The بنیاد بین المللی تئوری ها و دکترین ها
International Foundation of Theories and Doctrines

گزیده ای از کتاب :

به ژنوم خوش آمدید

نویسنده : رابرت دوسالمایکل یودل

ترجمه: محمدرضا توکلی صابری

انتشارات مازیار

مجموعه گزیده کتب

در باغچه دیر

به مدت دو هزار سال کمی از دانشمندان به فهم ارسطو از ژنتیک دست یافتند. نظریه های دیگری نیز در مورد وراثت در طی این قرون ابراز شد. مانند نظریه آدم کوچولو ـ اعتقاد به این که هر فردی در ابتدا به شکل بسیار کوچکی دریک سلول تولید مثل درست می شود ـ یا نظریه پان اسپرمی نظریه ـ اعتقاد به این که ترشحات سراسر بدن در تولید فرزندان دخالت دارد ـ به مدت درازی غالب بود. ولی پس از آن که راهب اتریشی گرگور مندل نخود در باغچه دیرش پرورش داد همه مفهوم علمی قوانین وراثت را دریافتند. مندل فقط یک راهب پرورش دهنده نخود نبود. او که فرزند یک کشاورز روستایی بود دانشمندی تعلیم یافته در سنت بزرگ روشنگری بود و در بهترین آکادمی ها و دانشگاه های اروپای مرکزی آموزش دیده بود عمر خود را به عشق بین خداوند و علم تقسیم کرد. مندل درسال ۱۸۴۳، در سن ۲۱ سالگی به دیر سنت توماس در برون رفت که اکنون در چکسلواکی واقع است.

مندل در کیسا جامعه ای از دانشمندان ـ گیاه شناس، جانور شناس، وزمین شناس ـ را یافت که با پشتکاری تحسین برانگیز در رشته خود کار می کردند و به نشریات علمی مقالات مهمی می فرستادند. شاید مهم ترین حادثه در اوایل کار مندل ده سال پس از اقامت او در دیرسنت توماس رخ داد. در سال ۱۸۵۱ بر حسب دستور رئیس دیر مندل به دانشگاه وین فرستاده شدتا در موسسه پروفسور کریستین دوپلر یکی از پیشگامان فیزیک جدید به تحصیل بپردازد. مندل به مدت دو سال در موسسه دوپلر مهارت های علمی خود را با گرفتن درس هایی در زمینه فیزیک، شیمی، ریاضیات و نیز حشره شناسی، و فیزیولوژی گیاهی افزایش داد . فیزیک مندل یاد داد که بر جهان طبیعی قوانینی حاکم است و این قوانین را می توان با آزمایش کشف کرد. سرانجام برخورد مندل با بحث و گفتگو ها ی جاری در مورد وراثت بود که او به دانشمندی تبدیل کرد که اکنون می شناسیم.

مندل و کسان پیش از او می دانستند که خصایص می توانند از نسلی به نسل دیگر انتقال یابند. کودکی با چشم هایی شبیه پدر گواه ساده همین بود. پرورش حیوانات اهلی نیز نشان می داد که خصایص به فرزندان منتقل می شند. نظریه غالب در قرن نوزدهم، که حتی چارلز داروین به اشتباه آ» را باور داشت «وراثت مخلوط بود » . بر طبق این نظریه ، خصایص والدین با خصایص فرزندانشان مخلوط می شود. آزمایش در این زمینه موفقیت آمیز نبود ، زیرا مندل سرانجام مندل توانست معلوم سازد که وراثت یک مجموعه نیست بلکه یک رشته خصایص انفرادی است.

در سال ۱۸۵۶ مندل شروع به مطالعه مکانیسم وراثت با آزمایش بر روی انواع گیاه خوراکی از جنس نخود کرد. در جریان این آزمایش ها باغچه او شکوفه کرد، همچنان که درک او از وراثت شکوفا شد. مندل چندین قانون عمومی از این آزمایش ها کشف کرد که هنوز هم بنیان ژنتیک قرن بیستم را تشکیل می دهد. هر دانشجوی زیست شناسی از کارهای مندل آگاه است. این اصول بنیادین که قوانین مندل نام دارند وراثت را با دو مکانیسم سادهتوضیح می دهند. قانون جور شدن مستقل و قانون جدایی.

مندل با نخودهای خالص شروع به آزمایش کرد. یک نژاد گیاه نخود دانه های زرد داشت و نژاد دیگر دانه های سبز. هنگامی که گروه گروه نخود های خالص دانه زرد را با همدیگر می آمیختند، رنگ دانه های آن ها در طی نسل ها همیشه زرد بود.

تحت همین شرایط نخودهای دانه سبز نیز همیشه دانه های سبز تولید می کردند. اما وقتی گروه نخودهای زرد را با نخودهای سبز در هم می آمیخت، اولین نسل این نخود ها همیشه دانه ی زرد داشتند. به نشر می رسید خصیصه سبزی دانه ها ناپدید می شد. مندل خصیصه هایی مانند زردی دانه ها را خصیصه ی غالب نامید، زیرا در اولین نسل حاصل از آمیزش همیشه ظاهر می شدند. خصایصی مانند سبزی دانه ها راخصیصه ی نهفته نامید ـ اگرچه این خصیصه در نسل اول کاملا ناپدید شد ، ولی در نسل دوم دوباره ظاهر می شد. بدین ترتیب هنگامی که مندل گیاهان دانه زرد نسل اول را با گرده های خودش و یا با گرده های گیاهان دانه زرد نسل اول تلقیح کرد متوجه ش کهزادگان آن ها یا نسل دوم دوباره دانه های سبز دارند. مندل نتیجه گرفت که این گیاهان توانایی تولید دانه های سبز را با خود نگه می دارند ـ از دانه های نسل سوم ۶۰۲۲ دانه زرد رنگ و ۲۰۰۱ دانه سبزرنگ بودند. به همین ترتیب هنگامی که او شش خصیصه دیگر را بررسی کرد، همین ترتیب را در نسل دوم دید ـ خصایصی که در نسل غالب و نهفته را در نسل دوم گیاه نخود برای هفت خصیصه ای که مندل آن ها را مطالعه کرد نشان می دهد.

خصیصه غالب

دانه گرد ۵۴۷۴

دانه های زرد ۶۰۲۲

دانه با پوشش خاکستری ۷۰۵

غلاف سبز ۴۲۸

غلاف متورم ۸۸۲

دم دراز ۷۸۷

گلهای محوری ۶۵۱

خصیصه نهفته

دانه های چروکیده ۱۸۵۰

دانه های سبز ۲۰۰۱

دانه با پوشش سسفید ۲۲۴

غلاف زرد ۱۵۲

غلاف جمع شده ۲۹۹

دم کوتاه ۲۷۷

گلهای انتهایی ۲۰۷

مندل از این اطلاعات آزمایشی چندید نتیجه به دست آورد که هسته کمک انقلابی او در نظریه وراثت است. مندل از نسبت ۳ به ۱ ـ غالب به نهفته ـ در نسل دوم نتیجه گرفت که خصایص مورد مطالعه به دو شکل وجود دارند و این شکل هابه طور جفت در گیاه وجود دارند. مندل این شکل ها را عامل نامید. امروزه آن ها را ژن می نامیم. مندل به این نتیجه رسید که در فرآیند تولید سلول های تولید مثل این ژن ها از همدیگر جدا می شوند. یعنی دو نسخه از ژنی که از هر یک از والدین می گیریم از هم جدا می شوند، و در سلول های تولید مثل بعدی فقط نیمی از این جفت به نسل بعدی منتقل می شود. پس از باروری ، یک ژن از هر یک از والدین دوباره آن جفت تشکیل می دهند. جز این چه گونه مندل می توانست توضیح دهد که چرا گیاه نخود دانه زرد در نسل بعدی نخود سبز رنگ تولید می کند؟ در این مورد خصیصه سبزی دانه همانند خصیصه زردی دانه بخشی از گیاه نخود بود، گو این که گاهی این خصیصه پنهان می ماند. مندل هم چنین نتیجه گرفت عواملی که غالب بودند (در ستون راست جدول بالا) هنگامی که در نسل اول این گیاهان با همدیگر آمیزش می کردند، هر دو عامل در آن ها دیده می شد. محاسبات مندل به او اجازه داد تا نسبت بین دو عامل غالب و نهفتهرا به هنگامی که جدا از هم بودند ۳ به ۱ پیش بینی کند. این قانون مندل است، قانون جدایی که بر طبق آن ها ممکن است توسط یک گامت (اسپرم یا تخمک) منتقل شود، و گامت ها به طور اتفاقی با هم ترکیب می شند. بنابر این یک کودک همان قدر شانس به ارث بردن آلل A را دارد که آللB را .

مندل بدون استفاده از ماشین حساب یا کامپیوتر هزاران هزار گیاه را شمرد. از آن مهم تر این که او دودمان گیاهانی را که تمامی مجموعه احتمالی دو تا از هفت خصیصه مورد نظر را داشتند بازسازی کرد. مثلا او نژاد گیاه نخودی را که دانه های زرد و گرد داشت با نژادی که دانه های سبز و چروکیده بودند آمیزش داد. این آمیزش اولین نسل گیاهانی را به وجود آورد که دانه هایشان همه زرد و صاف بودند. ولی هنگامی که این گیاهان نسل اول رابا همدیگر آمیزش داد (خود آمیزشی) با تعجب یک نسبت معمولی بین خصایص موروثی پیدا شد ـ یعنی دانه ای ۹ گیاه زرد و گرد بود، سه گیاه دانه های زرد و چروکیده داشت. سه گیاه دانه های سبز و گرد و یک گیاه دانه های سبز و چروکیده داشت. مندل چنین استدلال کرد که آمیزش نسل اول گیاهان مانند این بود که دو نوع ممکن از هر خصیصه (مثل بافت و رنگ دانه) انتخاب شده و در یک کلاه ریخته شود. طبیعت سپس به طور اتفاقی از درون کلاه ژن ها را انتخاب و با هم ترکیب می کند. اگر چه انتخاب کاملا اتفاقی است، اما نتیجه آن به نحو قابل ملاحظه ای نسبت منظمی است ـ یعنی ۹:۳:۳:۱ . نتیجه این مشاهدات را اکنون قانون دوم مندل، قانون مجموعه مستقل ، می نامند. یعنی اگر دو خصیصه (ژن) با کنترل کننده های (آلل) متفاوتی کنترل می شوند، نسل های بعدی با ترکیب اتفاقی در بین نسل های بعدی توزیع می شود.

مندل یا بسیار خوش شانس بود و یا بسیار حساس ، زیرا معلوم شده است که تعداد کروموزوم های نخود هفت تاست. تمام هفت خصیصه ای را که او برای نمایش قانون جور شدن مستقل باتوجه به یکدیگر بررسی کرد، هیچ یک را نمی توان به هم مربوط کرد ـ یعنی هیچ یک از آن ها نمی تواند روی همان کروموزوم باشد (یا در مورد یکی از خصیصه هایی را که او آزمایش کرد، آن ها باید در فاصله ای دور از همدیگر در روی همان کروموزوم باشند). مندل می باید به دقت مراقب نخودهایش می بوده. شاید همچنان که علف های هرز باغچه اش را بیرون می آورده الگوی جدایی را تشخیص داده و بدین ترتیب آزمایش خود را با انتظار مبتنی بر معرفت به عنوان یک زیست شناس متخصص نخود انجام داده است. یا شاید او با دیدگاهی انتخابی به داده های خود نگریسته و فراموش کرده نسل هایی را که از نسبت ۳:۱ و ۹:۳:۳:۱ تبعیت نکرده بودند ثبت کند. درهر حال نتایج آزمایش های او رد نشده است.

مندل در ۶ ژانویه ۱۸۸۴، تقریبا ۲۰ سال پس از انتشار بررسی مهم اش بر روی نخود در گذشت. اگرچه اهمیت کارهای مندل هنوز پابرجاست ، اهمیت پژوهش های او به عنوان یک دانشمند و خدمتگزار خداوند توسط همکارانش شناخته شد. اگر مندل در انتخاب

نشریه برای انتشار یافته هایش خوش شانس تر بود، شاید زمان حیات مشهور شده بود، اما او یک نشریه علمی گمنام را انتخاب کرد و شهرتی در ژنتیک نیافت (زندگی در دیر نیز به این جریان کمک کرد.) اگر چه هم عصرانش به پژوهش های او درباره نخود اشاره داشتند، اما احتمالا معانی ژرف تر آن را که بعدها بنیان نظریه وراثت گشت، درنیافتند. یکی از دانشمندان همکار مندل زمان خود بود که خود را «تقریبا به طور انحصاری وقف پژوهش های علمی طبیعی مفصل کرد و در طی آن یک شیوه تفکر کاملا مستقل و یگانه را نمایش داد.» متاسفانه ۱۶ سال دیگر از مرگ مندل گذشت تا جهان به عظمت پژوهش های او پی برد.

بی توجهی به کارهای مندل را می توان به این علت دانست که در نیمه قرن نوزدهم پس از انتشار کتاب منشاء انواع داروین توجه شدیدی نسبت به نظریه تکامل انواع ابراز شده بود. کتاب داروین فقط ۶ سال پیش از نظریه مندل منتشر شده بود با این وجود توجه عمومی را تا قرن بیستم جلب کرده و باعث شد که نظریه مندل به آرامی به کناری نهاده شود.

بنا به نظری ارنست مایر «کشف دوباره» کارهای مندل در سال ۱۹۰۰ تا حدی به علت «توجه روزافزون نسبت به مسئله وراثت بود». شگفت آن که در بهار همان سال سه گیاه شناس به نام خای هوگو دو وری، کارل کورنس، و اریش شرمارک همگی ادعا کردند که قوانین وراثت را کشف کرده اند. به زودی آن ها دریافتند که متاسفانه کارهای مندل شبیه کارهایشان است و ۳۵ سال پیش از آنها انجام شده است. در دهه های بعدی قوانین جدایی و جور شدن مستقل مندل بر روی گونه ای بسیار متفاوتی آزمایش شد.

طبیعت / سرشت

ما گاهی می شنویم که مردم چنین چیزهایی می گویند «خلاقیت در خانواده ما موروثی است» یا «من این کمر درد را به ارث بردم» یا تمام زنان خانواده ما بیشتر از ۸۰ سال عمر می کنند. » غالبا برای اشخاص این سوال پیش می آید که خصایص، استعداد ها یا بیماری های خود را چگونه کسب می کنند. ژن هایی را که از والدین خود به ارث می بریم رشد بدن و طرز کار آن را هدایت می کنند. محل زندگی ، کاری که می کنیم، و محیط زیست فردی ما که از درون زهدان آغاز می شود، نیز نقش مهمی در تعیین سرشت ما دارد. تغذیه ، ورزش، و آموزش فقط چند عامل موثر بر روی بهداشت و رفتار ما هستند. مثلا دوقلوهای همانند با وجودی که ژن های همانندی دارند اما به علت عوامل مربوط به محیط زیست، شخصیت، ناتوانی، مهارت و گاهی ظاهر متفاوتی پیدا می کنند.

پژوهشگران دارند بین ژن ها خصوصیات انسانی مانند پیری، اعتیاد، و حساسیت به بیماری ها، ارتباطی پیدا میکنند. اگر چه در بیشتر موارد ژن های ما سرنوشت نهایی ما نیستند. در عوض ما محصول واکنش بین ژن ها و محیط زیست خود هستیم، یعنی طبیعت و سرشت. ریچارد لوونتین زیست شناس تکاملی دانشگاه هاروارد این واکنش را یک مارپیچ سه گانه می بیند و اظهار می دارد که ارگانیسم محصول یک «واکنش بی مانند بین ژن هایی است که با خود دارد» و محیط زیست خارجی که زندگی خود را در آن می گذراند» و واکنش های ملکولی اتفاقی درون هر سلول.» اگر ما فردیت خود را به این روش دریابیم، ممکن نیست که ژن ها را به عنوان تنها دارو سرنوشت خود توصیف کنیم. اگر چه ژن ها می توانند بر زندگی ما اثر بگذارند و می گذارند، فقط بخشی هستند از آنچه ما را می سازند.

یکی از خطرهای انقلاب ژنومیک این است که بعضی ها ممکن است به قدرت ژنتیک برای شفادهی و توضیح دیدگاه های بحث انگیز همیشگی در مورد سرشت انسان ایمان بی جعت پیدا کنند. به طور مطمئن ژنومیک بیماری ها را درمان خواهد کرد و فهم ما را از این که کیستیم روشن خواهد کرد، اما در نهایت توهم این که ژن ها بسیار قدرتمند و بسیار روشنگر هستند، گمراه کننده است. و این نوع

ایمان به ژنتیک نیز نتایجی در برداشته است. در سه دهه اول قرن بیستم در آمریکا جنبش به ـ نژادی برای نتایجی در برداشته است. در سه دهه اول قرن بیستم در آمریکا جنیش مورد نظم و رفتار اجتماعی انسان را ترویج می کرد. در دوران آلمان نازی «جنبش به ـ نژادی باعث عقیم سازی چند هزار نفر شد و به برنامه های ضد سامی بهمرگی و سرانجام اردوگاه های مرگ منجر شد.»

لازم نیست که تبعیض ژنتیکی آن قدر افراط گرایانه باشد که نتایج زیانباری داشته باشد. آرتور جنسن روانشناس آموزشی در دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۶۹ اظهار داشت که تفاوت های نژادی در هوش یا بهره هوشی (iq) موروثی است. بنابر این کوشش های آموزشی برای بالا بردن میزان بهره هوشی بیفایده است. نظریه های جنسن در سه دهه گذشته نقش موثری در شکل دهی بحث های مربوط به اولویت های آموزشی داشته است، با وجودی که مدارک واضح نشان می دهد که نژاد و هوش ارتباطی با ژنتیک ندارند.

نظریه های زیست جامعه شناسی و روانشناسی تکاملی چارچوب جدیدی را برای تبعیض ژنتیکی فراهم می آورند. زیست جامعه شناسان تکاملی ادعا می کنند که «مشخص ترین سیمای رفتار انسانی توسط انتخاب طبیعی تکامل یافته است و در تمام گونه ها توسط ردیف های معینی از ژن ها زیر فشار است.»

در هر حال ، جبر باوری ژنتیکی زیست جامعه شناسان و روانشانسان تکاملی ، همانند نظریه های نژادی، از در نظر گرفتن آنچه بیشتر دانشمندان علوم طبیعی و علوم اجتماعی سالهای زیادی است که به آن اعتراف دارند غافل مانده اند: بهترین روش فهم رفتارهای پیچیده انسانی نظری تهاجم، میل جنسی، و اخلاقیات به حساب آوردن‌ها به عنوان امور مشروط فرهنگی و تاریخی است تا پدیدهای زیست شناسی مجرد. علاوه بر آن، پروژه ژنوم نشان می دهد که پیچیده ترین خصایص و بیماری ها را نمی توان با تک ـژن ، تک ـ خصیصه توضیح داد و این دارد سبب تغییر زنان ژنتیک می شود در حالی که قبلا بسیاری از دانشمندان در مورد ژن مربوط به یک خصیصه یا بیماری معین سخن می گفتند امروزه در عوض آن سهم ژنتیک در آن سخن می گویند.

تشخیص درست فرکانس نت های موسیقی و اعتیاد، نقش ژن ها را در رفتار های پیچیده انسانی به نمایش می گذارد فکر این که برای مهارت خارق العاده اعجوبه ها موسیقی یک عامل ژنتیک باید در میان باشد بسیار اغوا کننده است، اما تا کنون دانشمندان نتوانسته اند ژن مربوط به استعداد موسیقی را نشان بدهند. یک مورد استثنا تشخیص درست فرکانس نت های موسیقی است: تحقیقات نشان می دهد که توانایی«شناسایی فرکانس یک نت به سرعت، به دقت و بدون یاری از یک آهنگ مرجع» موروثی است. خواننده جاز الافیتز جرالد این استعداد تشخیص فرکانس ها را داشت که در یک نفر از ۱۰۰۰۰امریکایی وجود دارد. اما طبیعت به کنار، تما موسیقیدان های مشتاق به آموزش و تمرین نیاز دارند، و کسانی که استعداد تشخیص فرکانس ها را دارند نیازمند آموزش در عوان کودکی هستند تا این استعداد کم یاب را پرورش دهند. کودکان احتمالا این استعداد را در سن ۶ سالگی به هنگام شروع آموزش موسیقی پیدا می کنند.

اعتیاد مثال دیگری از نقش ژن ها در رفتار انسان و رابطه بین طبیعت و سرشت را فراهم می آورد. بررسی ها نشان می دهد که در سراسر جهان بین یک نفر از هر ۳ نفر تا یک نفر از هر پنج نفری که از هروئین استفاده می کنند به آن معتاد می شود. مدارک نشان می دهند که اعتیا در عین بیماری محیطی بودن ، بیماریی است با سهم ژنتیکی بسیار مهم و اثر های فیزیولوژیک بر روی ساختار مغز. هر یک از این اجزا در اعتیاد به هروئین نقش مهمی را در جریان این بیماری بازی می کنند. تاثیر محیطی، که ممکن است به شکل یک استرس در مرحله ای از زندگی باشد، می تواند انگیزه ای شود که به مصرف هروئین بکشاند. تاثیر ژنتیک به نظر می رسد که مربوط باشد به شیوه واکنش هروئین با گیرنده های اوپیوئید مو که گیرنده های تنظیم کننده در سطح سلول های مغز هستند و نقشی در تولید اثر های نشئه آور دارو دارند. بررسی های اخیر نشان داده اند که تغییرات ژنتیک در ژن گیرنده های اورپیوئید مو بر واکنش

شخص نسبت به هروئین اثر می گذارند. سرانجام پژوهش ها نشان داده اند که استفاده از هروئین می تواند به طور دائم سبب تغییر فیزیولوژی مولکولی، بیوشیمی، نور و شیمی، فیزیولوژی سلولی و فیزیولوژی رفتاری شود.

تا این اواخر اعتیاد یک رفتار منحرف و یا اختلال شخصیتی محسوب می شد. اما پژوهش های چند دهه گذشته نشان داده است که «اعتیاد بیماری مغز است.» با این حال، این موضوع لزوما به این معنی نیست که کسی که به خودش مواد مخدر تزریق کرد و سپس به آن اعتیاد پیدا کرد به علت نیازهای ژنتیک نهانی خودش تزریق کند، سپس باید یک نوع آسیب پذیری ژنتیک یا وابسته به محیط زیست داشته باشد تا به آن معتاد شود. این شبکه پیچیده محیط زیست، ژن ها و ارگانیسم به خوبی نشان می دهد که چقدر سخت است که بر تاثیر یکی از این عوامل بر روی بیماری بیشتر از عوامل دیگر تاکید کنیم. مجموعه همه این عوامل راه های مهمی را در کوشش های جاری پژوهشگران برای درمان بیماری اعتیاد به هروئین تشکیل می دهد.

به ـ نژادی در عصر ژنومیک

چیزی که ناظران انقلاب ژنومیک را بسیار می ترساند چشم انداز دستکاری ژنتیک خصایص انسان و تغییر جهت تکامل انسان از طریق ایجاد ایجاد تغییراتی در ژن های آن است. باچنین ابزاری انسان ممکن است خود طبیعت وجود ما را کنترل کند، یعنی انسان بودن را به چالش فراخواند و شاید روزگاری نظاره گر خلقت مجدد خودمان شویم. اگر تکنولوژی برای انجام چنین چیزهایی را بتوان تهیه کرد، چه چیزی ما را از انجام آن باز می دارد؟ لی سیلور زیست شناس ملکولی دانشگاه پرینستون معتقد است که در آینده دستکاری ژنتیک انسانیت را به دو گونه جدید مجزا می کند: زیاد، مقاومت به بیماری ها، و توانایی ورزشی عالی تر تقویت شده اند و انسان های طبیعی یعنی آنها یی که به همان سرنوشت «عادی» دستکاری نشده خود رها شده اند. اگر چه چنین پدیده ای ممکن است مانند افسانه های علمی به نظر بیاید اما سیلور می گوید که استفاده از این تکنولوژی ها «اجتناب ناپذیر است» و نمی توان آن را «توسط دولت ها، جوامع، و حتی دانشمندانی که آن ها را به وجود آوردند کنترل کرد.» از همه اینها گذشته، چه کسی نمی خواهد بهترین چیزهایی را که دانش و پزشکی می تواند به آن ها و فرزندانشان ارائه کند داشته باشد؟

اما آنچه در این تعریف از آینده گریزناپذیر ما از قلم افتاده است این است که در این نمایشنامه افسانه علمی که اجرا می شود همگی ما بازیگر هستیم. علم و تکنولوژی توسط خودشان ایجاد نمی شوند: آن ها محصول اندیشه و هوش انسان هستند. نباید فکر کنیم که اگر به طریقی آنها را خطرناک تشخیص دادیم، نمی توان آن ها را مطیع یا متوقف کرد. لئون کاس متخصص اخلاق زیستی این نگرانی را دارد که «ظاهرا ایجاد تکنولوژی های جدید غالبا نتیجه هیچ گونه تصمیم گیری نبوده است، یا حاصل تصمیم گیری های بسیار کوچک یا ناخودآگاهانه ای بوده است که نمی شد آن ها را تشخیص داد. به نظر می رسد که سرنوشت حاکم است». اگر اجازه دهیم که بعضی تکنوژی های ژنومیک به این جا بیفتند بشریت روزی ممکن است از دستیابی خود به یک تکنولوژی ضروری تاسف بخورد.

در بدترین وضع ممکن، چنین آینده ای ممکن است از مرحله یک جنبش به ــنژاد بگذرد. به همان ترتیبی که طرفداران به ـ نژادی در اوایل قرن بیستم معتقد بودند که تسلط بر وراثت بزرگترین امید بشریت برای بهبود خویش است، جنبش های به ـ نژادی عصر ژنومیک ممکن است تکنولوژی های زمان خود را برای همان منظور به کار بگیرند. اگر زمانی به ـ نژادی منفی با عقیم سازی افراد می خواست آن هایی را که از نظر ژنتیکی ناجور هستند حذف کند، پس همتایانش درعصر ژنومیک ممکن است از طریق آزمون جنین در

آزمایشگاه و سپس انتخاب جنین، که به تشخیص ژنتیکی پیش از لانه گزینی معروف است، یا آزمون ژنومیک پیش از تولد و سپس سقط جنین بخواهند حتی از ورود بعضی اشخاص به مجموعه ژن ها جلوگیری کنند. و اگر به ـ نژادی مثبت با تشویق بعضی افراد به تولید مثل می خواست نسل بعضی از جمعیت های انسان را بهبود بخشد، پس در عصر ژنومیک مردم به دنبال تقویت ژنتیک بعضی خصایص هستند تا با ژن درمانی انفرادی یا تغییر دائمی درسلول های جنسی انسان را «بهبود» بخشد.

اکنون مشاوره ژنتیکی، نمونه برداری از مایع آمنیون و سایر روش های تشخیص ژنتیکی پیش از زایمان به والدینی که احتمال داشتن فرزندانی با نقایص مادرزادی و بیماری های ژنیتک مهلک را دارند کمک می کند تا تصمیمی آگاهانه در مورد ادامه آبستنی یا سقط جنین بگیرند. بر خلاف ترس بسیاری از منتقدین سقط جنین ، روش های تشخیص ژنتیکی فقط «بخش بسیار جزیی از تمام سقطهای غیر قانونی تشخیصی متحده و انگلستان» تشکیل می دهد. این چنین روش های تشخیصی در عوض «برای اکثریت عظیمی از زوج هایی که مجبور به استفاده از آن بودند این آگاهی راکه جنین آن ها طبیعی است و این اطمینان را که به پایان آبستنی می رسد فراهم می آورد.» اما اگر پزشکان بتوانند بی هیچ خطری چیزهایی بیش از خصایص فرزندانشان را انتخاب کنند و به والدین کمک کنند تا بعضی از خصایص فرزندانشان را انتخاب کنند چطور ؟ و در مورد آزمایش ناتوانی جسمی چطور؟ آیا والدین از مزایای تشخیص ژنتیکی پیش از لانه گزینی استفاده خواهند کرد؟ آیا حاضر خواهند شد تا بر مبنای نتیجه آزمایش ژنومیک جنین خود را سقط کنند؟

به جز چنداستثناء، این نوع آزمایش های ژنومیک فقط آنچه را که ممکن است پیش آید پیش بینی می کند. یک آزمون برای یک اختلاف یا بیماری پیچیده فقط می تواندخطرها را ارزیابی کند و نتیجه را تضمین نمی کند. در این موارد آیا می خواهیم که جنین را آزمایش کنیم؟ اگر جنین را بتوان برای بیماری هایی که عوامل محیطی نیرومندی مانند سرطان یا بیماری های قلبی دارندآزمایش کرد، پس پایان دادن به آبستنی هایی که بیشتراز حد معمول خطر ابتلاء به این بیماری ها را دارند مساوی با به ـ نژادی نیست؟ اگر دانشمندان اعلام دارند که اثر ژنتیک را بر روی رفتارهای اجتماعی پیچیده انسان مانند هوش، میل جنسی، و تهاجم کشف کرده اند، که می دانیم توسط یک رشته بی پایان و غیر قابل پیش بینی عوامل محیط زیست شکل می پذیرند، آن وقت چه پیش خواهد آمد؟ آیا در مواردی که جنین بیش از حد معمول خطر به همراه داشتن این خصایس رادارد جامعه ماسقط را تایید خواهد کرد؟ در مورد جنین هایی که آزمون ناتوانی هایی مانند کوری و کری در آنها مثبت است چطور؟ متخصصین اخلاق زیستی مانند اریک پانز و آدریان اشی نگران این هستند که سقط انتخابی معمول برمبنای آزمون های ژنتیک «نشانه دیدگاه منفی یا تبعیضی به تنها در مورد این خصیصه ناتوان کننده است، بلکه در مورد حاملین این خصیصه نیز هست.» ژنومیک ممکن است به خدمت تایید دیدگاه های تبعیضی از پیش موجود درآید.

درآینده ممکن است دست به ـ نژادی تا حدودی بازگردد، زیرا درخواست تامین بهترین ها برای فرزندانمان ممکن است بیش از حد وسوسه کننده باشد. بعضی ها ممکن است بپرسند اگر پدر و مادر امکان این را دارند که حافظه، قدرت بدنی و مقاومت در برابر بیماری ها را از طریق دستکاری ژنتیک در فرزندانشان بهبود بخشند، پس چرا این کار را نمی کنند؟ تکنولوژی های ژنتیک ـ دستکاری ژن ها برای تا حدودی بهتر از حد معمول کردن انسان ها ـ هم اکنون فقط نویدهای علم است، اما این نویدها روزی واقعیت پیدا خواهند کرد و رویای به ـ نژادی در خلق انسان های بهبود یافته از طریق وراثت به واقعیت می‌پیوندند.

امکان تقویت ژنتیکی انسان با چندین مانع مهم مواجه است ، که مهم ترین آن در واقع انجام آن است. با تکنولوژی موجود مطمئن نیستم که تاثیر افزودن یا برداشتن یک ژن ا زژنومیک چه خواهد بود. از آن جایی که بیشتر ژن ها بیش از یک وظیفه دارند، افزودن ژنی از که مثلا حافظه را تقویت می کند به علت واکنش با ژن های دیگر ممکن است عوارض جانبی ناخواسته و بالقوه خطرناکی داشته

باشد. اگر تقویت حافظه ممکن شود، دوراهی اخلاقی دشواری را ایجاد می کند. مثلا مرز بین درمان و تقویت حافظه می تواند بسیار نامشخص باشد. به طور سطحی این تفاوت ممکن است اختلاف بین درمان، بهبود، یا شفای یک وضعیت پزشکی و یا بهبود وضعیتی باشد که معمولا در انسان عادی است. مثلا واکسن زدن از بیماریهای گوناگونی پیشگیری می کند. با این حال اگر انسان را از نظر ژنتیکی تغییر دهیم تا نسبت به بیماری ها مقاوم شود، ما ژنوم انسان را تقویت کرده ایم. اگر این تکنولوژی امکان پذیر و بیخطر بود، افراد بسیاری ممکن است به این شیوه ژن های خود را تغییر دهند. در این موارد مرز بین درمان و تقویت بسیار نامشخص است زیرا «واکسیناسیون ژنتیکی » ممکن است به عنوان شکلی از پزشکی پیشگیری، و نه به عنوان تقویتی پذیرفته شود.

در هر حال مرز بین این دو هنگامی که از تقویت منظورمان تحمل بیشتر و یا حافظه است واضح تر می شود. از آن جایی که هیچ یک از این دو از نظر پزشکی ضروری نیست، این تقویت ها ممکن است یک مزیت غیر عادلانه ای به یک شخص بدهد. چون این نوع درمان احتمالا مشمول بیمه پزشکی نمی شود و احتمالا بسیار گران است، افرادی که توانایی مالی چنین تغییرات ژنتیکی دارندامتیاز ناعادلانه ای را در بعضی ورزش ها و کارهای فکری بر دیگران دارند. علاوه بر آن اگر تمام این تقویت ها، از جمله انواع پزشکی آن، فقط در دسترس ثروتمندان باشد پس ناهمگونی در تغییرات ژنتیکی پزشکی و غیر پزشکی آن می تواند همان جهنمی را ایجاد کند که لی سیلور توصیف کرده است.

ممکن است دو روش برای تقویت ژنتیکی انسان وجود داشته باشد. اولین روش تغییر ژنتیکی که ژن درمانی باسلول های سوماتیک (سلول های بدنی) است فقط برخود شخص اثر می گذارد و نه بر نسل های آینده او. موفقیت های اولیه دراستفاده از ژن درمانی با سلول های سوماتیک برای درمان بیماری های ژنتیک استفاده از این روش را به عنوان یک روش تقویتی تایید می کند. با این حال، ژن های لازم برای تقویت خصایص را باید ساخت. اکنون ژن درمانی با سلول های سوماتیک را می توان هم در کودکان و هم در بزرگسالان انجام داد، اگر چه روزی ممکن است بتوان به این ترتیب ژن ها را به جنین انسان منتقل کرد. این کار فعلا در حیوانات آزمایش انجام شده است. در اسپرم، تخمک و یا جنین و یا بی درنگ پس از مرحله باروری می توان تقویت ژنتیکی را انجام داد. این تغییرات حاصل در سلول های جنسی نه تنها بر روی کسانی که درمان شده اند بلکه برروی فرزندانشان نیز اثر می گذارد. مثلا جنینی در مراحل بسیار ابتدایی آزمایش شد و معلوم شد که دچار بیماری «تی سکس» است، یک تغییر ژنتیکی از نظر تئوریکی می تواند این بیماری را در آن شخص حتی پیش از آن که تظاهر کند درمان کند و از انتقال ژن تی سکس به نسل های بعدی جلوگیری کند.

اگر تکنولوژی های تقویت ژنتیکی بی خطر، امکان پذیر شوند، طرفداران به ـ نژادی فردا به احتمال بسیار مردمانی خواهند بود که همه روزه در مورد خود و فرزندان آینده خود تصمیم خواهند گرفت. آیا این همان قدرتی است که می خواهیم؟ آیا همان طور که متخصصین اخلاق زیستی پل روت و لپ می پرسد «آیا ما خردمندی اخلاقی را داریم تا بدانیم که چه خصایصی ارزش ظاهر شدن در نسل های آینده ما را دارد؟» و یا می خواهیم محدودیت هایی را بر روی تکنولوژی های تقویتی و کاربردهای آن اعمال کنیم؟ چون که این تکنولوژی ها می توانند همان مفهوم انسان بودن را تغییر دهند، ما به عنوان یک جامعه در مورد این که آیا تقویت ژنتیک باید بخشی از زندگی ما شود باید به یک توافق برسیم. پزشک و متخصص اخلاق زیستی ادموند پلرگرینو معتقد است که «مسائل اخلاقی عمده که بنیاد استفاده از دانش تولید شده از پروژه ژنوم انسان راتشکیل می دهد تمایز بین شناخت بدن ما است و شناخت این که به عنوان موجودات بشری کیستیم. اگر این تفاوت را نادیده بگیریم ممکن است روزی خود را در بیشه زار به ـ نژادی بیابیم.

فقط با شناخت چالش های اخلاقی و سیاستگذاری ژنومیک می توانیم مطمئن شویم که این دانش بدون خطر و منصفانه به جلو حرکت خواهد کرد. با این تکنولوژی که به این سرعت جلو می رود مواجهه با این چالش ها مشکل است. مسایلی را که در این فصل

مطرح کردیم فقط نگاهی اجمالی است به حیطه پیچیده ای که ژنومیک علاقمندان به این انقلاب را ، از جمله عموم جامعه را ، مجبور به تامل می سازد. بسیار عاقلانه خواهد بود اگر ما به این مسائل توجه دقیق کنیم، زیرا این مسائل در هر صورت بر همه ما اثر خواهد گذاشت. با کمک برنامه هایی نظیر ELSI و کار شدید و مداوم متخصصین اخلاق زیستی و دانشمندان می توانیم بهترین سعی خود را بکنیم تا بسیاری از چالش ها اخلاقی و سیاستگذاری ژنومیک را شناسایی کرده و با آنها درگیر شویم. بسیار شرم آور است اگر هوشیاری ما به خاطر نگرانی از آینده نباشد ، بلکه ترس از علم یا بعضی از فجایع ناشی از ژنومیک باشد که در اثر بی عملی ما پیش آمده است.

٪۹۹/۹

تصور کنید که در اروپای قرن شانزدهم زندگی می کنید و نظریه کوپنیک در مورد عالم پایه های فلسفی و دینی اروپا را به لرزه در آورده است. بیش از یک سده طول کشید تا نظریه خورشید مرکزی نیکلاس کوپرنیکوس در جوامع علمی و دینی پذیرفته شود، و حتی بیشتر از آن طول کشید تا جوامع مختلف به طور کامل آن را بپذیرند. دیدگاه تکاملی نسبت به آسمان ها به تنها وضعیت زمین را تغییر داد، بلکه شیوه فهم انسان ها را از مکان خویش دراین عالم تغییر داد. پیش از اثبات این نظریه ، بسیاری از طرفداران آن به خاطر اعتقادشان آزار دیدند ـ دیدگاه های گالیله در مورد جهان کپرنیکی سبب محکومیت و زندانی شدن او توسط دستگاه تفتیش عقاید در روم شد.

یا تصور کنید که در سالهای ۱۸۶۰ دارید تکامل داروین را می خوانید و در شگفت می شوید که انسان‌ها، میمون و تمام موجودات زنده دیگر روی زمین از یک نیای مشترک بسیار قدیمی تکامل یافته اند. مقاومت نسبت به نظریه داروین بی درنگ و شدید بود، و او با وجود مدارک بینهایت زیاد در تایید داروینیسم هنوز هم زیر سوال مانده است. آماری که در سال ۲۰۰۱ به دست آمده است نشان می دهد که فقط ۴۹ درصد آمریکایی ها نظریه تکامل داروین را قبول دارند و هنوز هم آموزش تکامل در مدارس سراسر آمریکا بحث انگیز است. از آن جایی که نظریه هایی مانند نظریه کوپرنیک اعتقاد بنیادین در مورد کیفیت حیات و ساختار عالم را تغییر دادند، با مقاومت شدید روبرو شدند. جهان بینی ما برای تغییر واقعا را زمان نیاز دارد.

اگر انقلاب کوپرنیکی درباره تغییر درباره نگرش ما از جهان بود و اگر انقلاب دارویني درباره تغییر نگرش ما از خود در ارتباط با همه گونه های روی زمین بود، پس یکی از ژرف ترین نتایج انقلاب ژنومیک عبارت است از شیوه ای که به این ترتیب دارد روش اندیشیدن انسان ها را درباره خودشان و دیگران تغییر می دهد. انسان ها با وجود تفاوت های مسلم فنوتیپی (قابل مشاهده) ، از نظر ژنوم به طور قابل ملاحظه ای شبیه هم هستند. رنگ چشم، رنگ و حالت مو، جنس، قد ، وزن و شکل بدن ، ممکن است با همدیگر تفاوت داشته باشد، اما در پوشش این خصوصیات ظاهری ، ژنوم ما اصولا یکی است.

ما دریافته ایم که ژنوم ما در دریای عظیم تنوعی که انسانیت نام دارد دست کم ۹۹,۹ درصد شبیه هم است. یعنی ردیف های DNA از ژن های همه انسان ها به طور باور نکردنی شبیه هم است. با این حال قرن ها است که انسان ها خود را بر حسب تفاوت های شان تعریف کرده اند و گاهی مفهوم تنوع انسانی را برای توجیه جنگ ، بردگی ، کشتار عام و پاک سازی قومی به کار گرفته اند.

طی ۵۰ سال گذشته، در نتیجه یافته های حاصل از پروژه ژنوم انسان، دانشمندان پی برده اند که طبقه بندی های نژادی، ساختار بیولوژیکی انسان را به طور دقیق منعکس نمی کنند. علاوه بر آن ، پژوهش ها نشان داده است که تفاوت های ژنتیک درون گروه های

نژادی مشخص بسیار بیشتر از تفاوت های مابین این گروه هاست و وقتی به ژن های منفرد نگریسته شود تمام گروه ها با همدیگر تداخل می کنند. بدون بنیادهای زیست شناختی ما به نژاد به عنوان یک پدیده تاریخی و فرهنگی خواهیم نگریست.ریشه این موضوع در تفاوت های قابل مشاهده انسان قرار دارد، اما معنی آن را شرایط اجتماعی نتیجه می شود. به عبارت دیگر، افراد برای معنی دادن به تفاوت های اجتماعی که اعتقاد داشتند که ادامه تفاوت های ظاهری است از نژاد استفاده کردند. و سرانجام باری توجیه این طرز تفکر به علم روی آوردند. اما بدون حمایت علم ، بر سر تفرقه اندازی بین مردم توسط نژاد چه پیش خواهد آمد . این امر چگونه شیوه اندیشه و شناخت ما را از جهان تغییر خواهد داد؟ از سوی دیگر می دانیم که بین انسان ها و جمعیت های انسانی تفاوت هایی هست که منعکس کننده زیست شناسی است، و این تفاوت ها برای فهم تکامل انسان و پیدا کردن درمان برای بیماری ها ممکن است مفید باشد. چگونه می توانیم با زیست شناسی تنوع انسان ها کنار بیائیم، بی آنکه بی جهت به آن معنای اجتماعی بدهیم؟

زیست شناسی نژاد را به کنار می اندازد

«مفهوم نژاد هیچ مبنای ژنیتیک و علمی ندارد» گفته فرانسیس کالینز مدیر موسسه ملی پژوهش های ژنوم در ژوئن سال ۲۰۰۰ در مراسم تکمیل ردیف یابی ژنوم انسان در کاخ سفید است. در همان سال کرگ ونتز رئیس سلرا در یک کنفرانس مطبوعاتی گفت که یافته های حاصل از ردیف یابی ژنوم انسان کاملا آشکار ساخته است «نژاد یک مفهوم علمی نیست.» ونتر اظهار داشت که اگر چه پژوهشگران سلرا به آسانی می توانستند بین ژنوم آن هایی که خود را سفید ، سیاه ، آسیایی یا لاتینی می خواندند تفاوت ببینند. ونتر با تاکید گفت که دلیلش این است که «مبنای فردی نمی توانید نژاد را تعیین کنید، می توانید خصوصیات جمعیتی را پیدا کنید، اما نژاد در سطح فردی را تعیین کنید، می توانید خصوصیات جمعیتی را پیدا کنید، اما نژاد در سطح فردی و نه در رمز ژنتیکی وجود ندارد.»

پروژه ژنوم انسانی شناخت ما را از میراث تکامل حیات در زمین بهبود بخشیده و شناخت ما را از پیدایش بیماری ها در انسان و درمان آن ها بهتر کرده است. هدف پروژه به هیچ وجه دست کم گرفتن بنیادهای زیست شناختی نژاد نبود. با این حال کالینز ، ونتر و بسیاری از همکارانش بر علیه این باور که نژاد یک روش علمی برای توصیف موجودات انسانی است سخن گفته اند. منتقدین آن ها ممکن است بگویند که ظاهرا این روابط عمومی خوب است که در نتیجه ترس از آلوده شدن ژنومیک با به ـ نژادی در پیش گرفته شده است. در هر حال ، به نظر می رسد که صحبت از نژاد در بین پژوهشگران ژنوم ناشی از ژنتیک است. علاوه بر آن عظمت محض و محبوبیت هر چیزی که به ژنومیک مربوط است به تاثیر حرف های مربوط به نژاد و علم بر روی تخیل عمومی ، سیاستگذاری های اجتماعی و سیاست می افزاید. چه گونه هم رایی روز افزون در میان زیست شناسان بر این که مفهوم نژاد غیر علمی است بر روی این واقعیت اثر می گذارد که تفاوت های نژادی در جامعه آمریکا یک معنی دوگاه دارد؟ از یک سو تفاوت های نژادی می تواند برای خوار کردن و تبعیض، سیاستگذاری های اجتماعی و اقتصادی بر اساس امتیازهای نژادی پایه گذاری شده است. دست کم گرفتن پایه های علمی گروهبنده های نژادی رابطه نزدیکی با سیاستگذاری های اجتماعی مربوط به ترمیم یا تخفیف تبعیضات نژادی جاری ندارد. شاید در آینده معرفت ما از خودمان، که تا حدودی از نگرش ژنومیک به انسانیت تاثیر پذیرفته است، به محو تبعیض یاری رساند و بازگشت دوباره آن راغیر ضروری کند اما هم اکنون، نژاد به عنوان یک پدیده اجتماعی بسیار اهمیت دارد. به همین دلیل تبیین معنی اجتماعی نژاد و تاثیر آن روی نابرابری ها در مراقبت های بهداشتی و رعایت انصاف در استخدام اهمیت پیدا می کند.

اشتباه های مداوم یا راهی به آینده؟

دانشمندان بسیاری با جدیت سعی دارند تا ماهیت دروغین گروه بندی های نژادی را نشان دهند. مثلا پژوهش های کنت کید متخصص ژنتیک دانشگاه ییل نشان می دهد که «تفاوت ژنتیک به طور دائمی» در سراسر جهان ادامه دارد و توصیف گونه ها را کوششی بی فایده می سازد. کید کی می گوید «چیزی به نام نژاد در هوموساپینس وجود ندارد .»علاوه بر آن اطلاعات نشان می دهد که نوع ژنتیک انسانی در آفریقا زیاد تر از همه جاست و میراث ژنتیک انسان امروزین بیشتر از همه افریقایی است. این بدان معنی است که «انسان های امروزین از جمعیت کوچکی در آفریقا پدیدار شد و به سرتاسر کره زمین مهاجرت کرد. پژوهش های یک گروه از دانشمندان دانشکده پزشکی دانشگاه یوتا ، دانشکده بهداشت دانشگاه هاروارد، و دانشگاه دولتی لویزیانا تعیین می کنند که افریقایی ها بزرگترین تنوع ژنتیکی را نسبت به هر جمعیتی بر روی زمین دارند. این دلالت دارد بر این که زیر گروه هایی از آفریقا جدا شده و بقیه جهان را اشغال کردند.

با وجود اینکه بسیاری از دانشمندان علوم طبیعی و اجتماعی کوشش دارند تا گرو های نژادی را به کناری بنهند، بعضی از بخش های پژوهش علمی همچنان به گذشته چسبیده اند، و یافته های ژنومیک را با مفاهیم کهنه تفاوت های انسانی درهم می آمیزند. در بدترین حالت، ژنومیک نه تنها نوشدارویی برای نژاد پرستی نیست، بلکه اثری مخالف آن را دارد- یعنی خشک اندیشی که بر اساس ژنتیک شبیه جنبش های به ـ نژادی سالهای ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ امریکا و آلمان را شعله ور کرد. یکی از راههای احتمالی وقوع آن چنین است که واژه «جمعیت » جانشین واژه نژاد شده و همان نوع پیشداوری هایی را که زمانی برچسب نژاد گرایانه بر خود داشت به اندیشه جمعیت خواهی منتقل کند علاوه بر آن ، شناسایی ژن بیماریها یا ژن هایی که گفته می شود به تکرر زیاد در بین بعضی جمعیت ها پیدا می شود ممکن است زمینه را برای تبعیض ژنتیکی آماده کند یعنی نوعی دور زدن این مفهوم که نژاد یک پدیده زیست شناختی نیست. اگر مثلا جمعیتی تکرر بیشتری در هم یا نمایش آلل های بالقوه خطرناک را دارد پس آیا می تواند هدف احتمالی برای تبعیض ژنتیکی باشد؟ آیا تبعیض ژنتیکی نژاد پرستی جدید خواهد شد.

بسیار احمقانه خواهد بود اگر فکر کنیم علم به تنهایی شیوه اندیشیدن مردم را نسبت به نژاد تغییر خواهد داد در حقیقت با وجود ۵۰ سال پژوهش که خلاف آنرا نشان می دهد، اعتقاد به زیست شناسی نژاد هنوز هم وجود دارد آن هم با نتایج زیانبار.اگر چه دانشمندان «شایسته تر از سایر اندیشمندان برای تعیین آرمان های اجتماعی و فرهنگی نیستند. » ، اما آنها چیز های بسیاری برای گفتن در این باره دارند و همه ما با شنیدن آنچه آنها می گویند بسیار راغب هستیم. کلی اون و مری کلیر کینگ متخصصین ژنتیک از دانشگاه واشنگتن این موضوع را اذعان دارند: «البته که پیش داوری، به یک پایه عقلانی نیازی ندارد چه برسد به یک پایه تکاملی، اما با این حال افسانه وجود تفاوت های ژنتیک عمده در نژادها ارزش آن را دارد که با مدارک ژنتیکی رد شود.» با وجود این پیام نهفته در ژنوم که همه ما ۹۹,۹ درصد شبیه هم هستیم ثابت شده که تفاوت های ما هم از نظر علمی و هم از نظر پزشکی اهمیت دارد. پیدا کردن راهی برای گفتگو درباره این تفاوت ها بدون آنکه درگیر مقوله هایی گمراه کننده و مخرب شویم، بسیار چالش آور خواهد بود. این زبان جدید متفاوت انسانها احتمالا در اطراف مفهوم جمعیت به رشد خود ادامه خواهد داد. اگر چه مفهوم جمعیت ممکن است گاهی با مفهوم عمومی تر نژاد تداخل کند، این دو مفهوم را نباید لزوما با همدیگر اشتباه کرد.

در گفته ی فرانسیس کالینز و کرگ ونتر در مورد نژاد یک خوش بینی نهفته است، این خوش بینی که علم میتواند و باید در تعریف حال و آینده ما نقشی سازنده بازی کند. پروژه ژنوم انسان به ما نشان می دهد که ژن های ما تازه آغاز شناخت تفاوت های انسانی و پایان نگرش ساده انگارانه به تفوتت های انسان است، آنچنان که در تعریف نژاد آمده است.

به میراث بردن یک جدال

داستان محاکمه اسکوپس در سال ۱۹۲۵ برای بسیاری از آمریکایی ها مقدمه آشنایی با علم تکامل و این نظریه است که انسان ها با دیگر گونه های روی زمین خویشاوندی دارند. آشنایی با این محاکمه یا از خواندن نمایش نامه جروم لارنس و ربرت ادوین لی به نام باد را به میراث ببر، یک گزارش داستان گونه از این محاکمه و یا دیدن فیلمی است که بر اساس این نمایشنامه ساخته شده است. هم نمایشنامه و هم فیل شهر خیلی هیلزبور را تصویر می کند که پر است از بنیادگرایان ساده اندیشی که مبارزه ضد تکاملی شان محاکمه ای رابه راه انداخت که نقطه مرکزی این نمایشنامه است. حوادثی که منجر به محاکمه واقعی شد نمی توانست به دور از این داستان باشد.

در سال ۱۹۲۵ تنسی همانند ایالات های دیگر در جنوب آمریکا قانونی را گذراندکه آموزش نظریه تکامل داروین را در کلاس های مدارس دولتی ممنوع ساخت و آموزش این را که «انسان از حیوانات طبقه پست تری انشقاق پیدا کرده است.» جرم محسوب کرد. به زودی پس از تصویب این قانون اتحادیه آزادی های مدنی آمریکا آگهی هایی را در روزنامه های تنسی منتشر کرد و به جستجوی آموزگاری برآمد تا این قانون را بیازماید. در یکی از عجیب ترین حرکت نمایشی قرن بیستم شهرک دی‌تون در شرق تنسی امید داشت که این محاکمه پر آوازه شهرشان را مشهور کند. به چالش کشیدن قوانین ضد تکاملی در دی تون محصول فکری جرج راپله یا از اهالی نیویورک بود که برای نظارت بر معادن زغال سنگ و آهن خود به دی تون آمده بود. با دیدن آگهی اتحادیه آزادی های مدنی آمریکا راپله یا که طرفدار جدی نظریه تکامل بود، فرصتی پیدا کرد تا این قانون را چالش بکشد. راپله یا موضوع را با بزرگان شهر در میان گذاشت. بیشتر آنها از قانون جدید حمایت می کردند، ولی در این چالش فرصتی برای مشهور شدن شهر دی‌تون می‌دیدند.

بزرگان شهر دی تون جان اسکوپس را انتخاب کردند، که دبیر محبوب علوم و سرپرست فوتبال دبیرستان بود، تا تکامل را تدریس کند. اسکوپس که طرفدار نظریه تکامل بود به عنوان دبیر زیست شناسی مطالبی را در این زمینه برای خواندن تعیین کرده بود. اسکوپس بر طبق توافق خود با بزرگان شهر همچنان از کتاب درسی کلاس فصل هایی را درباره تکامل بریا دانش آموزان تعییم می کرد. اما کمی بعد دستگیر شد.

در زمان محاکمه اسکوپس، مخالفت با تکامل چندید شکل داشت. پر سروصداترین مخالفین معتقد بودند که نظریه تکامل با گزارش کتاب مقدس از داستان خلقت سازگار نیست. برای عده ای دیگر تکامل معمایی بود ـ چه گونه ممکن است انسان ها با میمون یا باکتری خویشاوند باشند؟ سرانجام عده ای به علت اعتقاد به بنادگرایی و دیدگاه های سیاسی و اجتماعی خود با تکامل به دیده تحقیر می نگریستند. چنین مخالفتی با تکامل ریشه در دشمنی با داروینیسم اجتماعی داشت که دیدگاهی بود اواخر قرن نوزدهم و بر این پایه که انتخاب طبیعی در مورد مردم هم کاربرد دارد «با یک ذهنیت تنازع بقایی که آزادسازی سرمایه داری ، امپریالیسم، و ارتش سالاری را توجیه می کند.»

مقالات روزنامه های سراسر ایالت تنسی از این محاکمه انتقاد کردند. چاتانوگا تایمز آن را «سریال کمدی دی تون » نامید . ناشویل تنسی ان نوشت که بزرگان دی تون این محاکمه را «بر اساس اسن نظریه مورد تردید آغاز کردند که صحبت کردن مردم درباره تبلیغات خوبی است، بدون توجه به آن جه که می گویند.» بسیاری از اهالی تنسی می ترسیدند که این محاکمه ممکن است یا قانون ضد تکاملی را بی اعتبار کند یا این ایالت را یک ایالت عقب افتاده و از رفته نمایش دهد. علاقمندان دی تون چنان محو تبلیغ این محاکمه شده بودند که نویسنده مشهور انگلیسی اچ.جی.ولز را با اینکه حقوقدان نبود دعوت کردند تا از تکامل دفاع کند. با وجود حمایت شدید ولز از نظریه تکامل این درخواست را رد کرد. درهر حال در پایان کار معلوم شد که هیچ جایی بهتر از دی توان برای این محاکمه نبود. ویلیام جنینگز بریان سخنران مشهور که سه بار نامزد ریاست جمهوری و رهبر مردم گرای با سابقه ایالت تنسی محاکمه را پی گیری می کرد. کلرنس داردو یکی از بزرگترین وکلا حقوقی و قانو دان زمان خویش از اسکوپس دفاع می کرد. این دو شخصیت بسیار معروف درمحاکمه ای که آن را محاکمه قرن می خواندند در برابر یکدیگر ایستادند.

خود دادرسی اصولا مربوط بود به قانونی بودن دستگیری اسکوپس تحت قانون ضد تکاملی تنسی. این یک مورد دادرسی سریع بود . هیئت منصفه فقط پس از ۹ دقیقه مشورت اسکوپس را مجرم شناختند. و امید اتحادیه آزادی های مدنی آمریکا در استفاده از محاکمه اسکوپس به عنوان یک مورد دادرسی باری به چالش کشیدن تمام قانون های ضد تکاملی هیچ گاه تحقق ـ رای دادگاه بر اساس یک مورد فنی قانون غیر قابل تجدید نظر خواهی اعلام شد. با این حال دعوا بر سر تکامل کلرنس دارو و ویلیام جینینگز بریان به این محکمه مفهوم همیشگی اش را داد. در پایان محاکمه دارو به عنوان شاهد دفاع ، بریان را به جایگاه فراخواند و ازاو درمورد معنای ظاهری کتاب مقدس و معتی تکامل پرسید تا اختلاف بین علم و بنیادگرایی را آشکار سازد. از یک سو دادستان اظهار می داشت که «به باور مسیحیان انسان از آسمان آمده است، اما به باور تکامل گرایان از زمین.» از سوی دیگر بریان استدلال می کرد که «تکامل حقیقت ندارد، بلکه صرفا یک فرضیه است ـ تکامل میلیون ها حدس است که به هم بافته شده است.» از سوی دیگر گروه مدافع اسکوپس استدلال می کرد که «هیچ تضادی بین مذهب و علم ، یک حتی کتاب مقدس وجود ندارد که کتابی است اخلاقی و علمی.» چند دهد بعد، هنوز هم محاکمه اسکوپس یک اختلاف فلسفی را در مورد پیچیدگی های تکامل خلاصه می کند. ب رطبق آمار موسس گالوپ در سال ۲۰۰۱ آمریکایی ها به طور یکسانی بر سر موضوع تکامل اختلاف دارند ـ ۴۹٪ اعتقاد داشتند که «موجودات انسانی طی میلیون ها سال از اشکال پست تر حیات به وجود آمده اند»، در حالی که ۴۵٪ معتقد بودند که « خداوند موجودات انسایس را کاملا به شکل کنونی شان در یک زمان و طی ۱۰ هزار سال گذشته آفریده است.»

بر خلاف کوشش های مخالفین تکامل که می خواهند آن را چیزی بحث انگیز و ثابت نشده جلوه دهند، یافته های علمی داستانی کاملا متفاوت می گویند. تکامل بر چیزی بسیار بیشتر از فرضیه ها و مدارک غیر مستقیم استوار است. تکامل بر طبق قوانین روش علمی در معرض بررسی های دقیق قرار گرفته است ، اکنون یافته های ژنومیک آن چه را هنر مشاهده هوشمندانه داروین ، لایه های سنگواره ها (فسیل ها) ، و زیست شناسی مولکولی، در تمام این مدت ابراز می داشت تائید می‌کند.

موش ها و آدم ها

از میکی موس والت دیسنی گرفته تا موشی که گاهی به آشپزخانه ما می آید به نظر می رسد که چیزی با انسان به اشتراک ندارند. اما در طرح بزرگ حیات، انسان ها نسبت نزدیکی با موش و سایر جوندگان دارند و به طور نسبی (در زمان تکاملی) نیاکان مشترکی را

تقریبا ۹۰ میلیون سال پیش از این داشتند. از این لحاظ موش مورد توجه زیاد پژوهشگران ژنوم است، که دریافتند که تقریبا تمام ژن های موش و انسان به طور غیر قابل باوری شبیه همدیگر هستند، و ترتیب ردیف ژن ها و کارکرد اساسی زیست شناسی آنها مشترک است. مثلا با این که اندازه ژنوم موش و انسان متفاوت است و تعداد کروموزوم های متفاوتی دارند، مقایسه نقشه کروموزوم ها آشکار می سازد که ردیف های آن ها تداخل قابل ملاحظه ای با همدیگر دارند.

بدین ترتیب با نگاه دوم موش ها و انسان ها آن قدرها هم با هم تفاوتی ندارند. دانشمندان بر روی کروموزوم x موش ژنی پیدا کرده اند که ایجاد اختلال فلج کننده عضلانی به نام استحاله عضلانی دوشن ایجاد می کند. در یک مورد دیگر ژن انسانی یک اختلال نادر به نام IPEXکه بر روی کروموزوم x قرار دارد، یک همساخت درموش دارد. ژن همساخت در موش اختلالی به نام شوره ایجاد می کند که یک بیماری ایمنی مربوط به نوزادان است و سبب پوسته پوسته شدن سطح پوست، کاهش شدید وزن بدن، عفونت و کم خونی می شود. موشی که دچار این اختلال است در مدت چهار هفته پس از تولد می میرد. IPEX تقریبا علایم مشابهی درانسان دارد و معمولا سبب مرگ نوزادان می شود.

ژنومیک در این زمینه بسیار اهمیت دارد زیرا آخرین روش های ردیف یابی DNA و بیوانفورماتیک به پژوهشگر، یا هر کس دیگری می تواند به وب سایت بلاست (BLAST) در اینترنت مراجعه کرده و بانک اطلاعاتی ردیف را جستجو کرده و ردیف های مشابه را شناسایی کند. موش برای این کار اهمیت ویژه ای دارد، زیرا به مدت زیادی همچون نماینده انسان در مطالعات مربوط به بیاری های انسانی و تهیه و آزمایش داروها به کار می رفته است. از سرطان تا بیماری های قلبی، موش در خط اول پژوهش های پزشکی انسانی بوده است. خویشاوندی بین انسان و موش نیز بر پایه توانایی پژوهشگران درستکاری ژن های موش و بررسی نتایج آن بوده است. هم موش هایی را که ژن های آن ها دستکاری شده است و هم موش هایی را هک به طور طبعی جهش یافته اند می توان در یک آزمایشگاه تحت کنترل مطالعه کرد. خط سیر بیوشیمیایی در موش ـ مسیر ژنها به پروتئین ها و به بیماری ها ـ را می توان به طور مشروح مطالعه کرد به شیوه ای که مطالعات محدودتر در مورد انسان ها را تکمیل می کند.

پس از این که یک همساخت ژنتیکی بین موش و انسان برای یک بیماری ویژه تعیین مکان شد، پژوهشگران می تواند کارکرد بیوشمیایی آن ژن را مطالعه کنند. مثلا بیماری کلیوی پلی کیستیک نهفته اتوزومال (ARPKD) اگر چه بسیار کمیاب است، اما عامل نارسایی کلیوی دردوران کودکی است. این بیماری دراثر بروز یک جهش در ژن PKHDI ایجاد می شود که پروتئین فیبروسیستین را رمزگذاری می کند. یک همساخت برای این ژن را روی کلیه های موش مطالعه کنند. پژوهشگران می توانند از نزدیک اثرهای این ژن را روی کلیه های موش مطالعه کنند. پژوهش مداوم بر روی این ژن و پروتئین تولید شده آن ممکن است منجر به پیدا کردن روشی برای درمان این بیماری شود.

خویشاوند نه چندان دور

شمپانزه ها نزدیک ترین خویشاوند زنده ما هستند. تخمین زده می شود که ردیف ژنوم شمپانزه ۹۸/۸ درصد شبیه ژنوم انسان است. این ۱/۲ درصد تفاوت در DNA ما را با شش ملیون سال تکامل و چندین نیای حد واسط منقرض شده از شمپانزه جدا می کند. در می سال ۲۰۰۲ موسسه ملی پژوهشهای ژنوم انسان اعلام داشت که بودجه ردیف یابی تمام ژنوم شمپانزه را تامین می کند.

طرفداران پروژه ژنوم شمپانزه امید دارند که پروژه این بینش را به ما بدهد که ما کیستیم، به شیوه ای که سایر ارگانیسم های ردیف یابی شده نمی توانند. چنانچه می دانیم بیش از ۳۰۰۰۰ یا در همین حدود ژن مشترک با شمپانزه داریم. پرسش اساسی این است که چرا ما تفاوت داریم. آیا می توانیم با استفاده از این تفاوتها ژنهایی را که به انسانها توانایی فکری و زبانی پیشرفته را می دهد بطور دقیق مشخص کنیم؟ و چرا خویشاوند نزدیک ما به بیماری های ما دچار نمی شود؟ مثلا چرا شمپانزه ها به ایدز مبتلا می شوند ولی به ندرت علائم کامل آن را نشان می دهند؟ آیا تفاوتهای ژنومیک بین شمپانزه و انسان به شناخت بهتر بیماری ها و درمان آنها یاری خواهد رساند؟

در هر حال پاسخ به تفاوت های ما ممکن است فقط از ردیف یابی DNA به دست نیاید. بعضی از پژوهشگران معتقدند که تعداد بسیار کمی تفاوت های ژنتیکی پیدا خواهد شد. آنها می گویند که زیست شناسی انسان و شمپانزه در شیوه تظاهر ژن هایشان تفاوت دارد – یعنی در شیوه ای که ژن ها تولید پروتئین ها را هدایت می کنند. انسان و شمپانزه ممکن است راه های کاملا متفاوتی را برای تنظیم ژن های مشابهشان داشته باشند. این حقیقت که ژنوم های ما تقریبا همانند هستند و فقط تعداد نسبتا کمی از ژن ها ممکن است با هم تفاوت داشته باشند نیز نشان می دهد که ژنوم های ما ژن به ژن عمل نمی کنند. در عوض آنچه که انسان را انسان و شمپانزه را شمپانزه می سازد شیوه واکنش ژن ها با همدیگر و شیوه تاثیر محیط زیست بر آن واکنش هاست.احتمالا ما تفاوت بین شمپانزه و انسان را در خط سیر واکنش ژن ها و محصولات پروتئینی آنها پیدا خواهیم کرد. اما آگاهی واقعی به این تفاوت ها با دیدن شیوه های شکل دادن تکامل و کارکرد ژنوم انسان و شمپانزه توسط ژنتیک و محیط زیست امروزه حاصل می شود. این همان تکامل در حال کار است.

ذرت باسیلوس تورینجینسیس (BT)

همه ساله آفتی به نام ذرت سوراخ کن اروپایی یک میلیارد دلار آسیب به محصول ذرت آمریکا وارد می آورد. پس از این که این آفت به ساقه ذرت واردشد، حشره کش ها بی فایده و محصول از بین می رود. یک عنصر اساسی کشاورزی آلی و غیر آلی یک حشره کش به نام باسیلوس تورینجینسیس یا BT) است که گونه ای از باکتری است که سمی تولید می کند که زمان زیادی است که کشنده موثر و بیخطر ذرات سوراخ کن محسوب می شود. این باکتری که در خاک یافت می شود پروتئین هایی دارد که با اختلال شدید در دستگاه گوارش ذرت سوراخ کن ، او را می کشد. باسیلوس تورینجینسیس اثری روی انسان ندارد و ذرات آلوده به این باکتری برای مصرف انسان بدون خطر است.

پژوهشگران با گذشتن ژنی که سم این باسیل را تظاهر می کند با یک تفنگ ژنی در ژنوم ذرت توانستند ذرتی تولید کنند که ژن این باسیل را داشت. این فرایند ابتدا با نقشه برداری از ژن های باسیلوس تورینجینسیس تظاهر می کند، آن را جدا کرده ، همانند سازی کرده و به ژنوم ذرت انتقال دادند. دانه های ذرت حاوی ژن های این باکتری گردآوری شده و برای تعیین وجود سم این باکتری آزمایش شدند و دورگه های ژنتیکی معمولی برای تولید گونه ای از ذرت به کار گرفته شد که برای ژن سم این باکتری دستکاری شده جور تخم بود.

انتقادگران از این ذرت تغییر یافته ، با اشاره به مطالعه ای که توسط پژوهشگران دانشگاه کورنل انجام شده است، می گویند که گرده این ذرت آسیب های زیادی به پروانه مونارچ می زند. مطالعه نشان می دهد هنگامی گرده این ذرت روی برگ هایی می افتد که لارو

پروانه مونارچ از آن تغذیه می کند، این لارو کشته می شود.آزمون های میدانی انجام شده توسط گروه دیگری از پژوهشگران نتایج متضادی را ارائه می دهد. بررسی های آن ها نشان می دهد هیچ اختلاف معنی داری بین زنده مانی پروانه مونارچ در کشت زارهای این نوع ذرات تغییر یافته با ذرت معمولی دیده نشده است. ریچارد هلمیک پژوهشگر حشره شناس وزارت کشاورزی آمریکا در دانشگاه دولتی آیووا معتقد است که «اگر هم تفاوت هایی وجود داشته باشد آنقدرها عمیق نیستند.»

نگرانی دیگر در مورد فرار ذرت دارای ژن باسیلوس تورینجینسیس به محیط گیاهان وحشی است که در آن جا از نظر تئوری می تواند تاثیری منفی بر روی انواع وحشی خویشاوندان خود بگذارد. سازمان حفاظت از محیط زیست ملزم می کند که مناطق حائلی بین مزارع محصولاتی که ژنتیک آنها تغییر یافته و مزارع محصولات طبیعی وجود داشته باشد. در آمریکای شمالی ذرت مویشاوندان وحشی ندارد، اما در بقیه قاره آمریکا خویشاوندان وحشی آن هنوز می رویند. آیا تهدیدی واقعی نسبت به ذرت بومی در مسافت های بسیار زیاد وجود دارد؟ به نظر می رسد که جریان ژن ها بین کشت زارهای ذرت دارای ژن باسیلوس تورینجینسیس و ذرت بومی در مکزیک وجود داشته است. اگرچه پژوهشگران معتقدند که این نشانه آن است که امکان این نوع جریان ژن ها وجود دارد. از آن جایی که غالب در بین گونه های گیاهانی که خویشاوندی نزدیکی دارند گیاهان دورگه ایجاد می شود، ممکن است که ژن باسیلوس تورینجینسیس در ذرت اصلاح شده به گیاهان دیگری که خویشاوندی نزدیکی دارند وارد شده و به آنها آسیب بساند. سرانجام امکان این هست که کاشت گسترده این ذرت اطلاح شده مصرف گونه های معمولی ذرت رابه مقدار زیادی کاهش دهد. این کاهش تنوع گونه های ذرت می تواند باعث آسیب پذیری در برابر یک آفت یا بیماری پیش بینی نشده شود، که در بدترین حالت انهدام گسترده این محصول را در پی دارد.

باغ وحشی که ژنتیک اش تغییر یافته است

گیاهان تنها فرآورده های کشاورزی نیستند که ژنتیک شان تغییر داده می شود. جانوران را نیز برایخصایص مطلوب شان هم توسط روش های سنتی کشاورزی و هم توسط زیست مهندسی اصلاح کرده اند. مثلا ماهی آزاد که ژنتیکش تغییر یافته است می تواند پس از رسیدن به وزن ۷ پوند ظرف ۱۸ ماه به جای ۳۶ ماه ، وارد بازار شود. یا قرار دادن مواد ژنتینک دوگونه رشد ماهی آزاد را تحریک می کنند و باعث می شوند که ماهی درتمام طول سال حتی در آب های سردتر رشد کند. پژهشگران می گویند که چندین گونه دیگر از درصنایع ماهی گیری شود.

ماهی تغییر یافته گول (tilapia)و ماهی های دیگر در نهایت ممکن است برای مصرف کنندگان صرفه جویی در بر داشته باشد، به ویژه کشورهای در حال توسعه که به منابع پروتئینی ارزان تر به شدت نیازمندند. اگر چه مصرف ماهیانی که ژنتیک شان تغییر یافته است هیچ خطر شناخته شده ای برای سلامت انسان ندارد، نگرانی های زیادی دراین مورد وجود دارد که اگر این ماهی ها از استخرهای ماهیگیری به طبیعت وارد شوند، ممکن است اثرهای ناخواسته و غیر قابل پیش بینی بر روی نژاد های ماهی آزاد وحشی و کل محیط زیست داشته باشند.

مصرف کنندگان آگاه از مسایل بهداشتی می خواهند گوشت مصرفی شان چربی کمتری داشته باشد، اما وقتی کشاورزی یک گوسفند کم چربی را پرورش می دهد، فقط نیمی از ژن های او به فرزندانش منتقل می شود و فقط یک چهارم به نسل بعدی منتقل می شود. از آن جایی که همانندسازی موجودی همانند موجود اولیه تولید می کند، کشاورزان به دنبال همانند سازی گوسفندان و حیوانات دیگر هستند، از جمله مرغی که تخم کم کلسترول می گذارد. همانند سازی حیوانات تا حدی مورد توجه بعضی از انتقادگران هست، زیرا

تنوع ژنتیکی در درون گونه ها برای مقابله با بیماری ها بسیار مهم است. پژوهشگران در مورد کل سلامتی ژنتیکی حیوانات همانند سازی شده نیز نگران هستند. مطالعات اخیر نشان داده است که با تکنولوژی کنونی همانند ساری شده نقایص ژنتیکی بسیار بیشتری را نشان یم دهند تا حیواناتی که به طور طبیعی پرورش یافته اند.

تا همین اواخر یکی از زمینه های بیوتکنولوژی کشاورزی که کمتر درباره اش صحبت می شد، استفاده از جانوران برای تولید داروهای جدید و به عنوان منبع اضافی برای پیوند اندام به انسان ها بوده است. همه ساله بیش از ۶۰۰۰ نفر در انتظار پیوند اندام به انسان ها بوده است. همه ساله بیش از ۶۰۰۰ نفر در انتظار پیوند اندام در ایالات متحده می میرند. بعضی از دانشمندان معتقدند که بیگانه پیوندی(xenotransplantation)(پیوند اعضاء در بین گونه ها) قلب ، کلیه و کبد از خوک و گونه های دیگر به انسان می تواند مسئله کمبود اندام ها را حل کند. برای جلوگیری از رد پیوند اندام ها خوک، پژوهشگران ژنی را که DNA خوک تغییر داده اند که معمولا دستگاه ایمنی انسان را تحریک می کند تا این اندام های بیگانه را تشخیص دهد.

حیواناتی که ژنتیک شان تغییر یافته است می توانند مواد گوناگون بسیاری را تولید کنند که کاربرد داروسازی دارند. مثلا در حال حاضر ژنتیک بز را دستکاری کنند تا بیماری فاقد آنتی ترومبین را که پروتئین ضدانعقاد خون و ضد التهابی مهم انسان است درمان کنند. تقریبا یک نفر از هر ۵۰۰۰ آمریکایی دچار کمبود این پروتئین و در معرض خطر ابتلاء به ترومبوز (انعقاد خون دررگ ها) و سایر اختلالات مربوط به انعقاد خون است. با گذاشتن یک ژن انسانی در DNA بز، پژوهشگران بزهایی را همانندسازی کرده اند که شیرشان آنتی ترومبین III وجوددارد که یک داروی ضد انعقادی گرانبها است. با همین روش می توان گاو و گوسفندانی را تولید کرد که داروهای دیگری را در شیرشان می سازند، مانند داروهایی برای درمان فیبروزکیستیک ، بیماری کرون، و آرتریت روماتوئید.

فرآورده جالب دیگری که از نظر ژنتیکی تغییر یافته است برای دندان است. مواد شیرینی به طور مستقیم باعث پوسیدگی دندان ها نمی شوند؛ پوسیدگی در اثر تماس باکتری موجود درون دهان و دندان و دندان ها با مواد شیرینی ایجاد می شود. دستگاه ایمنی انسان با تولید پادتن با باکتری ها مبارزه می کند. اکنون استرپتوکوکوس موتانس که عامل بیشتر پوسیدگی هاست تولید کنند. هنگامی که این واکسن در آزمایش های بالینی بر روی دندان های افراد مالیده شد، به مدت چندید ماه آن ها را در برابر پوسیدگی محافظت کرد.

آیا آنها فرار خواهند کرد؟

منتقدان می گویند اگر ماهی هایی که ژنتیک شان تغییر یافته است از حوضچه های خود خارج شده و وارد اقیانوس شوند یا گرده گیاهانی که ژنتیک شان تغییر یافته است به کشت زار های مجاور برسند نتایج آن غیر قابل پیش بینی خواهد بود. این ارگانیسم های تغییر یافته ممکن است سخت جان تر از گونه های بومی بوده ، در رقابت با آن ها پیروز شوند، و احتمالا سبب نابودی جمعیت گیاهان بومی، شوند. بعضی پژوهش ها نشان می دهد که ماهی تغییر یافته ممکن است نژاد خوبی باشد، اما نمی تواند در محیط وحشی زنده بماند. اگر این ماهیان تغییریافته با گونه های وحشی آمیزش کنند و خصوصیات ضعیف تر خود را به آن ها انتقال دهند، از نظر تئوری ممکن است سبب انهدام جمعیت ماهیان شوند.

طرفداران دستکاری ژنتیکی می گویند که گیاهان و جانوران تغییر یافته را می توان به طور موفقیت آمیزی محصور کرد، اما در وضعیت های جهان واقعی همیشه این چنین نخواهد بود. مثلا هزاران ماهی آزاد پرورشی تاکنون ناشناخته است. فقط با عقیم سازی این ارگانیسم های تغییر یافته می توانیم مطمئن شویم که تاثیر ژنتیکی بر روی محیط زیست ندارند. با این وجود ، برنامه ها عقیم سازی

کاملا قابل اعتماد نیستند. علاوه بر اینها، اگر گیاهانی که ژنتیک شان تغییر یافته است عقیم گردند، آن گاه پرندگان و حشراتی که معمولا از دانه های این گیاهان استفاده می کنند از منابع غذایی محروم خواهند شد.

احتیاط: خوش آمدگویی به ژنوم

کارهای آلبرت اینشتین در مورد نسبیت و تئوری کوانتوم منجر به بزرگترین انقلاب علمی قرن بیستم شد. پژوهش های او نه تنها فهم بنیادین قوانین فیزیکی عالم را تغییر داد ، بلکه تاثیر قابل ملاحظه ای هم بر نگرش انسان به خود داشت. طی این قرن فلاسفه ، هنرمندان ، و نویسندگان « تحول فرهنگی و پژواک ها قابل توجه و گاهی کاملا پیش بینی نشده ای» را که از نظریه های اینشتین حاصل شده بود مورد نظر داشتند. تاثیر اینشتین بر سیاست نیز حس می شد. اینشتین که یک پناهنده از آلمان نازی بود نگران این بود که اگر آن ها نیروی اتم را مهار کنند چه کارهایی برای پیشبرد آرمان های شیطانی خود خواهند کرد. اینشتین که از چنین بازتاب مصیبت آمیزی می ترسید در سال۱۹۳۹ نامه ای به فرانکلین روزولت نوشت و ایالات متحده را تشویق کرد تا بمب اتمی خود را بسازد ـ کاری که تا حدودی از نظریه های خود اینشتین ممکن شد.

در پایان جنگ که کشورهای محور شکست خوردند، دیدگاه اینشتین نسبت به بمب اتمی تغییر پیدا کرد و از وی نقل می کنند که گفته است: «فکر می کنم که در زندگی یک اشتباه کرده ام، و آن امضاء کردن آن نامه (به فرانکلین روزولت در حمایت از بمب اتمی) بود.» اینشتین نیز از دانشمندان خواست تا « هر چه در توان دارند به کارگیرند تا از استفاده این سلاح ها، که برای مقاصد وحشیانه ای اختراع شده اند، جلوگیری به عمل آورند.» کارهای علمی و روحیه سیاسی خود اینشتین روی تولید سلاح های اتمی تاثیر داشت. اما اینشتین نظریه های خود را در مورد ماده و انرژی برای استفاده در این راه ارائه نکرد. در عوض، کاربرد این مورد ماده و انرژی برای استفاده در این راه ارائه نکرد. در عوض، کاربرد این نظریه های علمی در نتیجه پیشرفت های علمی و فنی بود که اینشتین نقش مهمی درآن داشت.

اگرچه ژنومیک ، که به مقدار زیادی یک کوشش دسته جمعی است، فاقد تاثیر و جاذبه یک نفره اینشتین است، اما این دانش جدید به طور مطمئن تاثیر علمی ، پزشکی ، فرهنگی، و سیاسی مهم و دراز مدتی خواهد داشت. همان طور که اینشتین به آشکار ساختن قوانین فیزیکی عالم یاری رساند، دانشمندان ژنومیک دارند رازهای زیست شناختی همه گونه های موجود در زمین را آشکار می سازند. در این کتاب ما در مورد شیوه هایی که ژنومیک روزی خدمات بهداشتی را بهبود خواهد داد و این که چگونه دارد ماهیت کشاورزی را تغییر می دهد نوشته ایم. هم چنین در مورد شیوه های تاثیر ژنومیک بر درک ما از خود به عنوان یک فرد و نیز به عنوان گونه نیز نوشته ایم، و این که چگونه انسان ها و گونه های دیگر زمین از طریق ژنوم خود با همدیگر خویشاوند هستند. و سرانجام بعضی از چالش های اخلاقی و انسانی راکه پس از انجام انقلاب ژنومیک با آن روبرو خوهیم شد، بررسی کرده ایم. همه این تاثیرها مطمئنا الهام دهنده فیلسوفان، هنرمندان و نویسندگان خواهد بود تا در مورد شرایط انسانی به شیوه های تازه ای بیاندیشند. از دیدگاه کنونی واقعا بزرگترین انقلاب قرن بیست و یکم خواهد بود.

اگر چه خود علم ممکن است که برنامه سیاسی یا اجتماعی نداشته باشد، اما غالبا مردم دارند و اگر فرصت پیدا کنند علم را برای مقاصد خودشان به کار خواهند گرفت. می دانیم که چه گونه طرفداران به ـ نژادی معنی وراثت انسانی را تحریف کردند تا کارهای زشت شان را در نیمه اول قرن بیستم توجیه کنند. و از مورد جسی ژلزینگر می دانیم که چه گونه تضاد منافع در بیوتکنولوژی می

تواند آسیب های زیادی برساند. علاوه بر اینها، گاهی تکنولوژی هایی ایجاد می شوند که ممکن است درحالت اصلی و یا تغییر شکل یافته خود خطرناک باشند. اگر این موضوع را بفهیمی ، می توانیم آنچه را تروی داستر جامعه شناس دانشگاه نیویورک «عوارض جانبی اجتماعی» تکنولوژی ژنومیک می خواند ملایم تر کرده و یا متوقف کنیم. اکنون نمی توانیم بدانیم که همه این عوارض جانبی چه خواهد بود، یا چه گونه بر ما اثر خواهند گذاشت ، ولی می توانیم تشخیص دهیم که علم و عوارض جانبی آن هر دو در یک بسته بندی با هم می آیند. ژنومیک ،همانند همه تکنولوژی ها، امکان دارد به عنوان شگفتی هوش انسان نوید های خود را به انجام برساند و یا با ایجاد آسیب و زیان شدید ما را دلسرد کند. تمام دست اندرکاران انقلاب ژنومیک ، از قانون گذاران دولتی، تا دانشمندان و شهروندان باید امکان عوارض جانبی زیانبخش را تشخیص دهند و با قانون گذاری، رهنمودهای اخلاقی و استانداردهای فرهنگی راه های را پیدا کنند تا حریم ژنتیکی ما محفوظ بماند، تبعیض ژنتیکی هرگز تکرار نشود، و به ـ نژادی یک مورد مطالعه تاریخی بماند.

متاسفانه در بعضی موارد عوارض جانبی هم دیده شده است، ولی شاید بتوانیم از شکست های اولیه خود درس بگیریم. یکی از آشناترین تکنولوژی های ژنومیک انگشت نگاری DNA است که به نیروهای انتظامی کمک می کند تا مجرم را پیدا کنند، مساله رابطه پدری را روشن سازند و به شناسایی شخص مرده یاری برسانند. بیشتر آمریکاییها به علت دیدن فیلم های تلویزیونی، با اصول انگشت نگاری DNA مانند «تحقیقات در محل جرم» و وقایع زندگی واقعی در دادگاه ها آشنایی دارند. با وجود شباهت های غیر قابل باور DNAها تمام مردم، به جز دوقلوهای همانند ، ژنومیک یگانه ای دارند. دانشمندان می توانند از DNA های متعلق به خون ، غده مو، بزاق، سلول پوستی به جا مانده از اثر انگشت استفاده کنند و بخش های یگانه ژنوم شخص را مشخص سازند.

در آزمایشگاه های تشخیص جرم پلیس ، DNA یک نمونه بافت را می توان با DNA به دست آمده از محل جرم، چه خون به جا مانده در محل جرم و چه منی جمع آوری شده در موارد تجاوز جنسی، مقایسه کرد. در موارد اثبات پدری DNA کودک با DNA فرد مدعی پدری مقایسه میشود. بیش از ۳۴۲ هزار آزمون برای تعیین پدر بودن فقط در سال۲۰۰۲ در آمریکا انجام شده است. سرانجام در مواردی که در جنگ یا حوادث دیگر از بین رفته اند به کار برد. بسیاری از قربانیان حمله تروریستی به مرکز تجارت در یوگسلاوی سابق نیز به همین روش شناسایی شده اند. قربانیان خشونت در یوگوسلاوی سابق نیز به همین روش شناسایی می شوند.

انگشت نگاری DNA دقت بسیار زیادی دارد. دانشمندان تخمین می زنند که اگر ده قطعه DNA از یک ژنوم با همدیگر مقایسه شونداحتمال شباهت اتفاقی بین دو نفر فقط یک در میلیارد است. این دقت بینهایت زیاد که فقط هنگامی به دست می آید که دانشمندان متخصص این کار آزمایش را انجام دهند، نیروهای انتظامی را برای شناسایی مجرمین تقویت می کند. اما گاهی اشتباه هم پیش می آید که از عوارض جانبی این تکنولوژی است که به سرعت خود را نشان داده است. مثلا در انگلستان که به مرحله پیشرفته بیماری پارکینسون که حرکت او را به شدت محدود می کرد مبتلا بود، به اتهام سرقتی که در ۲۰۰ مایلی خانه اش انجام شده بود، براساس تطابق با بانک اطلاعاتی DNA دستگیر شد. یک آزمون دقیق تر سرانجام او را تبرئه کرد. در هر حال بعضی اشتباه ها همیشه تصادفی نیستند و بر برطرف کردن ان ها همیشه ساده نیست.

در تگزاس ، پلیس شهر هوستون در سال ۲۰۰۲ آزمایشگاه جرم شناسی DNA خود را تعطیل کرد، زیرا یک بازرسی مستقل مشکلات بسیار زیادی راآشکار ساخت که با شگفتی شامل این واقعیت بود که هیچ یک از آزمایشگرانی که در آزمایشگاه کار می کردند «از نظر آموزشگاه روش های علمی زیر استاندارد و سقفی که نشت می کرد افزوده شده بود. تا سپتامبر سال ۲۰۰۳ ، ۴۹مورد توسط یک آزمایشگاه خصوصی حل شد، که منجر به کشف ۱۴ اشتباه مهم شد. در یک مورد، جوزیاساتون ، یک نوجوان اهل هوستون که به اتهام تجاوز جنسی زندانی شده بود، پس از این که مدرک DNA در پرونده او آشکار ساخت که او بیگناه است، آزاد شد. مشکلات مشابهی در

سایر مراکز پلیس در سراسر کشور آمریکا رخ داده است. نکته در این جاست که مواردی مانند ساتون نشان می دهد که چه گونه وقتی انگشت نگاری DNA درست به کار رود می تواند کسی را که محکوم شده بود ، تبرئه کند. پروژه بی گناه ، یک آزمایشگاه حقوقی غیر انتفاعی که توسط دو وکیل به نامهای باری شک و پیتر نوفلد اداره می شود، با استفاده ار آزمایش DNA پس از محکومیت باعث آزادی و تبرئه حدود ۱۰۰ نفر شده است. تا آوریل سال ۲۰۰۴ ، در سراسر کشور آمریکا ۱۴۳ زندانی، از جمله زندانیان پروژه بی گناه ، پس از این که آزمایش DNA پس از محکومیت ثابت کرد که بیگناه هستند ، آزاد شدند. ۱۳ نفر از زندانیان آزاد شده محکوم به مرگ شده بودند.

استفاده از DNA در دادگاه ها مسایل گوناگونی را پیش می آورد. درآمریکا ۵۰ ایالت و ناحیه کلمبیا قوانین مختلفی دارند که گرفتن DNA را از کسانی که به انجام گروه معنیی از جنایات محکوم شده اند، الزامی می سازد. این نمونه های DNA برای حل جرایم به کار می روند و بخشی از یک سیستم فهرست بندی مجموعه DNA ها است که بانک اطلاعاتی هماهنگ نمونه های DNA های محلی ، ایالتی و کشوری را تشکیل می دهد. بازرسین نیروهای انتظامی می توانند شکل DNA های موجود در این سیستم را با نمونه های به دست آمده از صحنه جرم به طور الکترونیکی مقایسه کرده و به دنبال DNA مشابه بگردند. چنین بانک هایاطلاعاتی DNA طرفداران حمایت از حریم خصوصی را نگران می کند. این نوع بانک های اطلاعاتی تا کجا پیش خواهد رفت ؟ اگر کسی متهم یا محکوم نشد آیا این نمونه ا نابود خواهند شد؟ چه نوع اطمینان هایی باید وجود داشتهباشد تا ملزم سازد که اطلاعات مربوط به DNA خصوصی بماند و فقط برای کارهای جرم شماسی به کار می ود؟ و به جز استفاهده باری مقایسه با DNA های به دست آمده از محل جرم، چه نوع استفاده های دیگری از اطلاعات DNA باید اجزه داده شود؟ آیا استفاده «به منظور نیروهای انتظامی» بایدش امل کسب اطلاع از وضع سلامتی متهم هم بشود؟ یک ناظر حقوقی می گوید تغییرناپذیری DNA «طیفی از پیشداوری ایجاد می کند و باعث می شود تا یک فرد طبقه مجزا جای داده شود، و خطوط تعیین شده توسط حقایق آشنا و خصوصی را قطع کند... بنابر این تصرف این اطلاعات بالقوه به دارنده آن این قدرت را می‌دهد تا افراد زیادی را نشاندار کرده و برایشان تبعیش قایل شود.» بعضی ها حتی پیشنهاد کرده اند که گرفتن نمونه DNA سناریوی «برادر بزرگ» مطمئنا با مخالفت شدیدی مواجه خواهد شد.

همه تکنولوژی ژنومیک چنین عوارض جانبی پیچیده خطرناکی را ایجاد نخواهد کرد. اما همان طور که می بینید یک ابزار ژنومیک ساده با کاربردهایی که خیلی ها فکر می کردند نسبتا مشخص است معلوم شده است هم کاربرد و هم تاثیر اجتماعی پیچیده ای دارد. و آینده نیز ساده تر به نظر نمی آید. مطمئنا ژنومیک نه تنها بزرگترین اذهان علمی ما را برای کشف اسرار حیات به چالش می کشد، بلکه نهادهای دولتی و اجتماعی را هم چنان که سعی دارند تکنولوژی های ژنومیک را بدون خطر وارد خدمات بهداشتی کنند، در معرض آزمون قرار می دهد.

مطمئنا مواردی هم هستند که دانشمندان تکنولوژی هایی را می آفرینند که از نظر اخلاقی مسئله ساز هستند و یا برای افراد زیادی یا همه در جامعه ما قابل قبول نیستند. فکر همانند سازی انسان این گونه پاسخ را در طیف حرفه ای و سیاسی ایجاد کرده است. بسیاری از دانشمندان ، روحانیون ، متخصصین اخلاق ، و مردم عادی مخالف همانندسازی انسان به منظور تولید مثل هستند. یک روحانی همانند سازی انسان را «اختلال اخلاقی» نامید. در فوریه سال۲۰۰۳ مجلس نمایندگی آمریکا همانند سازی را برای تولید مثل یا درمان ممنوع کرد. سنای آمریکا تا آوریل ۲۰۰۴ هنوز این لایحه را تصویب نکرده است. نه ایالت، ازجمله کالیفرنیا، ردآیلند، ویرجینیا، داکوتای شمالی همانندسازی انسان را برای تولید مثل ممنوع کردند. ممنوعیت همانندسازی در میشیگان و آیوا شامل برنامه های پژوهشی هم می‌شود.

اگر چه خیلی ها قبول دارند که همانند سازی برای تولید مثل فراسوی مرزهای اخلاقی ماست، نظرهای گوناگونی در مورد شکل های غیر تولید مثلی همانند سازی وجود دارد که عموما تحت عنوان پژوهش بر روی سلول های بنیادی قرار می گیرد. این بخش از پژوهش همانند سازی درمانی نام دارد و با همانند سازی باری تولیدمثل تفاوت دارد، زیرا استفاده از آن نمی تواند به تولید انسان منجر شود.

سلول های بنیادی سلول هایی هستند که طی مراحل حیات یک ارگانیسم در ساختن سلول های جدید برای اندام ها و بافت های دیگر فعال هستند. مثلا سلول های بنیادی در مغز استخوان پیوسته گلبول های خونی تازه می سازند. یک سلول بنیادی می تواند پیوسته تقسیم پذیرد و کپیه دقیق خود را بسازد، و می تواند به سلول های تخصصی که در سراسر بافت های بدن وجود دارد تغییر شکل یابد. این خصوصیات پژوهش بر روی استفاده از سلول های بنیادی در مان بیماری های بسیاری از جمله سرطان و بیماری های قلبی تحقیق می کنند.

از آن جایی که در پژوهش بر روی سلول های بنیادی غالبا از سلولهای بنیادی جنین انسان استفاده می شود ، کاربرد آنها بسیار جنجال برانگیز است. با واردکردن ژنوم هسته یک فرد در یک سلول بنیادی جنسی ، این سلول می تواند کپی شود و در پژوهش و احتمالا روزی در کارهای بالینی برای درمان بعضی از بیماری های ذکر شده در بالا به کار رود. پیوند ژنوم هسته یک فرد به یک سلول بنیادی جنینی به این معنی است که DNA سلول های بنیادی یا فراورده های آن به بدن گیرنده وارد می شود احتمال رد شدن دیگر وجود ندارد.

این گونه پژوهش ها در نظر بعضی بحث انگیز است زیرا این سلول های بنیادی از جنین های استفاده نشده ای برداشته می شوند که از تکنیک های باروری در لوله آزمایشگاه به جا مانده اند. پرزیدنت بوش در سال ۲۰۰۱ استفاده از سلول های بنیادی جنینی را در پروژه هایی که از بودجه فدرال استفاده می کنند برای شصت توع سلول کشت شده محدود ساخت. بسیاری از دانشمندان و شخصیت های مشهور با این کار مخالفت کردند و مانگاری درازمدت این سلول های بنیادی و تعداد آن ها را مورد سوال قرار دادند. امکان دارد که تصمیم پرزیدنت بوش مبنی بر محدود ساختن بودجه دولتی پژوهش های مربوط به سلولهای بنیادی ، این گونه پژوهش های علمی را به بخش بیوتکنولوژی خصوصی براند که پژوهش ها در خارج از رهنمودهای اخلاقی دولت فدرال انجام خواهد شد. با این وجود پژوهش بر روی سلول های بنیادی ادامه می یابد. پیشرفت های اخیر در کاربرد سلول های بنیادی بالغ ممکن است روزی راه های دیگری را برای پژوهش در این زمینه بگشاید.

شورای متخصصین اخلاق زیستی پرزیدنت جورج بوش در سال ۲۰۰۲ گزارشی منتشر کرد و خواستار منع همانند سازی به منظور تولید مثل و یک توقف چهار ساله برای همانند سازی درمانی شد. بعضی افراد این شورا با همانند سازی درمانی نیز مخالف هستند، زیرا نگرانند که این کار سرآغاز همانند سازی به منظور تولید مثل باشدو برخی دیگر بین «همدردی با بیماران» و احترام به حیات انسانی» در حال تردید بودند. این شورا با انتقاد شدیدی موجه است . آرتورکاپلان متخصص اخلاق زیستی معتقد است که این شورا «در تغییر مواضع از پیش اعلام شده پرزیدنت بوش مخالفت با پژوهش بر روی سلول های بنیادین، همانند سازی ، و ایجاد جنین انسانی برای پژوهش هیچ کاری نخواهد کرد.» اما چون که این تکنیک انسان جدیدی خلق نمی کند، برت وجلستین پژوهشگر سرطان و بروس آلبرت رئیس آکاومی ملی علوم و کنت شاین رئیس موسسه پزشکی استدلال می کنند که اصطلاح همانند سازی درمانی «از نظر مفمومی دقیق نیست، گمراه کننده است و نباید به کار برده شود.» به جای این واژه آنها واژه «پیوند هسته ای» را پیشنهاد می کنند و

معتقدند «این مفهوم را می رساند که هسته سلول و مواد ژنتیک آن از یک سلول به سلول دیگر انتقال پیدا کرده و نیز مفهوم و پیوند، را که هدف پزشکی باززایشی (regenerative medicine) است می رساند.»

این مسئله ای است که حل آن زمان زیادی می بود. اما این که مردم دارند در مورد مسایل علمی مانند همانندسازی، پیوند هسته ای، و انگشت نگاری DNA و تاثیر آن بر جامعه بحث و گفتگو می کنند، چیز خوبی است. امید می رود که این جریان به پیدایش جامعه ای منتهی شود که فعال تر است و به شیوه های تاثیر تکنولوژی های جدید بر زندگی اش علاقه بیشتری دارد. این نیز باید به جامعه کمک کند تا خطر و سودهای کاربرد تکنولوژهای زنومیک را ارزیابی کند. سال ها و بلکه ده ها سال طول خواهد کشید تا انقلاب ژنومیک بخش عادی از زندگی ما شود. از همه اینها گذشته، انقلاب ژنومیک تازه دارد راه می افتد. اریک لندر یکی از مدیران پروژژنوم انسان و رئیس موسسه وایتهد در موسسه تکنولوژی ماساچوست تکمیل ردیف یابی ژنوم انسان را اولین کام این انقلاب می داند. در آوریل سال ۲۰۰۳ جشن تکمیل نسخه نهایی ردیف ژنوم انسان توسط موسسه ملی پژوهش های ژنوم انسان لندر گفت « از امروز کار جدی تجزیه و تحلیل چیزها آغاز می شود.»

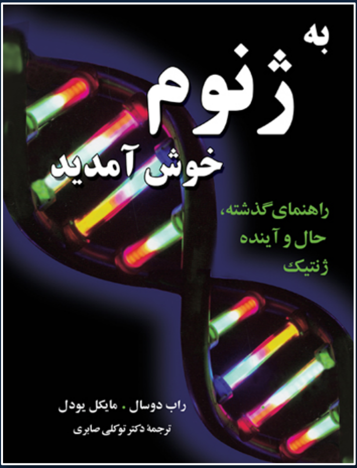
تکمیل ردیف یابی ژنوم اکنون جای خود را به وظیفه دائم فهمیدن زیست شناسی خودمان می دهد، به شیوه ای که بتواند به پیشگیری و درمان بیماری ها، درک میراث تکاملی حیات در کره زمین، و یافتن راه هایی برای تقویت کشاورزی یاری برساند. در هشت فصل پیشین اصول ژنومیک را معرفی کردیم. از این کشف ساختمان DNA تا ردیف یابی ژنوم انسان و ورود بیوتکنولوژی به خدمات بهداشتی ژنومیک تاثیر مهمی بر روی زندگی همه ما داشته است و خواهد داشت. زیان وحشتناکی خواهد بود اگر روزی عوارض جانبی تکنولوژی ژنومیک بر سودهای آن پیشی گیرد. اکنون در سرآغاز انقلاب ژنومیک، در مسئولیت همه ما است که مطمئن شویم که بهترین قسمت این دانش جدید بخشی از زندگی ما می شود.

IFTaD

The بنیاد بین المللی تئوری ها و دکترین ها

International Foundation of

Theories and Doctrines



به ژنوم خوش آمدید

نویسنده : رابرت دوسالمایکل یودل

ترجمه: محمدرضا توکلی صابری

انتشارات مازیار

آدرس سایت :

www.iftad.org

آدرس ایمیل :

books@iftad.org