جدید

تغییرات اقتصادی بزرگ در طول تاریخ هنگامی روی می‌دهند که نیروهای فناوری و اجتماعی با هم، «بستر کارکردی» جدیدی خلق کنند. هفت استاندارد برای شکل‌گیری بستر کارکردی قرن زیست‌فناوری وجود دارند. این استانداردها چارچوب کاری اقتصادی جدید را خلق می‌کنند:

- توانایی تفکیک، شناسایی و نوترکیبی ژن‌ها، خزانه‌ی ژنی را برای اولین بار به شکل یک منبع خام اولیه برای فعالیت‌های اقتصادی آینده، در دست‌رس قرار داد. DNA نوترکیب و زیست‌فناوری‌های دیگر، دانشمندان و شرکت‌های زیست‌فناوری را توانمند ساخت تا بتوانند منابع ژنتیک را برای مقاصد اقتصادی خاص، تعیین محل و دست‌ورزی کنند و از آن‌ها بهره‌برند.

- اختصاص جوازی به ژن‌ها و لاین‌های سلولی کشف‌شده، بافت‌ها، اندام‌ها و جانوران مهندسی ژنتیک‌شده و هم‌چنین به فرایندهای استفاده‌شده برای عوض کردن آن‌ها، نوعی مشوق اقتصادی برای کاربرد منابع جدید است.

- جهانی شدن اقتصاد و تجارت، بذرپاشی دوباره‌ی بیوسفرزمین با مخلوقات آزمایشگاهی را امکان‌پذیر کرده است. در واقع، یک طبیعت زیست‌صنعتی ساختگی، برای جانشینی شیوه‌ی تکاملی طبیعت، طراحی شده است. صنعت جهانی علوم زیستی، به صورت قدرتی وحشی و بی‌سابقه در سراسر منابع وسیع زیستی زمین ظاهر شده است. زمینه‌های علوم زیستی از کشاورزی گرفته تا پزشکی، زیر چتر عظیم شرکت‌های «زیست»، در بازار زیست‌فناوری یکی می‌شوند.

- ترسیم نقشه‌ی تقریباً صد هزار ژن تشکیل‌دهنده‌ی ژنوم انسان، پیشرفت‌های جدید در غربال‌گری ژنتیک، شامل تراشه‌های DNA، اصلاح ژن‌های جسمی (سوماتیک) و امیدهای قریب‌الوقوع در مهندسی ژنتیک تخمک‌ها، اسپرم‌ها و سلول‌های رویانی انسان، راه را برای تغییر کلی گونه‌ی انسان و تولید نوعی تمدن به‌نژادی شده‌ی اقتصادی هموار می‌کند.

- مطالعات علمی جدید درباره‌ی پایه‌های ژنتیک رفتار انسانی و جامعه‌شناسی زیستی جدید که طبیعت را از تربیت برتر می‌داند،

محتوایی فرهنگی برای پذیرش همگانی زیست‌فناوری‌های جدید فراهم کرده است.

- رایانه، رسانه‌ای سازمان‌دهنده و ارتباطی، برای مدیریت اطلاعات ژنتیک سازمان‌دهی اقتصادی با ماهیت زیست‌فناوری، فراهم کرده است. پژوهشگران سراسر دنیا از رایانه‌ها برای کشف، بارگیری، فهرست کردن و سازمان‌دهی اطلاعات ژنتیک بهره می‌گیرند و مغازه‌ای جدید برای سرمایه‌ی ژنتیک و استفاده از آن در عصر زیست‌صنعتی ایجاد می‌کنند. فناوری‌های رایانه و ژنتیک با هم الحاق و به یک واقعیت قدرتمند فناوری تبدیل می‌شوند.

- یک تفسیر جهان‌شمول جدید درباره‌ی تکامل، با برداشتی از طبیعت که با فرضیه‌های کارکردی فناوری‌های جدید و اقتصاد جدید جهانی سازگار است، دژ نوداروینی را به چالش کشیده است. ایده‌های جدید درباره‌ی طبیعت، با طرح این موضوع که راه‌های جدید سازمان‌دهی اقتصاد جامعه، مبتنی بر تقویت اصول طبیعت و کارکردهای آن هستند؛ چارچوب قابل دفاعی برای شروع قرن زیست‌فناوری فراهم می‌کنند.

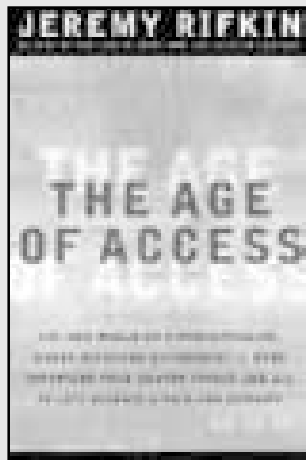
ژن‌ها، زیست‌فناوری‌ها، امتیازها، صنعت جهانی علوم زیستی، غربال‌گری ژن انسانی، جریان‌های جدید فرهنگی، رایانه‌ها و تئوری‌های اصلاح‌شده درباره‌ی تکامل، همراه با هم دوباره‌سازی دنیای ما را آغاز کرده‌اند.

### ژن‌های جداسازی شده و نوترکیب

بستر کارکردی جدید، در دهه‌ی ۱۹۵۰ هنگامی شکل گرفت که زیست‌شناسان راه‌های مکان‌یابی و تعیین کروموزوم‌ها و ژن‌ها را کشف کردند. بافت‌شناسان راه‌های جداسازی کروموزوم‌ها از سلول‌ها را در میانه‌ی دهه‌ی ۱۹۵۰م آزمایش کردند. جری بی‌شاپ<sup>۳</sup> و میکائیل والدهولز<sup>۴</sup> درباره‌ی اهمیت ابزار سیتوژنتیک در کتابشان به نام «ژنوم» نوشته‌اند: «ژنتیک‌دانان برای اولین بار توانستند، بین ناهنجاری‌های کروموزومی و بیماری‌های ژنتیک در انسان ارتباط برقرار کنند.»

نتیجه‌ی این کار، تولد «علم جدیدی از ژنتیک پزشکی بود که مطالعه‌ی بیماری‌های ژنتیک انسانی را در هر دو سطح بیمار و کروموزوم دربر می‌گیرد.»

دکتر تورب یورن<sup>۵</sup>، کاسپرسن<sup>۶</sup> و دکتر لِر زک<sup>۷</sup>، در سال ۱۹۶۸ فرایندی را برای تعیین کروموزوم‌ها اختراع و دری را به سوی رسم نقشه‌ی ژن‌ها باز کردند. محققان نسبت‌های متفاوت هریک از چهار نوع نوکلئوتید را یافتند و پس از آن، ماده‌ی شیمیایی «اکریدین کوریناکرین موستارد» را پیدا کردند که با استفاده از تمایل آن با باز گوانین، کروموزوم را با آن رنگ می‌کنند.



از ریفکین کتاب «Entropy: A New World View» را دکتر محمود بهزاد ترجمه و در سال ۱۳۷۵ ش با عنوان «جهان در سراسیمه سقوط»، توسط انتشارات سروش منتشر کرده است.

### کتاب‌های جرمی ریفکین

1. 2004, *The European Dream: How Eurpoe's Vision of the Future Is Quietly Eclipsing the American Dream*, Jeremy P. Tarcher, ISBN 1-58542-345-9.
2. 2002, *The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth*, Jeremy P. Tarcher, ISBN 1-58542-193-6.
3. 2000, *The Age Of Access: The New Culture of Hypercapitalism, Where All of Life Is a Paid-For Experience*, Putnam Publishing Group, ISBN 1-58542-018-2.
4. 1998, *The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remaking the World*, J P Tarcher, ISBN 0-87477-909-X.
5. 1995, *The End Of work: The Decline Of The Global Labor Force And The Dawn Of The Post-Market Era*, Putnam Publishing Group, ISBN 0-87477-779-8.

کروموزوم رنگ آمیزی شده با این ماده، در برابر فرابنفش، الگوی نقاط روشن و تیره را که منعکس کننده ی غلظت های کم و زیاد بازگوانین است، نشان می دهد. کاسپرسن توانست با استفاده از تکنیک جدید الگوی نواریندی، کروموزوم های افراد انسان را مشخص کند. رنگ های دیگری نیز پس از آن تا میانه ی دهه ی ۱۹۷۰ تولید شدند. محققان تناوب الگوی نواری های کروموزوم هاو ارتباط آن ها را با صفات خاص ژنتیکی و بیماری های ژنتیک یافتند. آن ها در اولین کارگاه بین المللی درباره ی ترسیم نقشه ی ژن<sup>۷</sup>، ۵۰ ژن نقشه کشی شده ی جدید را گزارش کردند. در آن زمان فقط نقشه ی ۱۵۰ ژن برای بعضی کروموزوم ها رسم شده بود. به هر حال تا سال ۱۹۸۶، نقشه ی بیش از ۱۵۰ ژن برای کروموزوم های خاص، رسم شد. یک سال پس از آن، یک شرکت کوچک<sup>۸</sup> زیست فناوری و محققان یک مؤسسه<sup>۹</sup>، تکمیل اولین نقشه ی ژنتیک انسان را گزارش کردند.

دپارتمان انرژی ایالات متحده ی امریکا (DOE)، یک پروژه ی دولتی بلندپروازانه را در همان سال، برای تعیین توالی همه ی سه میلیارد جفت باز A، G، C و T سازنده ی ژنوم انسانی، پیشنهاد کرد. «مؤسسه ی ملی سلامت»<sup>۱۰</sup> (NIH)، علاقه ی خود را به ترسیم نقشه ی ژنوم انسانی و راه اندازی یک دفتر تحقیقات ژنوم انسانی با فعالیت NIH درباره ی نقشه ی ژنوم انسان، و DOE درباره ی توالی یابی ژن، برای پیوستن به نیروهای چند میلیارد دلاری پروژه ی ژنوم انسانی، اعلام کرد. دولت های دیگر نیز پروژه هایی برای ژنوم انسانی تعریف کردند و ماجراجویان اقتصاد خصوصی، تنگاتنگ با آن ها، جای پای خود باز کردند.

هم چنین، پروژه های ژنوم برای گیاهان، میکروارگانیسم ها و گونه های جانوری، تأسیس شد. اکنون صدها میلیون دلار در سراسر دنیا، به طور مداوم برای تحقیق درباره ی مکان یابی، نام گذاری و تعیین ژن ها و عملکردهای آن ها در انواع مخلوقات فرمانروهای زیستی، خرج می شود. مقادیر عظیم داده های ژنتیک، مربوط به گیاهان، جانوران و نسل بشر، به عنوان ماده ی خام قرن زیست فناوری، در حال جمع آوری و ذخیره شدن در بانک های ژنتیک است.

روش های جدید جداسازی، تعیین و ذخیره ی ژن ها با انبوهی از تکنیک های جدید برای دست ورزی و انتقال ژن ها همراه می شوند. DNA نو ترکیب، از دشوارترین ابزارهای جدید است. استانی کوهن<sup>۱۱</sup> از دانشگاه استنفورد و هربرت بویر<sup>۱۲</sup> از دانشگاه کالیفرنیا، در سال ۱۹۷۳ کاری برجسته در دنیای ماده ی زنده انجام دادند. بعضی معتقدند که اهمیت آن به قدری است که با مهار آتش، رقابت می کند. این دو محقق گزارش کردند که با قطعات جدا شده ی

DNA، از دو جاندار غیر خویشاوند که نمی‌توانند در طبیعت با هم جفت‌گیری کنند، DNA نوترکیب ایجاد کردند. اکتشافات سریع دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، DNA نوترکیب را که حاصل تقریباً ۳۰ سال تحقیق بود، به عنوان یک تکنیک به اوج رساند.

DNA نوترکیب نوعی ماشین دوخت و دوز زیستی است که از آن می‌توان برای کوک زدن مواد ژنتیک جانداران غیرخویشاوند، استفاده کرد. کوهن جراحی DNA نوترکیب را به چندین مرحله تقسیم می‌کند. آغازگر، یک تیغ جراحی از نوع شیمیایی است. این تیغ، آنزیمی محدوده‌کننده<sup>۱۳</sup> است و برای جدا کردن مولکول‌های DNA، مثلاً انسانی، از آن استفاده می‌شود. وقتی DNA به قطعاتی بریده شد، یک قطعه‌ی کوچک از مواد ژنتیک که ممکن است شامل یک ژن یا تعداد کمی ژن در طول هم باشد، جدا می‌شود. سپس از آنزیم محدودکننده‌ای برای برش پلاسمید-قطعه‌ی کوتاهی از DNA در باکتری‌ها-استفاده می‌شود. هر دو قطعه‌ی DNA انسانی و پلاسمید، در نتیجه‌ی فرایند برش، انتهای چسبنده تشکیل می‌دهند. سپس انتهای هر دو قطعه‌ی DNA به هم متصل می‌شوند و ماده‌ی ژنتیکی تشکیل می‌دهند که از دو منبع است.

سرانجام از پلاسمید تغییر یافته، برای حمل DNA به درون سلول میزبان که معمولاً یک باکتری است، استفاده می‌شود. وقتی باکتری پلاسمید را جذب کرد، آن را به‌طور بی‌پایان دوبرابر می‌کند و نسخه‌های یکسانی از کایمر جدید تولید می‌کند. این DNA کلون شده نامیده می‌شود. فرایند DNA نوترکیب چشم‌گیرترین ابزار فناوری در بین ابزار و تجهیزات زیست‌فناوری است. تکنیک‌های جدید برای شناسایی و دست‌ورزی ژن‌ها، اولین مسیر در بستر کارکردی قرن زیست‌فناوری هستند. اکنون بعد از هزاران سال، ذوب کردن، جوشکاری، چکش کاری و سوزاندن مواد بی‌جان برای خلق اشیای مفید، در حال برش دادن، نوترکیب کردن، وارد کردن و وصل کردن مواد زنده به هم، برای مقاصد اقتصادی هستیم.

ما از دوره‌ی استفاده از آتش به سمت دوره‌ی زیست‌فناوری در حال حرکتیم. سرعت اکتشافات حقیقتاً فوق‌العاده است. تخمین زده می‌شود که حجم دانش زیست‌شناسی در حال حاضر، هر پنج سال دوبرابر می‌شود و مقدار اطلاعات در زمینه‌ی ژنتیک نیز هر ۲۴ ماه به دو برابر افزایش می‌یابد. کارایی و سرعت در قلب انقلاب جدید مهندسی ژنتیک نهفته است. امروزه تولید طبیعت و برنامه‌های بازیافت را برای جمعیت روبه‌رشد انسانی مناسب نمی‌دانند. به همین منظور باید راه‌های جدیدی برای مهندسی نقشه‌های ژنی میکروب‌ها، گیاهان و جانوران یافت شود تا تغییر شکل آن‌ها به محصولات اقتصادی و مفید، سرعت یابد؛ مثلاً مهندسی نقشه‌ی ژنی یک درخت که سریع‌تر بالغ شود و یا باز طراحی اطلاعات ژنتیک

غلات برای افزایش محصول آن‌ها.

شاید گفته شود، بشر از زمانی که کشاورزی را در اوایل دوره‌ی نوسنگی، در زندگی پیشه‌ی خود کرد، به افزایش کمیت و سرعت تولید منابع زیستی علاقه‌مند بوده است. ما بیش از ده میلیون سال در حال اهلی کردن، زادگیری و دورگه‌گیری جانوران و گیاهان بوده‌ایم، اما همیشه قیدهای طبیعی حاصل از مرزهای بین‌گونه‌ای، در انجام این کارها مانع ما بوده‌اند؛ اگرچه طبیعت گاهی به ما اجازه داده است که مرزهای بین‌گونه‌ها را به‌طور محدودی برهم‌زنیم؛ اما دورگه‌های جانوری معمولاً نازا هستند و هیبریدهای گیاهی نیز زادآوری نمی‌کنند.

مهندسی ژنتیک از محدودیت‌های گونه‌ای می‌گذرد. این فناوری جدید، دست‌ورزی ماده‌ی زنده را نه در سطح گونه، بلکه در سطح ژن انجام می‌دهد. از این به بعد واحد عمل‌کننده، جاندار نیست، بلکه ترجیحاً ژن است. در ادامه، سه نمونه از تغییر چشم‌گیری را که مهندسی ژنتیک در ارتباط با طبیعت به وجود می‌آورد، شرح می‌دهیم:

\* **الف برینستر<sup>۱۴</sup>**، از دانشکده‌ی دامپزشکی دانشگاه پنسیلوانیا، ژن‌های انسانی هورمون رشد را در سال ۱۹۸۳ به درون رویان‌های موش وارد کرد. ژن‌های انسانی در موش‌ها، بیان شدند و این موش‌ها تقریباً دوبرابر موش‌های معمولی رشد کردند. این **آبرموش‌ها** ژن‌های هورمون رشد انسانی را به زاده‌های خود منتقل کردند. اکنون نژادی از موش وجود دارد که ژن‌های هورمون رشد انسانی، جزء ژنتیک آن‌ها شده است و نسل به نسل در آن‌ها بیان می‌شود.

\* **کار مشابه و برجسته‌ای در اوایل سال ۱۹۸۴ در انگلستان انجام شد.** دانشمندان، سلول‌های رویان یک بز و یک گوسفند را همجوش کردند. رویان‌های همجوشی شده را درون یک جانور دیگر قرار دادند. نتیجه‌ی آن کایمر بز-گوسفند بود. این کایمر اولین مثال از ترکیب دوگونه‌ی جانوری غیرخویشاوند در تاریخ بشر است.

\* **دانشمندان در سال ۱۹۸۶، ژنی را که در کرم شب‌تاب سبب تولید نور می‌شود، به درون ژنوم گیاه تنباکو وارد کردند.** برگ‌های تنباکو درخشان شدند.

این نتایج هرگز، حتی با مجرب‌ترین تکنیک‌های زادگیری، به دست نمی‌آمد. به‌هرحال در آزمایشگاه‌های زیست‌فناوری، امکانات لازم برای انجام نوترکیبی، تقریباً بدون محدودیت وجود دارد. فناوری‌های جدید ژنتیک ما را قادر می‌سازند، مواد ژنتیک را در سراسر مرزهای طبیعی ترکیب کنیم و همه‌ی حیات را تا حد مواد شیمیایی با قابلیت دست‌ورزی، کاهش دهیم. این شکل جدید دست‌ورزی زیستی درک ما از طبیعت و ارتباط ما با آن را تغییر

6. 1992, *Beyond Beef: The Rise and Fall of the Cattle Culture*, E. P. Dutton, ISBN 0-525-93420-0.

7. 1992, *Voting Green: Your Complete Environmental Guide to Making Political Choices In The 90's*, with Carol Grunewald Rifkin, Main Street Books, ISBN 0-385-41917-1.

8. 1991, *Biosphere Politics: A New Consciousness for a New Century*, Crown, ISBN 0-517-57746-1.

9. 1990, *The Green Lifestyle Handbook: 1001 Ways to Heal the Earth* (edited by Rifkin), Henry Holt & Co, ISBN 0-8050-1369-5.

10. 1987, *Time Wars: The Primary Conflict In Human History*, Henry Holt & Co, ISBN 0-8050-0377-0.

11. 1985, *Declaration of a Heretic*, Routledge & Kegan Paul Books, Ltd, ISBN 0-7102-0709-3.

12. 1983, *Algeny*, Viking Press, ISBN 0-670-10885-5.

13. 1980, *Entropy: A New World View*, with Ted Howard (afterword by Nicholas Georgescu-Roegen), Viking Press, ISBN 0-670-29717-8.

14. 1979, *The Emerging Order: God in the Age of Scarcity*, with Ted Howard, Putnam, ISBN B0006DCHX4.

15. 1978, *The North Will Rise Again: Pensions, Politics And Power in the 1980s*, with Randy Barber, Beacon Press, ISBN 0-8070-4787-2.

16. 1977, *Own Your Own Job: Economic Democracy For Working Americans*.

17. 1977, *Who Should Play God? The Artificial Creation of Life and What It Means for the Future of the Human*, with Ted Howard, Dell Publishing Co., ISBN 0-440-19504-7.

18. 1973, *How to Commit Revolution American, Style*, with John Rossen, Book Sales, ISBN 0-8184-0041-2.

می دهد.

بشر نگاه به حیات را از دیدگاه یک شیمی دان شروع کرده است. اکنون به جاندار و گونه توجه نداریم. علاقه‌ی ما به طور فزاینده‌ای متوجه هزاران رشته‌ی اطلاعات ژنتیک است که نقشه‌های ژنی موجودات زنده را می‌سازند. با توانایی‌های تازه کشف شده برای تعیین، ذخیره و دست‌ورزی نقشه‌های ژنی جانداران زنده که ماهیت شیمیایی دارند، نقش جدیدی در طرح طبیعی جانداران می‌انگاریم. بشر برای اولین بار در تاریخ، مهندس حیات خود شده است و برنامه‌ریزی دوباره‌ی رمزهای ژنتیک جانداران زنده را متناسب با احتیاجات فرهنگی و اقتصادی، و آرزوهایش آغاز کرده است.

### بازسازی جهان

امروزه صدها مؤسسه‌ی مهندسی زیستی برای انقلاب زیست فناوری گام برمی‌دارند. پیشگامان دومین انقلاب بزرگ فناوری در تاریخ دنیا، نام‌هایی مانند «آم‌جین»<sup>۱۵</sup>، «ارگانوجنیز»<sup>۱۶</sup>، «جین‌زیم»<sup>۱۷</sup>، «کال‌جین»<sup>۱۸</sup>، «مایکوجین»<sup>۱۹</sup> و «مای‌راید»<sup>۲۰</sup> هستند. تعداد فراوانی از شرکت‌های مهم نیز اعتباراتی به این تحقیقات زیست فناوری داده‌اند.

تقریباً در همه‌ی زمینه‌های علوم زیستی، راهنماها در حال طراحی و شکل‌گیری‌اند. در کنار آن، ساختن تجهیزات به طور وسیع، در شتاب است و افراد جدیدی استخدام می‌شوند. همه‌ی این‌ها، در شتابی جنون‌آمیز برای معرفی یک تجارت جدید ژنتیک به دنیای اقتصاد و آماده کردن تمدن بشری برای مزه کردن اولین میوه‌های عصر زیست فناوری، انجام می‌گیرد. حدود ۱۳۰۰ شرکت زیست فناوری، فقط در ایالات متحده با منافع سالانه‌ی حدود ۱۳ میلیارد دلار و بیش از صدهزار کارمند، وجود دارد. همه‌ی این‌ها فقط در اولین دهه از انقلاب فناوری روی داده‌اند و این موج به زودی چندین کشور را در برمی‌گیرد.

رابرت اف کارل<sup>۲۱</sup>، شیمی دان برنده‌ی جایزه‌ی نوبل از دانشگاه رایس، در یک سخنرانی علمی بیان کرد: «قرن بیستم قرن فیزیک و شیمی بود، اما روشن است که قرن آینده، قرن زیست‌شناسی است.» محققان صنعت معدن، در حال تشکیل میکرو ارگانسیم‌های جدیدی هستند که می‌توانند، جانشین ماشین‌های استخراج معدن شوند. استفاده از میکروارگانسیم‌ها برای استخراج فلزات از معدن‌هایی که عیار پایینی دارند، رویکرد اقتصادی تری در استخراج، خالص‌سازی و فراوری این فلزات است. این انتظار وجود دارد که صنعت معدن در آینده، به طور فزاینده‌ای به سمت تصفیه‌ی زیستی با استفاده از میکروارگانسیم‌ها، گرایش یابد. استفاده از میکروارگانسیم‌ها، راه اقتصادی تری برای استفاده از معادن عیار

پایین و هم چنین ضایعات معدنی است که معمولاً دور ریخته می‌شوند. تحقیقات در حال حاضر، روی طراحی میکرو ارگانسیم‌هایی متمرکز است که می‌توانند گاز متان معادن را که یکی از منابع اصلی انفجار معدن است، مصرف و آن را حذف کنند. محققان در جست‌وجوی منابعی برای جانشینی ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی‌اند. دانشمندان امیدوارند، با انجام کارهایی روی محصولات حاضر، مانند نیشکر، بتوانند سوختی برای اتومبیل تولید کنند. آن‌ها به امید حذف استفاده از سوخت‌های فسیلی، به سمت تولید سوخت‌های زیستی گام برداشته‌اند. اخیراً نیز سوبه‌ای از باکتری «ای کولای»<sup>۲۲</sup> را تولید کرده‌اند که بقایای کشاورزی، زباله‌های جامد شهری و ضایعات کاغذ را به اتانول تبدیل می‌کند. دانشمندان صنایع شیمیایی، درباره‌ی جانشین شدن منابع تجدید شدنی تولید شده توسط میکروارگانسیم‌ها و گیاهان، به جای نفت که سال‌هاست ماده‌ی خام اولیه برای تولید پلاستیک است، گفت‌وگو می‌کنند. یک شرکت انگلیسی، سوبه‌هایی از باکتری تولید کرده است که پلاستیک تولید می‌کنند. پلاستیکی که این باکتری‌ها تولید می‌کنند، به طور صددرصد به طریق زیستی تجربه می‌شود و در همان مصارف پلاستیک حاصل از نفت قابل استفاده است.

دکتر کریس سامرویل<sup>۲۳</sup>، مدیر زیست‌شناسی گیاهی مؤسسه‌ی کارنگی در واشینگتن، در سال ۱۹۹۳ یک ژن سازنده‌ی پلاستیک را وارد گیاه خردل کرد. این ژن، گیاه را به کارخانه‌ی پلاستیک‌سازی تبدیل می‌کند. ارتش ایالات متحده برای ساختن ابریشم، ژن‌هایی را وارد باکتری‌ها می‌کند. این ژن‌ها مشابه ژن‌هایی هستند که توانایی ساختن تار را به عنکبوت‌ها می‌دهند. ابریشمی که عنکبوت می‌سازد، جزء الیاف قوی شناخته شده است. دانشمندان امیدوارند که باکتری‌های تولیدکننده‌ی ژن ابریشم را درون ظرف‌های صنعتی رشد دهند و از آن‌ها در صنایع هواپیمایی تا جلیقه‌های ضد گلوله، استفاده کنند.

زیست‌فناوری را به شکل یک ابزار کلیدی در پاکیزگی محیط‌زیست نیز می‌بینند. نسل جدیدی از جانداران مهندسی ژنتیک شده در حال تولیدند تا از آن‌ها برای تبدیل مواد سمی به مواد بی‌خطر استفاده کنند. یک مؤسسه‌ی تحقیقات ژنومیک، موفق به توالی‌یابی میکروبی شده است که می‌تواند، مقادیر عظیم رادیواکتیو را جذب کند.

سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون تن مواد خطرناک، فقط در آمریکا تولید می‌شود. هزینه‌ی پاک‌سازی جایگاه‌های این زباله‌های سمی، اکنون بیش از ۱۷ تریلیون تخمین زده می‌شود. صنایع به این نتیجه رسیده‌اند که پاک‌سازی زیستی، یکی از صنایع روبه‌رشد در قرن

زیست‌فناوری است. شرکت‌های جنگلداری هم به سمت علوم جدید گرایش یافته‌اند، به این امید که ژن‌هایی بیابند تا با ورود به درختان، رشد سریع‌تر، مقاومت بیش‌تر در برابر بیماری‌ها، و تحمل بهتر خشکی، سرما و گرما را به درختان بدهند. دانشمندان اخیراً ژن مربوط به آنزیمی را که اطلاعات مربوط به سلولز را در گیاه کنترل می‌کند، جداسازی کردند. آن‌ها امیدوارند، این آنزیم را طوری ارتقا دهند که درختان سلولز بیش‌تری در دیواره‌ی سلولی داشته باشند و به این ترتیب، به کارایی بیش‌تری در صنایع کاغذسازی و تولید خمیرکاغذ برسند.

دانشمندان در حوزه‌ی کشاورزی، مشغول مهندسی ژنتیک محصولات زراعی جدید هستند؛ گیاهان زراعی که بتوانند نیتروژن را به طور مستقیم از هوا جذب کنند و دیگر به کودهای پتروشیمی متکی نباشند. آن‌ها در حال انجام آزمایش‌هایی درباره‌ی انتقال ویژگی‌های مطلوب ژنتیک از یک گونه به گونه‌ی دیگر هستند، تا از این طریق، ارزش غذایی گیاهان را بهبود بخشند و بازده آن‌ها را افزایش دهند. هم‌چنین، به دنبال یافتن ژن‌هایی هستند که گیاهان را در برابر ویروس‌ها و آفات مقاوم، و با زمین‌های خشک یا نمکی سازگار کنند. هدف همه‌ی این کارها، بهبود محصولات کشاورزی و بالا بردن سرعت ورود آن‌ها به بازار است. بیش از سه چهارم محصول پنبه‌ی آلاباما از نوع مهندسی ژنتیک شده است که حشرات را می‌کشد. کشاورزان ایالات متحده، سویای مهندسی ژنتیک شده را در سال ۱۹۹۷ در بیش از هشت میلیون هکتار و ذرت مهندسی ژنتیک شده را در بیش از ۳/۵ میلیون هکتار، کاشتند.

اولین حشره‌ی مهندسی ژنتیک شده، یک کنه‌ی شکارچی است که در سال ۱۹۹۶ در فلوریدا رها شد. محققان دانشگاه فلوریدا، امیدوارند که این کنه، کنه‌هایی را بخورد که به توت‌فرنگی‌ها و محصولات کشاورزی دیگر آسیب می‌رسانند. گروهی از دانشمندان دانشگاه کالیفرنیا علاقه‌مندند که یک ژن کشنده را وارد پروانه‌ای کنند که هر سال میلیون‌ها دلار به مزارع پنبه خسارت می‌زند. ژن کشنده در زاده‌ها فعال می‌شود و پروانه‌های جوان را قبل از این که به پنبه آسیب بزنند، و جفت‌گیری و تولید مثل کنند، می‌کشد.

چندین شرکت زیست‌فناوری در حال کار در زمینه‌ی جدیدی از تحقیقات مربوط به کشت بافت گیاهی هستند، با این هدف که تولید محصولات کشاورزی را از محیط بیرون به محیط‌های داخلی هدایت کنند. تولید وانیل در ظرف‌های آزمایشگاهی، نمونه‌ای از این نوع تحقیقات است؛ بدون این که به گیاه، خاک، فعالیت‌های کشت و برداشت، و کشاورز نیازی باشد (استخراج ژن مربوط به مسیر متابولیک وانیل از گیاه و رشد آن درون باکتری).

مثال دیگر، تولید پنبه به این روش است که به دلیل استریل بودن

محیط، پنبه‌ی تولید شده، قابل استفاده برای ساختن تنظیف‌های استریل است.

تغییرات در حال انجام در دنیای کشاورزی، با تغییرات انقلابی در زمینه‌ی دامداری همراه است. محققان در حال خلق ابرجانوران مهندسی ژنتیک شده‌اند که ویژگی‌های بهبود یافته‌ای برای تولید غذا دارند. خلق جانوران ترانسژنیک که نقش کارخانه‌های شیمیایی تولید کننده‌ی دارو و یا بانک اندام برای پیوند را دارند، از دیگر زمینه‌های فعالیت این دانشمندان است.

گوسفند مهندسی ژنتیک شده‌ای در استرالیا تولید شده است که ۳۰ درصد سریع‌تر رشد می‌کند. در حال حاضر، محققان در تلاش‌اند که ژن‌هایی را به درون آن انتقال دهند که سبب تسریع رشد پشمش شود.

شرکت «جین‌زیم ترانسژنیک»<sup>۲۴</sup>، تولد گریس<sup>۲۵</sup> را در بهار ۱۹۹۶ اعلام کرد. گریس یک بز ترانسژنیک بود که ژن مربوط به تولید BR-۹۶ را حمل می‌کرد. BR-۹۶ یک آنتی‌بادی مونوکلونال است که از آن برای حمل داروهای ترکیبی ضدسرطان استفاده می‌شود. دانشمندان امیدوار بودند که گریس تا یک سالگی بتواند بیش از یک کیلوگرم داروی آزمایشی ضدسرطان تولید کند. جین‌زیم هم چنین در حال انجام تحقیقاتی درباره‌ی تولید یک بز ترانسژنیک است که بتواند آنتی‌ترومبین تولید کند. آنتی‌ترومبین نوعی داروی ضدانعقاد خون است. شرکت‌هایی مانند جین‌زیم امیدوارند که از طریق تولید دام‌های ترانسژنیک شده، داروها را با نصف قیمت تولید کنند. تولید گوساله‌ی ترانسژنیک که شیر آن کیفیت شیر انسانی را دارد و یا خوک‌های ترانسژنیک که هموگلوبین انسانی را تولید می‌کنند، نمونه‌هایی از تلاش محققان در تبدیل جانوران به کارخانه‌های تولید مواد دارویی و درمانی هستند.

هنگامی که یان ویلموت<sup>۲۶</sup>، جنین‌شناس ۵۲ ساله‌ی اسکاتلندی، تولد اولین پستاندار کلون‌شده را در ۲۲ فوریه‌ی ۱۹۹۷ اعلام کرد، فناوری جدید کشاورزی یک گام به واقعیت اقتصادی آن نزدیک‌تر شد. این پستاندار، گوسفندی به نام «دالی»<sup>۲۷</sup> بود. تولد دالی واقعه‌ای مهم در دوره‌ی نوظهور زیست‌فناوری بود. اکنون تولید انبوه نسخه‌های یکسان از پستانداران که از هم و منشأ اصلی غیرقابل تشخیص‌اند، امکان‌پذیر است. دومین گوسفند شبیه‌سازی شده به نام «پُلّی» مدت کوتاهی بعد از آن تولد یافت. این گوسفند یک ژن انسانی دلخواه را در رمز زیست‌شناخت خود حمل می‌کرد. دست‌ورزی ژنتیک و شبیه‌سازی، به دانشمندان امکان تولید انبوه و تولید جانوران دلخواه را می‌دهد. شرکت‌های تجاری کشاورزی، دارویی، بهداشتی و شیمیایی برای هر دو منظور «تولید انبوه» و «جانوران دلخواه»، در تلاش‌اند.

صنایع گوشت به شبیه‌سازی علاقه‌مندند تا بتوانند جانورانی با ویژگی‌ها و کیفیت مطلوب، براساس استانداردهای صحیح داشته باشند. شبیه‌سازی جانوران برای استفاده از آن‌ها به منظور تأمین اندام برای پیوند به انسان‌ها، یک تجارت اقتصادی در قرن زیست‌فناوری خواهد شد. شرکت‌های زیست‌فناوری مانند «نکسترن»<sup>۲۸</sup> و «آلکسیون»<sup>۲۹</sup> علاقه‌مندند که ژن‌های انسانی را وارد سلول‌های رویان جانوران کنند تا از این جانوران، به عنوان منبع اندام‌های پیوندی که سازگاری بیش‌تری با ژنوم انسانی دارند و کم‌تر پس‌زده می‌شوند، استفاده کنند.

شرکت نکسترن در اولین مرحله از آزمایش‌های پزشکی برای آزمون سودمند بودن استفاده از کبد خوک شبیه‌سازی شده است تا به بیمارانی کمک کند که از کارافتادگی کبد دارند. افرادی که از کارافتادگی حاد کبدی دارند، به پیوند کبد نیاز دارند. پزشکان با استفاده از کبد خوک، تا زمان پیدا شدن دهنده‌ی مناسب، به بیمار کمک می‌کنند تا زنده بماند. تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۱۰ بیش از ۴۵۰ هزار نفر در سراسر دنیا، از مزایای پیوندهایی که منشأ آن‌ها جانوران شبیه‌سازی شده است، بهره‌مند شوند. به نظر می‌رسد، ارزش بازار این صنعت جدید اندام به بیش از شش میلیارد دلار افزایش یابد.

زیست‌فناوری در صنایع شیلات هم، منافع زیادی به همراه خواهد داشت. محققان دانشگاه «هپ‌کینز»، ژن ضدیخ‌زدگی را از نوعی ماهی پهن به درون رمز ژنتیک ماهی خاردار و قزل‌آلا، افزودند. این ژن به قزل‌آلا کمک می‌کند تا تحمل بیش‌تری نسبت به آب‌های سرد داشته باشد و به این ترتیب فرصت‌های اقتصادی جدیدی برای ماهی‌گیران در اقلیم‌های شمالی‌تر، فراهم می‌آید. بیش‌تر تحقیقات زیست‌فناوری انجام شده در دریا، روی تولید ماهی‌های دلخواه و تولید انبوه با استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی متمرکزند.

میلیون‌ها نفر در حال حاضر از داروهای مهندسی ژنتیک شده برای درمان سرطان، ایدز و انواع سکت‌ها استفاده می‌کنند. انسولین انسانی مهندسی ژنتیک شده، استفاده از مشتقات گاوی و خوک‌ی این هورمون را برای بیش از ۳/۴ میلیون نفر آمریکایی مبتلا به دیابت، حذف کرده است. اریتروپوئیتین مورد استفاده برای بیماران دیالیزی؛ پلاسمامینوزن بافتی که لخته‌های خونی را حل می‌کند؛ آوانکس و بتاسرون، اینترفرون‌های مورد استفاده در درمان MS؛ و پالموزیم، نوعی «DNase» برای درمان گرفتگی شش‌ها در بیماری فیروستیک؛ نمونه‌هایی از داروها و فراورده‌هایی هستند که به طریق مهندسی ژنتیک تولید می‌شوند.

دانشمندان درباره‌ی راه‌های جدیدی برای تغییر خصوصیات

ژنتیک حشرات ناقل بیماری‌های خطرناک تحقیق می‌کنند. آن‌ها می‌خواهند این حشرات را به حشرات بی‌ضرر تبدیل کنند. «محققان مؤسسه ملی آلرژی و بیماری‌های مسری»<sup>۳۰</sup> با انجام آزمایش‌هایی، پشه‌های مهندسی ژنتیک شده‌ای تولید کرده‌اند که غده‌های بزاقی آن‌ها تغییر یافته است. این پشه‌ها هنگام نیش زدن به انسان، نمی‌توانند انگل مالاریا را منتقل کنند. دانشمندان مدعی هستند، بعضی از تحقیقاتی که آن‌ها با مدل‌های جانوری انجام می‌دهند، ممکن است امید تازه‌ای برای درمان بیماری‌هایی بدهند که مدت‌هاست درمان‌ناپذیرند.

تعدادی از محققان دانشگاه جان هاپ کینز در سال ۱۹۹۷، کشف خود را درباره‌ی ژن کنترل‌کننده‌ی رشد سلول‌های ماهیچه‌ای در موش، گزارش کردند. آن‌ها دریافتند که ژن جداشده، پروتئین «میوستاتین»<sup>۳۱</sup> تولید می‌کند. پروتئین مذکور رشد ماهیچه را تنظیم می‌کند. وقتی ژن تنظیم‌کننده حذف می‌شود، موش، ماهیچه‌ای تر رشد می‌کند. محققان این ژن را از سلول‌های رویان موش حذف کردند. اولین زاده‌ها، دو برابر ماهیچه‌ای تر بودند و ماهیچه‌های آن‌ها در محل شانه‌ها بزرگ و در قسمت لگن پهن تر بود. محققان امید دارند که این تحقیق گامی در جهت برنامه‌ریزی برای درمان‌های جدید در بیماری‌های وابسته به ماهیچه‌ها، مانند تحلیل ماهیچه‌ای و بیماری‌هایی که ضایعات ماهیچه‌ای به دنبال دارند، مانند ایدز و سرطان، باشد.

حیرت‌آورتر از آن، گزارش یک گروه تحقیقاتی ژاپنی در می ۱۹۹۷ است. این گروه اعلام کرد که یک کروموزوم کامل انسانی را به درون رمز ژنتیک موش پیوند زده است؛ گرچه بیش‌تر دانشمندان انجام این کار را غیرممکن می‌دانند.

گروه ژاپنی به سرپرستی کازوما تومی زوکا<sup>۳۲</sup> در یوکوهاما، سلول‌های پوست انسان را به همراه کروموزوم‌هایش به سلول‌های رویان موش وارد کردند. بعضی از سلول‌های رویان موش، کروموزوم‌های ۱۴ و ۲۲ انسانی را حمل می‌کنند که ژن‌های مربوط به آنتی‌بادی‌های انسانی را دارند. محققان این سلول‌های رویان را درون موش ماده کاشتند. زاده‌های این موش در برابر پروتئین‌های خارجی، آنتی‌بادی‌هایی با جزء انسانی تولید کردند. دانشمندان سال‌هاست که DNA را به درون جانوران وارد می‌کنند، اما این DNA کوچک است، در حالی که کروموزوم انسانی وارد شده به درون موش، تقریباً نزدیک به هزاران ژن را حمل می‌کرد.

### تغییر شکل انسان

بعضی از شرکت‌های زیست‌فناوری تلاش خود را روی مهندسی بافت و تولید اندام‌های انسانی، متمرکز کرده‌اند. بیمارستان‌ها در

حال حاضر از پوست مصنوعی استفاده می‌کنند که در آزمایشگاه‌ها کشت و رشد داده می‌شود.

محققان اکنون امیدوارند که از مرزهای پیوند بافت و اندام‌گذر کنند و به دوره‌ی تولید اندام بروند. آن‌ها در مراحل آزمایشی تولید شش، کبد، قلب و پانکراس از سلول‌های انسانی هستند. گروهی از محققان در یک بیمارستان «کودکان» در بوستون، در حال رشد مثانه‌ی انسانی در ظرف شیشه‌ای هستند. این گروه تحقیقاتی، سلول‌های مثانه‌ی پسر بچه‌ی ۱۰ ساله‌ی بیماری را در یک داربست پلاستیکی که شبیه مثانه است، قرار دادند. سلول‌ها در این قالب، در یک ظرف آزمایشگاهی رشد کردند. به این گروه اجازه داده شد، این مثانه را به کودک بیمار منتقل کنند. به این ترتیب اولین پیوند حاصل از اندام مهندسی بافت، در سال ۱۹۹۸ شکل گرفت. آنزیم‌های بدن بیمار، داربستی را که سلول‌ها روی آن رشد کرده‌اند، تخریب می‌کند و یک مثانه‌ی انسانی فعال در بدن پسر بچه باقی می‌ماند. این گروه تحقیقاتی، هم‌چنین در تلاش‌اند تا کلیه‌های انسانی را در ظرف‌های آزمایشگاهی رشد دهند.

محققان پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۰۲۰، با استفاده از دستاوردهای این زمینه‌ی جدید، ۹۵ درصد بخش‌های بدن انسان قابل‌جانشینی با اندام‌های رشد یافته در آزمایشگاه باشند. بافت‌های مهندسی ساخته‌شده در قرن آینده، جانشین پروتزهای پلاستیکی و فلزی خواهند شد که در استخوان‌ها و مفاصل‌ها به کار می‌روند. این پیوندهای زیستی، با بافت‌های اطراف یکی می‌شوند و مشکلاتی مانند آلودگی و سست شدن اتصال در محل نصب پروتز را خواهند داشت. محققان امیدوارند، روزی فراسد که بتوانند، اندام‌های پیچیده‌تری مانند دست را در داربست‌هایی از جنس پلی‌مر و متناسب با فرد بیمار رشد دهند.

مقاومت بافت عصبی در برابر بازتولید، مانع کار دانشمندان است. هنوز کسی نتوانسته است سلول‌های عصبی انسان را رشد دهد، اما بیش‌تر دانشمندان می‌دانند که در این زمینه کار می‌کنند اطمینان دارند، این سد در آینده‌ی نزدیک خواهد شکست. تاکنون تغییرات زیست‌شناسی مولکولی، تأثیری بزرگ‌تر از غربالگری ژنتیک و ژن‌درمانی نداشته است. پروژه‌ی ژنوم انسان با اعتبار دولتی سه میلیارد دلار، برای طراحی نقشه‌ی کامل ژنوم انسان به تعداد تقریبی صد هزار ژن، تصور ما را از بیماری‌ها و رویکردهای درمانی برای مراقبت‌های بهداشتی، دوباره تعریف کرده است. دانشمندان امیدوارند، ژن یا ژن‌های مسبب بیش از چهار هزار بیماری ژنتیک انسانی را جداسازی و شناسایی کنند. آن‌ها امیدوارند، به فهم بهتری از چگونگی عملکرد ژن، خاموش و روشن شدن آن و تعامل ژن با محیط در ایجاد بیماری، برسند. در حال حاضر، برای بسیاری از

بیماری‌های رایج ژنتیک، تست‌های غربالگری ژنتیک وجود دارد و محققان انتظار دارند که در کم‌تر از یک دهه بتوان، یک فرد را برای بیش از هزاران بیماری ژنتیک آزمایش کرد. به علاوه، آن‌ها در حال تحقیق درباره‌ی ناهنجاری‌های چندژنی مؤثر بر خوی، رفتار و شخصیت هستند.

تراشه‌های DNA، فناوری انقلابی جدید هستند که به پزشکان امکان به تصویر کشیدن ژنوم سازنده‌ی فرد و تهیه‌ی گزارش مفصل را از پیش‌بینی‌های مربوط به ژنتیک، فراهم می‌کنند. تراشه‌های DNA از هزاران قطعه‌ی متفاوت DNA که در یک تراشه‌ی سیلیکونی جای گرفته‌اند، ساخته می‌شوند. این قطعه‌ها، کارت‌های شناسایی متفاوت ژنتیک هستند و پزشکان با استفاده از آن‌ها می‌توانند، بیماری‌های احتمالی و حتمی فرد را مشخص کنند.

اکنون آزمون‌های غربالگری برای سرطان پستان، بیماری هانتینگتون<sup>۳۳</sup>، سندرم دان<sup>۳۴</sup>، بیماری X شکسته<sup>۳۵</sup>، سیستمیک فیبروز<sup>۳۶</sup>، تی ساکس<sup>۳۷</sup>، بیماری گوچر<sup>۳۸</sup> و کم‌خونی سلول داسی شکل<sup>۳۹</sup> وجود دارد. اکنون رسم نقشه‌ی ژنی و توالی‌یابی ژنوم انسان، با اولین کوشش برای درمان ژنی در بیماران انسانی، همراه شده است. دانشمندان در طول شش سال گذشته، ژن‌های خارجی را در کوشش برای اصلاح تعدادی از ناهنجاری‌های ژنتیک، به درون صدها بیمار وارد کردند. گرچه گفته می‌شود که تاکنون هیچ‌یک موفقیت‌آمیز نبوده است، اما دانشمندان امیدوارند، افزایش دانش ژنوم و کارایی آن سبب شود که ژن‌درمانی، به رویدادی فراگیر در قرن زیست فناوری تبدیل شود.

در حال حاضر، از ژن‌درمانی برای درمان سرطان، و پارکینسون استفاده می‌شود. همه‌ی درمان‌ها تاکنون بر مبنای سلول‌های بدنی موجود بوده‌اند، اما بعضی از دانشمندان، اکنون به دنبال تصحیح ناهنجاری‌های ژنتیک در مرحله‌ی سلول زایشی هستند. گروهی از محققان در اوهایو در آوریل ۱۹۹۷ اعلام کردند که اولین کروموزوم مصنوعی انسانی را ساخته‌اند. این موفقیت جدید، روزی ممکن است به پزشکان امکان بدهد که وراثت ژنتیک انسان‌ها را تغییر دهند و با بیماری‌ها را با قرار دادن اطلاعات ژنتیک درون سلول، درمان کنند.

محققان دو نوع DNA طبیعی و ساختگی را در آزمایشگاه با هم ادغام کردند. DNA ساختگی از روی سانترنومر ساخته شده بود. سپس DNA جدید را به درون سلول‌های در حال رشد که در ظرف‌های آزمایشگاهی قرار داشتند، تزریق کردند که به طور خودتجمعی، درون کروموزوم‌ها جا گرفت. ژن‌هایی که روی کروموزوم‌های ساختگی قرار داشتند، بیش از شش ماه بعد از این که سلول والد، بیش از ۲۴۰ بار تقسیم شده بود، به عملکرد خود در

سلول‌های دختر ادامه دادند. آن‌چه که کروموزوم‌های ساختگی انسانی را در هر دو جنبه‌ی فناوری پزشکی و محصول اقتصادی ارزشمند می‌سازد، این است که نوعی توان پیش‌بینی را با خود می‌آورد.

اکنون دانشمندان باید ژن را به درون ویروس وارد کنند و سپس از ویروس به شکل یک حامل برای وارد کردن ژن به درون کروموزوم‌های سلول بهره‌گیرند. البته با این روش، دانشمندان هرگز نمی‌توانند بفهمند که آیا کروموزوم این ژن را گرفته است یا خیر، و یا ژن دقیقاً در چه قسمتی از کروموزوم قرار می‌گیرد. اما با استفاده از کروموزوم‌های ساختگی، هر ژن دقیقاً در محل خودش روی کروموزوم قرار می‌گیرد و ماهیت تصادفی تکنیک‌های موجود ژن‌درمانی، حذف می‌شود. کروموزوم‌های ساختگی امکان‌ات نامحدودی برای تبدیل ساختار ژنتیک سلول‌های بدنی و سلول‌های دودمان زایشی فراهم می‌آورند.

لقاح در لوله‌ی آزمایشگاه یکی از پیشرفت‌های زیست فناوری است. تولد اولین کودک حاصل از IVF در سال ۱۹۷۸، آغاز دوره‌ای جدید در تولیدمثل انسان را اعلام کرد. امروزه IVF در سراسر جهان انجام می‌شود و ده‌ها هزار کودک به این روش به وجود می‌آیند. پیش‌بینی می‌شود که تعداد این کودکان در طول یک دهه به صدها هزار هم برسد.

بسیاری از مراکز درمانی، استفاده از رویان‌های منجمد شده را شروع کرده‌اند. این کار تنش‌های حاصل از مصرف مداوم محرک‌های تخمک‌گذاری را حذف می‌کند. بعضی از دانشمندان اکنون به فکر انتقال دوران رشد جنینی از رحم مادر به آزمایشگاه هستند. آن‌ها می‌گویند که رحم‌جایی تاریک، وحشتناک و خطرناک است. بچه‌هایمان باید جایی رشد کنند که دیده شوند و به این ترتیب تا حدی که امکان دارد، از آن‌ها حفاظت شود.

جین‌روستند<sup>۴۰</sup>، زیست‌شناس فرانسوی و برنده‌ی جایزه‌ی نوبل معتقد بود که خلق رحم ساختگی، حتمی است. امروزه محققان در آزمایشگاه‌های سراسر دنیا در تلاش برای به واقعیت رساندن پیش‌بینی روستند هستند؛ به طوری که بعضی معتقدند، زمان مورد نیاز برای عملی کردن این پیش‌بینی، به کم‌تر از یک دهه وقت نیاز دارد. لانگر و واکانتی<sup>۴۱</sup> در «ساینس‌فیک امریکن» در سال ۱۹۹۵ می‌گویند: مانع اصلی بر سر راه رشد رویان در خارج از رحم انسانی، این است که شش‌ها نارس هستند و رویان‌ها نمی‌توانند در هوا تنفس کنند. به این ترتیب، این دو استفاده از یک رحم ساختگی پر از مایع و استریل را پیشنهاد می‌کنند.

حداقل یک دانشمند می‌گوید که می‌تواند کلون‌های انسانی بدون سر را در رحم‌های ساختگی، در اوایل قرن آینده رشد دهد. از

نمی توان گرفت که آن‌ها در این اشتیاق و تعصب، از درس‌های تاریخ غافل اند یا این که در بیانیه‌های عمومی خود صادق نیستند.

مهندسی ژنتیک، تسلط بشر را بر نیروهای طبیعت چنان گسترش می‌دهد که شاید صرف نظر از بمب هسته‌ای، هیچ مشابهی در طول تاریخ نداشته باشد. می‌پنداریم که با فناوری ژنتیک توارث‌های ژنتیک حیات را در اختیار داریم. اما آیا هیچ فرد منطقی، حتی یک لحظه باور می‌کند که چنین نیروی بی‌نظیر و بی‌سابقه‌ای، هیچ تهدید اساسی و قابل توجهی همراه نداشته باشد؟

زیرنویس

1. Phoenix
2. Lewis Mumford
3. Jerry Bishop
4. Michael Waldholz
5. Torbjorn O. Caspersson
6. Lore zech
7. این کارگاه در ژانویه ۱۹۷۳ در دانشگاه ییل در New Haven ایالت Connecticut برگزار شد.
8. Collaborative Research Inc. در بدفورد ماساچوست.
9. MIT'S Whitehead Institute
10. National Institutat of Health
11. Stanly Cohen
12. Herbert Boyer
13. Restriction enzyme
14. Ralph Brinster
15. Amgen
16. Organogenesis
17. Genzyme
18. Calgene
19. Mycongen
20. Myriad
21. Robert F Curl
22. Ecoli
23. Chris Sommerville
24. Genzyme Transgenics
25. Grace
26. Ian Wilmut
27. Dolly
28. Nextran
29. Alexion
30. National Institute of Allergy and Infectious Diseases
31. Myostatin
32. Kazuma Tomizuka
33. Huntigton's Disease
34. Down Syndrome
35. Fragile X Syndrome
36. Cystic Fibrosis
37. Tay-Sachs
38. Gaucher's Disease
39. Sickle-Cell Anemia
40. Jean Rostand
41. Langer & Vacanti
42. Jonathan Slack
43. Lewis Wolpert

این کلون‌ها می‌توان برای اهدای پیوند به افرادی که کلون‌ها از آن‌ها گرفته شده است، استفاده کرد. دکتر جانانان اسلاک<sup>۲۲</sup>، پروفیسور زیست‌شناسی تکوینی در انگلستان، اکتبر ۱۹۹۷ گزارش کرد که او و همکارانش توانستند، ژن‌های خاصی را در رویان قورباغه دست‌ورزی و آن‌ها را سرکوب کنند و مانع از تشکیل سر، تنه و دم در قورباغه شوند. نتیجه‌ی آزمایش آن‌ها، تولد قورباغه‌ی زنده‌ی بدون سر بود.

اسلاک عقیده دارد، ژن‌های یکسانی، عملکردهای مشابهی در قورباغه‌ها و انسان دارند. این ژن‌ها، امید به رشد قسمت‌های بدن انسان را در یک رحم ساختگی شیشه‌ای، افزایش می‌دهند. او می‌گوید به این ترتیب می‌توان ژن‌ها را به گونه‌ای سرکوب کرد که فقط قلب و گردش خون، به اضافه‌ی آن قسمت‌هایی که می‌خواهید، رشد کنند. در حالی که بعضی از اخلاق‌گرایان با آزمایش دکتر اسلاک مخالفت کردند، تعدادی از زیست‌شناسان به تشویق و تحسین او پرداختند. دکتر لوئیس ولپرت<sup>۲۳</sup>، پروفیسور زیست‌شناسی دانشگاه کالج لندن گفت که تحقیق اسلاک معقول بود و اضافه کرد که: «هیچ موضوعیت اخلاقی وجود ندارد، زیرا کاری نمی‌کنید که به کسی آسیب برسد».

ما در حال بازسازی خودمان و هم‌چنین بقیه‌ی طبیعت هستیم؛ با کم‌ترین آماده‌سازی و حتی کم‌ترین بحث و گفت‌وگو درباره‌ی جایی که این سفر ممکن است به آن ختم شود. به هر حال، روشن است که تصورات و افکار ما در قرن زیست‌فناوری، به طور اساسی تغییر خواهد کرد.

با نیروی جدید دست‌ورزی رمز ژنتیک که در اختیار داریم، دوزنمای جدیدی از امکانات واقعاً نامحدود را پدید آورده‌ایم. تعجبی نیست که دوره‌ی زیست‌فناوری به صورت یک پرش عظیم برای بشر، در حال جلب مشتری است. دانشمندان، سخنگویان شرکت‌ها و رهبران سیاسی، با چنان اشتیاقی محسوسات این فناوری نو را می‌ستایند که حتی شکاکان نیز آماده شده‌اند تا در هیجان کنونی سهیم شوند. اگر تاریخ چیزی به ما آموخته باشد، این است که هر انقلاب فناورانه‌ی نو، منافع و هزینه‌هایی با خودش می‌آورد. هرچه این فناوری قدرت بیش‌تری در دخل و تصرف و به اختیار درآوردن نیروهای طبیعت داشته باشد، بهایی که به دلیل برهم‌زدن و تخریب اکوسیستم‌ها و سیستم‌های اجتماعی (که سبب پایداری حیات می‌شوند) باید بپردازیم، سخت‌تر و سنگین‌تر خواهد بود. به‌ویژه تجربه‌ی اخیر ما درباره‌ی انقلاب‌های پتروشیمیایی و هسته‌ای، بر این واقعیت کهن تأکید می‌کند.

بنابراین، شنیدن سخنان دانشمندان، مدیران شرکت‌ها و سیاستمدارانی که چنین مطلق‌درباره‌ی معجزه‌های بزرگ قرن زیست‌فناوری سخن می‌گویند، دردآورست. نتیجه‌ای جز این