

چشم اندازها

انقلاب‌های علم در قرن بیست و یکم

این ترجمه به فرزندانم اهدا می‌شود
که مهرشان بر مهرم افزون است

کاکو، میچیو **Kaku, Michio**

چشم‌اندازها: انقلاب‌های علم در قرن بیست و یکم / میچیو کاکو؛ ترجمه یوسف
اردبیلی. - تهران: ققنوس، ۱۳۸۱.

ISBN: 964-311-347-7

ص. ۵۳۶

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیپا.

عنوان اصلی: *VISIONS: How Science Will Revolutionize*

the 21st Century

کتابنامه: ص. ۵۲۳-۵۲۹.

نمایه.

۱. علوم - آینده‌نگری. ۲. قرن بیست و یکم - آینده‌نگری‌ها. ۳. ژنتیک -

آینده‌نگری. ۴. کامپیوتر - آینده‌نگری. ۵. فیزیک کوانتوم - آینده‌نگری. الف.

اردبیلی، یوسف، مترجم. ب. عنوان.

۵ چ ۲ ک / ۱۲۵ Q ۵۰۱/۱

۱۳۸۱

م ۸۱-۲۸۹۶۱

کتابخانه ملی ایران

چشم اندازها

انقلاب‌های علم در قرن بیست و یکم

میچیو کاگو

ترجمه یوسف اردبیلی



این کتاب ترجمه‌ای است از:

VISIONS

*How Science Will
Revolutionize the 21st Century*

Michio Kaku

Anchor Books, 1998



انتشارات ققنوس

تهران، خیابان انقلاب، خیابان شهدای ژاندارمری

شماره ۲۱۵، تلفن ۶۴۰۸۶۴۰

* * *

میچیو کاکو

چشم‌اندازها

انقلاب‌های علم در قرن بیست و یکم

ترجمه یوسف اردبیلی

چاپ اول

۲۲۰۰ نسخه

زمستان ۱۳۸۱

چاپ شمشاد

حق چاپ محفوظ است

شابک: ۹۶۴-۳۱۱-۳۴۷-۷

ISBN: 964-311-347-7

ای.ای.ان. ۹۷۸۹۶۴۳۱۱۳۴۷۶

EAN: 9789643113476

Printed in Iran

سخنی چند از مترجم

در روایتی مسحورکننده که به طرز ماهرانه‌ای تحقیقات دانشمندان ممتاز کنونی را به هم پیوند می‌دهد، دکتر میچیو کاکو، فیزیکدان نظری و استاد دانشگاه شهر نیویورک، مؤلف کتب علمی بسیار و بالاخص کتاب پرفروش ابر فضا به معرفی رخدادهای برجسته و گستاخانه علم در قرن بیست و یکم می‌پردازد.

وی در این کتاب با بیانی روشن، سه انقلاب علمی که قرن بیستم را عمیقاً دستخوش دگرگونی کردند یعنی انقلاب کوانتومی، انقلاب زیست ژنتیکی و انقلاب رایانه‌ای را تحت بررسی قرار می‌دهد و تحولات خیره‌کننده آن‌ها را در قرن بیست و یکم به طریق علمی پیش‌بینی می‌کند. عناصر اساسی ماده، حیات، ذرات اتمی و اسید نوکلئیدهای سلول که اینک تبیین و تشریح شده‌اند یکی از بزرگ‌ترین فصول تاریخ علم را تشکیل می‌دهند. اما این تحولات مقدمه‌ای خواهند بود برای نیل به انقلاب‌های علمی عظیم‌تر، یعنی تحوّل آدمی از نظاره کردن انفعالی در اسرار طبیعت تا نیل به فعال مایشاء بودن در آن و قادر شدن به دستکاری و دخالت در ماده و حیات و هوش و به عنوان مثال بازسازی دنیای اطراف خویش.

مؤلف، در فصول نخستین کتاب، آینده‌سایبرگ‌ها^۱ را توصیف می‌کند، یعنی وقتی که میلیون‌ها ریزپردازنده در تمامی نقاط زمین پراکنده می‌شوند و اصل جزم حاکم بر صنعت رایانه‌ای یعنی قانون مور در نهایت نقض می‌شود و دانشمندان ملزم می‌شوند که

طرح‌های نوینی نظیر رایانه‌های DNA ای یا رایانه‌های کوانتومی را بپذیرند و زمانی فرا می‌رسد که نظام‌های هوش مصنوعی بر بسیاری از اعمال و رفتار آدمی و پدیده‌های طبیعی چیره می‌شوند و در عین حال فواید چشمگیر و مضار هول‌انگیز خود را باز می‌نمایند.

در بخش بعدی کتاب دکتر کاکو نشان می‌دهد چگونه رازگشایی DNA اجازه می‌دهد که آدمی بر بیماری‌های گسترده ژنتیکی غلبه یابد، بسیاری از انواع سرطان‌ها را در سطح مولکولی مغلوب سازد، با استفاده از «حقیقت مجازی» به ترکیب و ساخت بسیاری از داروهای مفید و مؤثر بپردازد، اعضا و جوارح مصنوعی نوینی خلق کند، بر سالمندی و سالخوردگی چیره شود و میراث ژنتیکی ما را اصلاح و بازسازی نماید.

بالاخره وی تشریح می‌کند چگونه فیزیکدانان کوانتومی روش‌های نوینی را تکمیل می‌کنند تا از انرژی ستارگان و دیگر منظومه‌های گیتی برای استفاده در ماشین‌های مولکولی و ابرماشین‌هایی که انقلاب‌های صنعتی ثانوی را نیرو می‌دهند بهره‌برند و موتورهای هم‌حوشی^۱ ویژه‌ای بسازند که مسافرت انسان را به سیارات دیگر میسر کنند. آنچه دورنگری دکتر کاکو را برای آینده علم چنین مستدل و متقن می‌سازد آن است که اندیشه‌های وی بر تحقیقات گسترده‌ای که هم اکنون در آزمایشگاه‌های پیشرو و مجهز جهان جریان دارند متکی است. وی با بیش از ۱۵۰ دانشمند برجسته جهانی که برخی از آن‌ها، برندگان جوایز علمی نوبل هستند مصاحبه کرده و حاصل مصاحبه‌ها را در روایتی غنی و الهام‌بخش پیوند داده است (اسامی و نشانی همه آن‌ها در مقدمه کتاب اصلی مندرج است). مؤلف در این کتاب همچنین توافقاتی مترازد دانشمندان ممتاز جهانی در باره تطورات و تکاملات علم در اوایل، اواسط و اواخر قرن بیست و یکم را با توسل به شیوه‌های علمی و استنتاجات منطقی تبیین می‌کند و عالمانه و صادقانه نقشه اساسی دانشمندان را برای پیشرفت‌های بشر در قرن پیش رو ترسیم می‌نماید.

دکتر میچو کاکو هم اکنون استاد کرسی فیزیک نظری در دانشگاه شهر نیویورک است. وی مؤلف کتاب‌های پرارجی نظیر: ابرفضای خارجی، عصر پس از اینشتین، تئوری

میدانی کوانتوم و مقدمه‌ای بر ابرتارها^۱ است که با استقبال عمومی فراوان مواجه شده‌اند. باری، آنچه مترجم را به برگرداندن این کتاب علمی پرمحتوا که شمه‌ای از آن در فوق گذشت، واداشته است شوق خدمتی به هم‌میهنان، به ویژه جوانان و دانش‌پژوهان و علاقه‌مندان است که با شگفتی‌های علم، صنعت و هوش در قرن بیست و یکم بهتر آشنا شوند و از تحولات دانش بشری در طول عمر خویش بیش‌تر بهره‌برند. گرچه سالمندان و سالخوردگانی همانند مترجم به علت ازدیاد سن نخواهند توانست ناظر این همه پیشرفت باشند اما جای خوشوقتی است که کودکان و جوانان امروزی در سال‌های آتی شاهد این تحولات اعجاب‌آور خواهند بود و از آن بهره‌مند خواهند شد.

ذکر این نکته ضروری است که مترجم با اذعان به فقدان تبخّر در علوم مختلف و علی‌رغم بیش از نیم قرن نویسندگی، تحقیق و ترجمه در علوم انسانی به ترجمه این کتاب از آن روی همت گماشت که اولاً آن را اثری بس جالب و جذاب یافت. ثانیاً مؤلف ممتاز و دانشمند آن به جای نگاه به گذشته و کند و کاو مطالب کهن روی به آینده دارد و می‌کوشد انقلاب‌های علم را برای پیشرفت، سعادت، سلامت، بقای نسل آدمی و تسخیر فضا-زمان به تصویر کشد و سخنانی نو آورد. که گفته‌اند:

فسانه گشت و کهن شد حدیث اسکندر سخن نو آر که نو را حلاوتی است دگر

این کتاب را فرزندم مهران اردبیلی که خود دارای درجهٔ دکترا در فیزیک انرژی عالی از دانشگاه مشهور پرینستون است برایم ارسال داشته است تا دریچه‌ای از پیشرفت‌های علوم جدید و تحولات آن را در قرن کنونی به رویم بگشاید. اما مترجم دریغ دانست که هم‌میهنان به ویژه کودکان و جوانان امروزی و مردان و زنان آتی را از این موهبت علمی بی‌نصیب بداند. لذا با اشتیاق به خدمت و با صرف اوقات بسیار و کمک گرفتن از فرهنگ‌ها و کتب متعدد علمی به منظور کاربرد اصطلاحات و معادل‌های درست فارسی در زمینه‌های مرتبط و نیز مذاکره با صاحب‌نظران و یاری گرفتن از آنان به این کار سترگ دست یازید. امید است این خدمت مترجم همانند سایر تألیفات، ترجمه‌ها و مقالات او مورد عنایت اساتید، دانشجویان، دانش‌آموزان و عموم علاقه‌مندان قرار گیرد. توجه آنان

به این کتاب علمی اجری است بر مساعی و مرارت‌های مترجم در طول سالیان متممادی خدمتش.

مترجم ناگزیر از بیان این مطلب است که ترجمه چنین کتابی با اطلاعات گسترده در زمینه‌های علوم و اصطلاحات و لغات خاص در موضوعات فن‌آوری کاری بس دشوار و وقت‌گیر است و مترجم تا سرحد توانایی خویش کوشیده است که در برگردان مطالب کاملاً رعایت امانت و صداقت را به جای آورد، مع‌هذا ممکن است در برگردان آن‌ها احیاناً لغزش‌ها و سهوهای رخ داده باشند که از نقص کار مترجم ناشی شده‌اند نه از توانمندی و صحت نوشتار مؤلف پر ارج آن. از ارباب بصیرت انتظار دارد نقایص جزئی را به دیده اغماض بنگرند اما از انتقادات اصولی دریغ نوزند و با تذکر به نشانی ناشر محترم آن اقدام فرمایند تا به دیده منت نگریسته شوند و به تصحیح آن‌ها در چاپ یا چاپ‌های بعدی مبادرت شود.

یوسف اردبیلی

تهران - مهر ۱۳۸۱

فهرست

مقدمه ۱۱

بخش یکم: چشم اندازها

۱. طراحان رقص و اهتزاز ماده، حیات و هوش ۱۵

بخش دوم: انقلاب رایانه‌ای

۲. رایانه نامرئی ۴۱

۳. سیاره هوشمند ۷۱

۴. ماشین‌هایی که فکر می‌کنند ۱۱۱

۵. در ورای سیلیکُن ۱۵۵

۶. افکار ثانوی ۱۸۳

بخش سوم: انقلاب زیست‌مولکولی

۷. گداهای DNA شخصی ۲۱۱

۸. غلبه بر سرطان - تثبیت ژن‌ها ۲۴۳

۹. پزشکی مولکولی و ارتباط بدن و روان ۲۷۱

۱۰. جاودانه زیستن ۲۹۹

۱۱. فرزندان و کلون‌های طراحی شده ۳۲۹

۱۲. افکار ثانوی ۳۵۹

بخش چهارم: انقلاب کوانتومی

۱۳. آینده کوانتوم..... ۳۹۱
۱۴. دسترسی به ستارگان..... ۴۳۵
۱۵. به سوی تمدن سیاره‌ای..... ۴۷۳
۱۶. اربابان فضا و زمان..... ۴۹۷
- منابع..... ۵۲۳
- نمایه..... ۵۳۱

مقدمه

این کتاب در باره آینده نامحدود علم و فن آوری است و دامنه مطالب خود را بر یکصد سال آتی و ماورای آن معطوف داشته است. کتابی که هدف خاص و عمق و دقت آن معطوف به تلخیص پیشرفت‌های هیجان‌آور و سریع علم است نمی‌تواند بدون بینش و خرد دانشمندانی که آینده را می‌سازند به رشته تحریر در آید.

البته، هیچ فردی نمی‌تواند مبدع و مخترع آینده باشد. به سادگی می‌توان گفت که آینده انباشته از دانش فراوان و امکانات و خصایص بسیار است. در حقیقت، اغلب پیش‌بینی‌های آینده توأم با لغزش‌ها و اشتباهات بوده‌اند زیرا نقطه نظرهای محدود و غیرعادی تنها یک فرد را منعکس داشته‌اند.

این بیان در باره چشم‌اندازها یا دورنگری‌های این کتاب صادق نیست. در جریان نوشتن کتاب‌های متعدد، مقالات و تفسیرهای علمی به ندرت از این امتیاز برخوردار بوده‌ام که بتوانم با بیش از ۱۵۰ دانشمند که پای‌بند اصول و عقاید متنوعی هستند در ظرف مدت ده سال مصاحبه کنم.

بر اساس این مصاحبه‌ها، کوشیده‌ام به طرح و تعبیه یک چارچوب زمانی پبردازم که در آن پیش‌بینی‌های معینی تحقق خواهند یافت و یا محقق نخواهند شد. دانشمندان انتظار دارند برخی پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۲۰ اساساً وقوع یابند و بعضی دیگر تا سال‌های پیش‌تری، مثلاً از ۲۰۵۰ تا ۲۱۰۰ به طول انجامند. در نتیجه همه پیش‌بینی‌ها وضعی یکسان ندارند؛ برخی در آینده‌ای طولانی‌تر رخ می‌نمایند لذا بیش از بقیه به تفحص و تأمل نیازمندند. چارچوب‌های زمانی که من در این کتاب

مشخص کرده‌ام، البته باید به منزلهٔ رئوس راهنمایی به شمار آیند که به خوانندگان احساسی را متبادر می‌دارند که چه هنگام فن‌آوری‌ها و روندهای معینی می‌توانند به منصفهٔ ظهور درآیند.

رئوس مطالب کتاب از این قرارند: در بخش اول، تحولات چشمگیری توصیف شده‌اند که انقلاب رایانه‌ای به وجود می‌آورد که هم اکنون طلیعهٔ آن در دگرگونی حرف و مشاغل، ارتباطات و راه و رسم زندگانی ما متجلی شده و به اعتقاد من روزی به ما قدرتی می‌دهد که هوش را در هر بخشی از سیاره خود مستقر سازیم. در بخش دوم، به انقلاب زیست مولکولی توجه می‌شود که در نهایت به ما توان تغییر و ترکیب اشکال جدیدی از حیات را می‌دهد و داروها و درمان‌های نوینی خلق می‌کند. بخش سوم به انقلاب کوانتومی معطوف است که شاید عمیق‌ترین انقلاب در میان این سه انقلاب باشد که به ما امکان کنترل بر ماده را ارزانی می‌دارد.

در این جا مایلم از دانشمندانی که در جریان نوشتن این کتاب از بذل اوقات، نصایح و نظرات و بینش‌های ارزشمند خود به من دریغ نورزیده‌اند سپاسگزاری نمایم.

همچنین مایلم از افرادی که مرا در نوشتن این کتاب ترغیب و تشویق نموده‌اند و فصول زیادی از آن را پیش از چاپ بررسی و مطالعه کرده‌اند سپاسگزاری کنم.

میچیو کاکو

نیویورک

بخش یکم

چشم اندازها

طراحان رقص و اهتزاز ماده، حیات و هوش

سه درونمایه عمده علم قرن بیستم عبارتند از، اتم، رایانه و ژن.
هارولد وارموس^۱ مدیر انستیتوی بهداشت ملی

پیش‌بینی بسیار دشوار است، به ویژه وقتی در باره آینده باشد.

یوگی بررا^۲

سه قرن پیش، ایزاک نیوتون^۳ نوشت: «... من خویشتن را تنها شبیه به کودکی می‌دانم که در ساحلی به بازی مشغول است و خود را در این جا و آن جا برای یافتن ریگی صاف‌تر یا صدفی زیباتر از معمول، سرگرم می‌دارد، در حالی که اقیانوس عظیم حقیقت ناشناخته و نامکشوف در پیش رویش دامن گسترانیده است.» زمانی که نیوتون اقیانوس بی‌کران حقیقت را می‌کاوید که پیش رویش گسترده شده بود، قوانین طبیعت، در پس پرده رازآلوده و نفوذناپذیری از ترس، موهومات و خرافات پنهان شده بودند. علم، به قراری که امروزه می‌شناسیم، در آن موقع اصلاً وجود نداشت. حیات در عصر نیوتون، کوتاه، بی‌رحم و خشن بود. مردم عمدتاً بی‌سواد بودند، هرگز کتابی به دست نگرفته و در کلاس درسی ننشسته بودند. آنان به ندرت چند کیلومتری از زادگاه خود دور می‌شدند. در هنگام روز با پرداختن به کارهای کمرشکن، در زیر تابش سوزان و بی‌ترحم خورشید، عرق از جبین فرو می‌ریختند. شب هنگام هیچ سرگرمی و فراغتی نبود تا بر آنان آسایشی ببخشاید. تنها سکوت

1. Harold Varmus

2. Yogi Berra

۳. Isaac Newton دانشمند شهیر انگلیسی و کاشف قوه جاذبه زمین و سیارات متولد ۱۶۴۲ و متوفی در ۱۷۲۷ میلادی. - م.

سنگین و آواهای میان تهی بر شب تیره حاکم بود. آنچه آگاهی و اطلاع غالب مردم را تشکیل می‌داد، دردهای جانکاه و بیماری‌های کهنه، کاهنده و مزمن بودند. عمر آدمی غالباً از ۳۰ سال نمی‌گذشت و به چشم خود شاهد مرگ و میر فرزندان خویش در اوان طفولیت بود.

اما صدف‌ها و ریگ‌های اعجاب‌آوری که نیوتون و دیگر دانشمندان از سواحل اقیانوس برداشتند یاری کردند تا طلیعه زنجیر شگفت‌آوری از رخدادها و پدیده‌ها گردند. انتقالی ژرف در جامعه انسانی پدید آمد. با استفاده از علم مکانیک نیوتون، ماشین‌های نیرومندی به وجود آمدند و موتورهای بخاری پدیدار گشتند. نیروهای سائقی به تدریج ظهور کردند که جامعه جهانی را با دگرگونی جوامع کشاورزی و روستایی، توسعه کارخانه‌ها، تحرک بازرگانی، راه‌اندازی انقلاب صنعتی و گشودن مرزهای ایالات و کشورها از طریق راه آهن، شکل نوینی بخشیدند.

در پایان قرن نوزدهم روند کشفیات وسیع علمی به خوبی مشهود بود. پیشرفت‌های چشمگیر در علم پزشکی کمک کرد تا مردم از ورطه فقر و جهل بیرون آیند، به حیات و زندگانی خود غنا بخشند، با علم و دانش نیرو گیرند، دیدگان خویش را به افق‌های جدیدی بگشایند و به تدریج عنان نیروهای پیچیده‌ای را که می‌توانستند سلسله‌های فنودالی و رسوم باج و خراج دادن به خان‌ها، فئودال‌ها و امپراتوران را منهدم کنند، آزاد و رها سازند.

در پایان قرن بیستم، علم به انتهای یک عصر رسید، رازهای اتم گشوده شدند، مولکول‌های حیات آشکار گردیدند و رایانه‌های الکترونیکی به وجود آمدند. این سه دستاورد اساسی، سرآغاز سه انقلاب عمده شدند: انقلاب کوانتومی، انقلاب DNA^۱ و انقلاب رایانه‌ای. همزمان قوانین اساسی ماده، حیات و محاسبه سرانجام حل شدند.

اینک عصر حماسه‌های علمی به پایان می‌رسد. لکن عصری پایان می‌گیرد و عصری آغاز می‌گردد. این کتاب در باره عصر پویایی دانش و فن‌آوری است که اینک در برابر دیدگان ما بال و پر گشوده‌اند. کتاب مباحث خود را بر یکصد سال آینده و ماورای آن متمرکز ساخته است. عصر آینده متعهد است که حتی عمیق‌تر، کامل‌تر و نافذتر از گذشته باشد.

۱. DNA کوتاه‌نویس کلمات Deoxyribo Nucleic Acid است. - م.

ما در سرآغاز انقلابی دیگر قرار گرفته‌ایم. دانش بشری هر ده سال دو برابر می‌شود. در ده سال گذشته، دانش آدمی، بیش از همه تاریخ او، ابداع و اختراع داشته است. قدرت و نیروی رایانه در هر هیجده ماه دو برابر می‌شود. گستره اینترنت در هر سال دو برابر می‌گردد. تعداد سلسله‌ها و رشته‌های DNA ای که می‌توانیم تجزیه و تحلیل کنیم در هر دو سال دو برابر می‌شوند. تقریباً هر روز شاهد عناوینی از پیشرفت‌های رایانه، ارتباطات، فن‌آوری زیستی و کشفیات فضایی هستیم. به سبب تکامل فن‌آوری‌ها، همه صنایع و راه و رسم‌های زندگی دستخوش تحولند و به راه‌های کاملاً نویی سوق داده می‌شوند. همگی علایم دردهای تولد عصر جدید را دارند.

امروزه، ما بار دیگر کودکانی هستیم که در ساحل اقیانوس قدم می‌زنیم، لکن اقیانوسی که نیوتون می‌شناخت اینک ناپدید شده است. در برابر ما اقیانوس نوینی گسترده است، اقیانوسی از امکانات و کاربردهای بی‌پایان علم، که به ما برای نخستین بار توان و قدرتی اعطا می‌کنند که بتوانیم نیروهای طبیعت را به میل خود دستکاری کنیم و به هم بیامیزیم.

ما در بخش اعظم تاریخ بشری می‌توانستیم تنها تماشاگر باشیم، همانند ناظران، شاهد رقص زیبای طبیعت گردیم. اما اینک در تارک انتقالی تاریخ ساز قرار گرفته‌ایم، از ناظران منفی و انفعالی طبیعت به طراحان مثبت رقص و اهتزاز آن بدل گشته‌ایم. این همان اعتقادات و اصولی است که پیام اصلی و کانونی این دورنما را تشکیل می‌دهد. شکوفایی کنونی، این عصر را یکی از هیجانی‌ترین اعصار حیات بشری ساخته است. عصری که به ما اجازه می‌دهد میوه‌های ۲۰۰۰ سال اخیر درخت علم را بچینیم. عصر کشف در علم به ما نزدیک می‌شود و درهای تفوق و تسلط را به رویمان می‌گشاید.

حصول توافق بین دانشمندان

چگونه می‌توان به آینده نگرست؟ نویسندگان داستان‌های علمی - تخیلی، گاه پیش‌بینی‌های مضحکی در باره دهه‌های آینده می‌کنند نظیر گذراندن ایام فراغت در کره مریخ یا محو و نابودی همه امراض. حتی در جراید مشهور، اغلب پیشداوری‌های فردی نامتعارف جانشین توافق جامعه علمی می‌شود. برای مثال در

سال ۱۹۹۶ مجله نیویورک تایمز^۱ مبحثی را برای اظهار نظر در بارهٔ حیات در یکصد سال آینده اختصاص داد و از روزنامه‌نگاران، جامعه‌شناسان، نویسندگان، طراحان، مُد، هنرمندان و فلاسفه خواست که افکار و اندیشه‌های خود را به مجله مزبور ارسال دارند (لکن حتی با یک دانشمند متخصص مشورت نشد).

نکته مهم در این مقال آن است که پیش‌بینی‌های دانشمندان متخصص در بارهٔ آینده، غالباً متکی به دانش علمی است لذا با پیش‌بینی‌های نقادان اجتماعی یا دانشمندان گذشته که پیش‌بینی‌هایشان قبل از شناخت کامل قوانین اساسی علمی بیان شده‌اند تفاوت دارد.

اینک تصور می‌شود تفاوت زیادی وجود دارد بین دورنماهای این کتاب که به حصول توافق بین دانشمندان نظر دارد با پیش‌بینی‌هایی که روزنامه‌نگاران، نویسندگان، جامعه‌شناسان، نویسندگان علمی - تخیلی و دیگر **مصرف‌کنندگان** فن‌آوری در مطبوعات منعکس می‌کنند، زیرا گروه نخست نه تنها به شکل‌پذیری این پیش‌بینی‌ها کمک کرده‌اند بلکه خود خلاق و مبدع نیز بوده‌اند (یکی از این پیش‌بینی‌ها هشدار دریادار ویلیام لی هی^۲ است که به هاری ترومن رئیس جمهور آمریکا در ۱۹۴۵ نوشت: «... بمب (اتمی) هرگز کارساز نخواهد بود. این بزرگ‌ترین حماقتی است که ما مرتکب شده‌ایم. من به عنوان یک متخصص در امور انفجار صحبت می‌کنم.» این دریادار همانند بسیاری از «آینده‌نگران» کنونی پیشداوری شخصی خود را جانشین حصول توافقی نموده بود که دانشمندان فیزیک در بارهٔ امکان شکافتن هسته اتمی داشتند).

من به عنوان فیزیکدان محقق معتقدم که فیزیکدانان توفیق ویژه‌ای در پیش‌بینی رئوس مطالب وسیع آینده داشته‌اند. من در یکی از زمینه‌های اساسی فیزیک به طور تخصصی کار کرده‌ام، یعنی در زمینه رؤیای اینشتین برای «یک تئوری برای هر چیز»^۳. در نتیجه، همیشه راه‌هایی را به خاطر می‌آورم که در آن‌ها فیزیک کوانتومی مفتاح کشفیاتی است که قرن بیستم را شکل دادند.

در گذشته، تنوع و تعداد ابداعات فیزیکدانان چشمگیر بوده است: ما صمیمانه درگیر معرفی مجموعه‌ای از اختراعات اساسی و محوری بوده‌ایم نظیر تلویزیون،

1. *New York Times Magazine*

2. William Leahy

3. A theory for every thing

رادیو، رادار، اشعه X، ترانزیستور، رایانه، اشعه لیزر و بمب اتمی و رازگشایی مولکول DNA، گشایش ابعاد جدیدی در آزمایش بدن با PET، MRI و اسکن CAT یا آنژیوگرافی و حتی طرح و تعبیه اینترنت و شبکه وسیع جهانی^۱. فیزیکدانان به هیچ وجه اصرار نمی‌ورزند که می‌توانند آینده را پیشگویی کنند (و هرگز در پیشگویی‌های احمقانه نیز شریک نبوده‌اند). مع‌هذا حقیقت دارد که برخی از مشاهدات زیرکانه و بینش‌های نافذانه فیزیکدانان پیشرو در تاریخ علم، در مجموع زمینه‌هایی جدید برای پیش‌بینی مطرح ساخته‌اند.

بدون تردید، موارد شگفت‌آوری نیز وجود خواهند داشت نظیر پیچیدگی‌های سرنوشت و فواصل و شکاف‌های مزاحم در چشم‌اندازهای آینده. من غالباً، به طور اجتناب‌ناپذیری به برخی ابداعات و اختراعات قرن بیست و یکم می‌نگرم. اما با تأکید و تمرکز بر ارتباطات بین سه انقلاب بزرگ علمی و مشاوره و مصاحبه با دانشمندانی که فعالانه در این انقلاب شرکت دارند و کشفیات خود را در بوته آزمایش می‌نهند امیدوارم بتوانم جهت علم و دانش را در آینده با بصیرت و دقت ترسیم کنم.

در ده سال گذشته، در حالی که برای نوشتن این کتاب کار می‌کردم، این امتیاز نادر را داشتم که با بیش از ۱۵۰ دانشمند مصاحبه کنم که در بین آنان برندگان جایزه نوبل نیز فراوان بودند. در ضمن به تهیه برنامه‌های هفتگی رادیویی در باره علم و نوشتن مقالات و نظریات علمی نیز اشتغال داشته‌ام.

دانشمندانی وجود دارند که بدون خستگی در مسیرهایی کار می‌کنند که بنیان‌ها و پایه‌های علمی قرن بیست و یکم را تشکیل می‌دهند. بسیاری از آنان راه‌ها و دیدگاه‌هایی را برای کشفیات علمی باز می‌نمایند. با انجام این مصاحبه‌ها و با کارها و تحقیقاتی که خود انجام داده‌ام قادر گردیده‌ام به دورنمای وسیع علم که پیش رویم گشوده شده بنگرم و از گروه متعددی از متخصصان و دانشمندان نیز بهره گیرم. این دانشمندان با لطف و مهربانی درهای ادارات و آزمایشگاه‌های خود را به رویم گشوده‌اند و مهم‌ترین اندیشه‌های علمی خود را صمیمانه با من در میان نهاده‌اند. در این کتاب کوشیده‌ام الطاف آنان را با تسخیر و تثبیت هیجانانگیز و آثار حیاتی کشفیات

علمی آن‌ها جبران نمایم، زیرا امری اساسی است که جاذبه‌ها و هیجانات علمی به تدریج در جامعه، به ویژه اگر جامعه جوان باشد، القا گردد.

حقیقت آن است که توافق استواری بین دانشمندانی که به تحقیق و تفحص در باره آینده مشغولند وجود دارد، زیرا قوانینی که در ورای تئوری کوانتوم، رایانه‌ها و زیست‌شناختی مولکولی وجود دارند اینک به خوبی تعبیه شده و استقرار یافته‌اند لذا برای دانشمندان امکان دارد که به طور کلی جاده‌های پیشرفت علمی آینده را پیش‌بینی کنند. همین امر، دلیل اصلی پیش‌بینی‌هایی است که در این کتاب آمده است و من احساس می‌کنم که از گذشته به مراتب دقیق‌تر باشند. لب کلام و ماحصل مطالب از این قرار است:

ستون‌های سه‌گانه علم

ماده، حیات و هوش^۱

این سه عنصر ستون‌های دانش جدید را تشکیل می‌دهند. تاریخ‌نویسان غالباً چنین خواهند نوشت که سرآمد پیشرفت‌های علم در قرن بیستم کشف محتوا و مایه‌های اساسی است که در این ستون‌های سه‌گانه یعنی توفیق در شکافتن هسته اتمی، آشکارسازی هسته سلول و تکوین و تحول رایانه الکترونیکی نهفته شده بودند. با شناخت و درک اصلی ما از ماده و حیات که غالباً به کمال رسیده، شاهد ختم و بستن یکی از بزرگ‌ترین کتاب‌های تاریخ علم شده‌ایم (این بیان، به آن معنا نیست که همه قوانین این سه ستون کاملاً شناخته شده‌اند. تنها قوانین اساسی و بنیادین آشکار گردیده‌اند. به طور مثال، هر چند قوانین رایانه‌های الکترونیکی به خوبی شناخته شده‌اند اما فقط برخی از قوانین اساسی هوش مصنوعی و مغز آشکار گردیده‌اند).

یکی از نخستین انقلاب‌های قرن بیستم، انقلاب کوانتومی بود که اساسی‌ترین قانون همه قوانین به شمار می‌رود. انقلاب کوانتومی کمک کرد تا دو انقلاب علمی بزرگ یعنی انقلاب زیست مولکولی و انقلاب رایانه‌ای نیز نضج گیرند.

انقلاب کوانتومی

در زمان‌های بسیار دور، مردمان در این اندیشه بودند که جهان از چه چیز ساخته شده

است. یونانیان معتقد بودند که جهان از چهار عنصر آب، خاک، هوا و آتش ساخته شده است. دموکریتوس معتقد بود که این عناصر می توانند به ذرات کوچک تری که آن‌ها را «اتم» نامید شکسته شوند. اما اقدام برای توصیف و تشریح این معضل را که چگونه اتم‌ها می توانند تنوع و کثرت موادی را که ما در طبیعت می بینیم به وجود آورند با تردید و تشکیک مواجه می ساخت. حتی نیوتون که قوانین جاذبه عمومی را کشف کرد و رهنمون چگونگی حرکت سیارات و اقمار بود در توصیف و توضیح طبیعت گیج‌کننده و شگفت‌آور ماده، توان از دست داده بود.

همه این عجزها، در سال ۱۹۲۵ با تولد تئوری کوانتومی دگرگون شد، نظریه‌ای که موج رعدآسا و پر از جزر و مدی از کشف علمی را عیان ساخت که غلیان و جوشش آن تاکنون تسکین نیافته است. اینک انقلاب کوانتومی تقریباً توصیف کاملی از ماده را به ما عرضه می دارد و اجازه می دهد تا بتوانیم کثرت بی پایان موادی را که در اطرافمان پراکنده‌اند با عنوان ذرات معدود توجیه نماییم، همان طور که قادریم فالیچه زیبا و پرنقش و نگاری را تشخیص دهیم که از چند تار و پود رنگین بافته شده است.

تئوری کوانتومی که توسط اروین شرودینگر^۱ و ورنر هایزنبرگ^۲ و دانشمندان دیگری ابداع گردیده است* اسرار ماده را به چند اصل موضوعی^۳ تقلیل می دهد:

اصل نخست آن است که انرژی، آن طور که قدما می پنداشتند جریان متصل و پیوسته‌ای نیست بلکه به صورت دسته‌ها یا بسته‌های^۴ منفصل و مجزایی است که «کوانتا»^۵ نامیده می شوند (به طور مثال فوتون^۶، یک کوانتوم یا بسته‌ای از نور است).

1. Erwin Schrödinger

2. Werner Heisenberg

* در این فصل و فصول بعدی مؤلف به کرات به تئوری کوانتومی یا معادله و فرضیه شرودینگر متولد ۱۸۸۷ و متوفی در ۱۹۶۱ اشاره می‌کند. مترجم برای آگاهی بیش‌تر خوانندگان لازم دید اصل معادله وی را که از کتاب در آن سوی کوانت تألیف پانوماریف ترجمه «هوشنگ طغرابی» برگرفته در این جا نقل کند. این فرمول از این قرار است:

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{\gamma m}{h^2} [E - U(x)] \Psi = 0$$

برای درک کامل مفاهیم این معادله باید به کتاب‌های فیزیک بالاختص فیزیک کوانتومی مراجعه کرد.

3. postulates

4. bundles

5. quanta

6. photon

اصل دوّم عبارت از این است که ذرات «زیراتمی»^۱ هم ذرات را دارند و هم کیفیت موجی را و از معادله کاملاً تعریف شده‌ای مشهور به معادله موجی شرو دینگر تبعیت می‌نمایند. این معادله احتمال وقوع بسیاری از حوادث یا وقایع را تعیین می‌کند. با این معادله می‌توانیم به طریق ریاضی خصوصیات عناصر گسترده و متنوعی را، پیش از خلق آن‌ها در آزمایشگاه، پیش‌بینی کنیم. حاصل تئوری کوانتومی، مُدل استاندارد^۲ است که با آن می‌توان خصوصیات هر چیز را اعم از یک کوارک زیراتمی^۳ تا ابرنواها^۴ را در فضای خارجی پیش‌بینی کرد.

در قرن بیستم، تئوری کوانتومی قدرت شناخت و درک مادهٔ پیرامون ما را به ما داد و در قرن آینده، انقلاب کوانتومی ممکن است ابواب گام‌های بعدی را به رویمان بگشاید، یعنی توان دستکاری، اهتزاز و رقص اشکال جدیدی از ماده را – تقریباً به میل و خواست خودمان – به ما ارزانی بدارد.

انقلاب رایانه‌ای

در گذشته رایانه‌ها، اسباب کنجکاوی‌های ریاضی بودند، بسیار بدقواره، دست و پا گیر، نامرتب و ساخته شده از انبوهی دندان‌ها، بالابرها و جعبه‌ها. در طول جنگ جهانی دوّم رایانه‌های مکانیکی جای خود را به لوله‌ها و تیوب‌های مَجُوف و مَخَلّی دادند اما این ابزارها نیز بسیار عظیم بودند و تمامی فضای اتاق‌ها را به خود و هزاران لوله و تیوب‌های خالی از هوا تخصیص می‌دادند.

زمان دگرگونی در سال ۱۹۴۸ فرا رسید. زمانی که دانشمندان در آزمایشگاه‌های «بل» به کشف ترانزیستور نائل آمدند. با ترانزیستور امکان ساخت رایانه‌های جدید فراهم گردید. در ده سال بعد، اشعه لیزر کشف شد که اساس و پایه اینترنت و بزرگراه اطلاعات است، هر دو در زمرهٔ ابزارهای مکانیکی کوانتوم به شمار می‌روند.

در تئوری کوانتومی، الکترونیسته را می‌توان به صورت حرکت الکترون‌ها استنباط و درک کرد، بدان سان که می‌دانیم قطرات آب می‌توانند جویبار را تشکیل دهند. اما یکی از عجایب تئوری کوانتومی آن است که در جریان آن «حباب‌ها» یا

1. subatomic

2. standard model

3. subatomic quark

4. supernovas

«سوراخ‌هایی»^۱ وجود دارند که با جاهای خالی در الکترون‌ها تطبیق می‌نمایند، چنان که گویی آن‌ها الکترون‌هایی با بار مثبت هستند. حرکت این جریان‌های حبابدار یا سوراخدار و الکترون‌ها به ترانزیستورها اجازه می‌دهند که علایم یا سیگنال‌های الکتریکی بسیار ریز را تقویت کنند که پایه و اساس دستگاه‌های الکترونیکی جدید به شمار می‌روند.

امروزه ده‌ها میلیون ترانزیستور را می‌توان در مساحتی به اندازه ناخن یک انگشت انباشته کرد. در آینده هنگامی که تراشه‌ها چنان انباشته و پرگردند که میلیون‌ها سیستم یا نظام هوشمند در همه محیط اطراف ما پراکنده و گسترده شوند روش زندگی ما نیز به طور قطع و برگشت‌ناپذیر دستخوش دگرگونی خواهد شد. در گذشته فقط می‌توانستیم از پدیده گرانبهایی که هوش نامیده شده دچار شگفتی شویم، در آینده قادر خواهیم بود آن را بر حسب میل و آرزوی خود دستخوش تغییر سازیم.

انقلاب زیست‌مولکولی

از نظر تاریخی، بسیاری از زیست‌شناسان از تئوری «حیات‌گرایی»^۲ متأثر بودند. اینان اعتقاد داشتند یک «نیروی حیاتی» مرموز یا جوهر اساسی اسرارآمیز، ابعاد زندگی را همچنان زنده و پابرجا می‌دارد. اما هنگامی که شروودینگر در کتابش تحت عنوان حیات چیست^۳ در سال ۱۹۴۴ ادعا کرد که حیات را می‌توان تحت عنوان «کُد ژنتیکی»^۴ و به بیان دیگر مولکول‌هایی که در داخل یک سلول هستند توصیف کرد نظر فوق را سخت به چالش طلبید. ادعای او اندیشه تهورآمیزی بود، یعنی اسرار حیات را می‌توان با کاربرد تئوری کوانتومی تشریح و تبیین کرد.

جیمز واتسون و فرانسیس کریک^۵ با الهام از کتاب شروودینگر حدس و گمان وی را با کاربرد بلورنگاری^۶ اشعه X ثابت کردند. با تجزیه و تحلیل الگوی اشعه X که مولکول DNA پراکنده می‌کند این دو دانشمند به شناخت طبیعت مارپیچی مضاعف^۷ آن نائل آمدند. از آن جایی که تئوری کوانتومی به ما زوایا و نیروهای بین

1. bubbles or holes

2. vitalism

3. *What is Life*

4. genetic code

5. Francis Crick

6. crystallography

7. double helical

اتم‌ها را به طرز روشنی عرضه می‌دارد، لذا ما را قادر می‌سازد که وضعیت عملی همه مولکول‌های آدمی را در «گد ژنتیکی» یک ویروس پیچیده نظیر HIV^۱ تعیین کنیم. فنون زیست‌شناختی مولکولی به ما اجازه می‌دهد که کد ژنتیکی حیات را بخوانیم و بشناسیم بدان‌سان که کتابی را می‌خوانیم. از این طریق، گد کامل DNA ارگانسیم‌های زنده متعددی نظیر ویروس‌ها، باکتری‌های تک سلولی و مخمرها کاملاً آشکار شدند یعنی مولکول برای شناخت مولکول مؤثر افتاد.

در پایان سال ۲۰۰۵ ژن‌های کامل انسان تبیین خواهند شد و «کتاب راهنمای وجود آدمی» را به شما عرضه خواهند داشت و این امر یکی از مراحل پیشرفت علم پزشکی در قرن بیست و یکم خواهد بود. به جای نظاره کردن انفعالی رقص حیات، انقلاب زیست‌مولکولی، در نهایت به ما این توانایی را خواهد داد که زندگی و حیات را تقریباً به خواست و اراده خود دستکاری کنیم.

از نظاره‌گران منفی به اهتزاز در آورندگان مثبت طبیعت

برخی از مفسران که شاهد پیشرفت‌های تاریخی علم در قرن گذشته بوده‌اند، ادعا کرده‌اند که ما اینک ناظر سقوط و نزول روند علم هستیم. جان هورگان^۲ در کتابش تحت عنوان پایان علم^۳ می‌نویسد: «اگر فردی به علم اعتقاد دارد باید این امکان را نیز بپذیرد - حتی اگر به صورت احتمال - که عصر بزرگ کشفیات علمی به سر آمده... تحقیقات بیش‌تر، هیچ نوع عیان‌سازی بزرگ‌تر یا انقلاب عظیم‌تری را در بر ندارد. تنها سود آن، محو و نابودی یا کاهش و نقصان بهره‌مندی‌هاست.»

هورگان، به یک معنای محدود، حق دارد. دانش جدید، بدون تردید به کشف همه قوانین اساسی که در اغلب مباحث و مفاهیم علمی نهفته‌اند نائل نگردیده است از آن جمله‌اند: تئوری کوانتومی ماده، تئوری اینشتین در باره زمان و فضا، تئوری مهبانگ یا انفجار عظیم در آغاز پیدایش جهان، تئوری داروین در باره تطوّر و تکامل و اساس و بنیان مولکولی DNA و حیات. اما به‌رغم برخی استثناهای چشمگیر (نظیر تبیین طبیعت شعور و هوشمندی و اثبات تئوری ابرترها^۴)، «اندیشه‌های عظیم» علم، در اغلب زمینه‌ها به دست آمده‌اند.

۱. ویروس HIV مولد بیماری ایدز است. - م.

همچنین عصر «کاهش‌گرایی»^۱ یعنی کاهش دادن هر چیز به کوچک‌ترین محتوای آن به پایان می‌رسد. کاهش‌گرایی به طوری که انتظار می‌رفت در قرن بیستم با موفقیت قرین شد: اسرار اتم آشکار گردیدند، مولکول DNA، و جریان‌های منطقی رایانه‌ها کشف شدند. اما کاهش‌گرایی، احتمالاً در بخش اعظمی از علم هنوز در جریان و سیلان است.

به هر حال، این کشفیات و اندیشه‌ها سرآغاز داستان عاشقانه علم است. چنین نقاط عطف علمی، قطعاً مبین انقطاع معنی‌داری با گذشته‌های دور است یعنی هنگامی که «طبیعت» را با اسطوره‌ها و رازورزی^۲، یا روح‌گرایی^۳ تعبیر و تفسیر می‌کردند. آن‌ها فقط ابوابی را بر عصر جدید علم گشوده‌اند.

قرن آینده، شاهد انقلاب‌های علمی دور از دسترس خواهد بود یعنی زمانی که ما از آشکارسازی اسرار طبیعت بگذریم و به چیرگی و تسلط بر آن نائل آییم.

شلدون گلاشو^۴ برندهٔ جایزه نوبل در فیزیک، این اختلاف را به طور مجازی و استعاره‌ای، هنگامی که داستان بیننده‌ای به نام آرتور را نقل می‌کند که از سیاره‌ای ورودست برای نخستین بار به کره زمین آمده، به خوبی توصیف می‌نماید.

آرتور بیگانهٔ هوشمندی است که از سیاره‌ای بسیار دور به میدان واشنگتن در شهر نیویورک نازل می‌شود و مشاهده می‌کند که دو مرد شطرنج بازی می‌کنند. کنجکاوی آرتور دو وظیفه برای تعیین می‌کند: ۱. فراگیری قواعد بازی ۲. استادی و مهارت یافتن در میدان بازی. آرتور با نگاه دقیق به حرکات، به تدریج قادر می‌شود قواعد بازی را فراگیرد: چگونه پیاده جلو می‌رود، چگونه وزیرها اسب‌ها را تسخیر می‌کنند و چگونه شاهان مات می‌شوند. مع‌هذا با دانستن قواعد بازی آرتور به مقام مهارت و استادی نمی‌رسد! به طوری که گلاشو اضافه می‌کند: «هر دو کوشش اهمیت دارند. یکی 'مربوط‌تر' و دیگری 'اساسی‌تر' است. هر دو معرف چالش‌ها و تلاش‌های گسترده در راستای معرفت و خرد آدمی‌اند.»

به یک معنی، علم بسیاری از «قوانین اساسی طبیعت» را عیان ساخته است اما این فراز به آن معنا نیست که ما استاد متبحر در این قوانین گشته‌ایم یا به تفوق و برتری دست یافته‌ایم. همچنین، رقص ذرات اولیه در ژرفنای ستارگان و آهنگ‌ها و

1. reductionism

2. mysticism

3. spiritualism

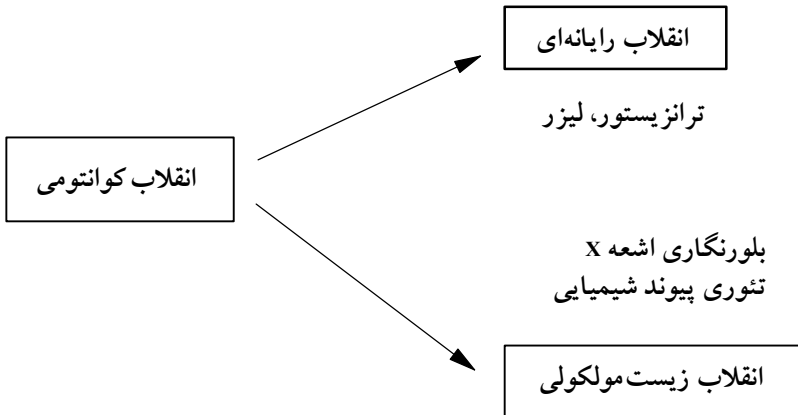
4. Sheldon Glashow

ریتیم‌های مولکول‌های DNA، حلقه‌وار یا ناپیچیده در بدن‌های ما به طور گسترده‌ای رمزگشایی شده‌اند اما این رازگشایی‌ها عاری از این معنا نیستند که ما طراحان و اهتزازدرآوردندگان رقص حیات گردیده‌ایم.

در حقیقت، پایان قرن بیستم، که به نخستین مرحله بزرگ در تاریخ علم خاتمه داد، فقط ابوابی برای رشد و تحول هیجان‌آور قرن بعدی، به روی ما گشوده است. اینک ما به انتقالی از مرحله بازیگران دوستدار شطرنج به مرحله تبخر و تفوق در آن دست یازیده‌ایم. از نظاره‌کنندگان «طبیعت» به طراحان رقص و اهتزاز آن ارتقا یافته‌ایم.

از کاهشگرایی به همگرایی

کاهشگرایی به همگرایی^۱ شیوه نوینی را خلق می‌کند که در آن دانشمندان اصول و نظام فکری^۲ خود را می‌بینند. در گذشته شیوه کاهشگری بها و ارزش خود را سخاوتمندانه هزینه کرده و به تدریج بنیانی را برای علوم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی تعبیه نموده است.



انقلاب کوانتومی پدیدآورنده دو انقلاب رایانه‌ای و زیست‌مولکولی از طریق ترانزیستور و لیزر، و بلورنگاری اشعه X و تئوری پیوندهای مولکولی است.

در قلب این موفقیت، کشف تئوری کوانتومی بود که کمک کرد تا دو انقلاب دیگر جرقه زنند. با آن که تئوری کوانتومی در دهه ۱۹۵۰ کمک کرد تا این دو انقلاب توضیح گیرند اما این دو از آن زمان، خود طریق رشد و بلوغ را پیموده‌اند و هر دو از فیزیک و هم از یکدیگر مستقل عمل کرده‌اند. شعار آینده و وصول به تخصص بود و هر قدر دانشمندان عمیق‌تر و عمیق‌تر در اصول و نظام‌های فکری و فرعی تخصص می‌کردند به عمد توسعه و رشد در زمینه‌های دیگر را نادیده می‌گرفتند. اما اوج و دوران شکوفایی کاهشگرایی احتمالاً به سر آمده و ظاهراً موانع نفوذناپذیری پدید آمده‌اند که آن‌ها را نمی‌توان با شیوه ساده کاهشگرایی حل و فصل کرد. این امر نویدبخش عصر جدیدی است یعنی عصر «همگرایی» بین سه انقلاب اساسی و بنیادین.

همگرایی دومین موضوع و مبحث اصلی این کتاب است. قرن بیست و یکم، همانند قرن پیشین با همگرایی یعنی باروری بین سه زمینه که نقطه عطف در توسعه علم است متمایز خواهد شد. گردافشانی بین این سه انقلاب در توسعه و غنای رشد علم تسریع خواهد کرد و به ما توان و نیروی بی‌سابقه‌ای خواهد داد که بتوانیم در ماده، حیات و هوش دست بریم.

در حقیقت مشکل است شخص در آینده دانشمندی محقق شود بی آن که دارای دانش عملی در این سه زمینه باشد. در گذشته نیز دانشمندانی که فاقد برخی دانستنی‌ها در این سه زمینه بودند خویشان را مواجه با مضارهای مشخص رقابت می‌دیدند.

ارتباط جدید بین این سه انقلاب، پویایی گسترده‌ای ایجاد کرده است. وقتی تنگنایی در یکی از زمینه‌ها پدید می‌آید، معمولاً در مجموع رشد و توسعه غیرقابل انتظاری در زمینه دیگر یافت می‌شود که راه حل تنگنا را در بر دارد. برای مثال، زیست‌شناسان یک بار از کشف و رمزگشایی میلیون‌ها ژن که طرح و مایه حیاتند نومید شده بودند. اما رگبار ژن‌هایی که در آزمایشگاه‌های ما کشف شدند به توسعه در زمینه دیگری سوق داده شدند. این توسعه، ازدیاد استثنایی نیروی رایانه‌ای بود که فرایند سلسله مراتب ژن‌ها را مکانیکی و خودکارانه کرد. همچنین تراشه‌های سیلیکونی رایانه‌ها به تدریج با بن‌بست مواجه خواهند شد چنانچه بخواهیم از آن‌ها در قرن آینده استفاده کنیم. اما پیشرفت‌های جدید در تحقیقات

DNA طراحی و معماری نوع نوینی از رایانه را میسر ساخت که عملاً در محاسبه مولکول‌های ارگانیکی مؤثر افتاد. لذا کشفیات در یک زمینه، در مجموع، رمزگشایی در زمینه‌های غیرمرتبط را نیز بارور می‌سازد و غنا می‌بخشد. لذا کل بیش‌تر از مجموع اجزای تشکیل‌دهنده آن است و در نهایت خصایص بیش‌تری دارد. یکی از نتایج همگرایی بین این انقلاب‌ها آن است که مسابقهٔ مداوم کشفیات علمی به میزان متزایدی تسریع خواهد شد.

ثروت ملل

تسریع در علم و فن‌آوری در قرن آینده، ضرورتاً اثرات و انعکاساتی در ثروت ملل و استناداردهای زندگانی ما خواهد داشت. در سه قرن گذشته، ثروت معمولاً در مللی انباشته شده که از منابع طبیعی سرشار یا از سرمایه عظیم و گسترده‌ای برخوردار بوده‌اند. ظهور ابرقدرت‌ها در اروپا در قرن نوزدهم و در آمریکا در قرن بیستم ماحصل این اصل مندرج در کتاب‌های درسی است.

به طوری که لستر ثورو^۱ مدیر دانشکده مدیریت در MIT (انستیتوی فن‌آوری ماساچوست) اصرار ورزیده است در قرن آینده، جنبشی تاریخی در فرار ثروت از کشورهایی که از منابع طبیعی و سرمایه برخوردارند، روی خواهد داد. بدان‌سان که تغییرات در طبقات تحت‌الارضی زمین، موجب زلزله‌های قدرتمند می‌شوند، دگرگونی‌های زلزله‌ای در ثروت نیز به تجدید شکل توزیع ثروت در سیاره ما منجر خواهند شد. ثورو می‌نویسد: «در قرن بیست و یکم، نیروی مغزی و تخیل، ابداع و اختراع و سازمان فن‌آوری‌ها کلید اصلی اجزای استراتژیکی خواهند بود.» در واقع، بسیاری از کشورها که از منابع طبیعی سرشار برخوردارند متوجه خواهند شد که از ثروت آن‌ها به نحو وسیعی کاسته می‌شود زیرا در بازار تجارت آینده، کالاها بسیار ارزان خواهند شد، تجارت و داد و ستد جهانی می‌شود و بازارها با وسایل الکترونیکی سخت به هم مربوط می‌گردند. همان‌طور که بهای بسیاری از کالاهای ساخته شده از منابع طبیعی در ظرف سال‌های بین ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ حدود ۶۰ درصد کاهش یافته است، بنا به تخمین «ثورو» در پایان سال ۲۰۲۰ نیز حدود ۶۰ درصد دیگر سقوط خواهد کرد.

حتی خود سرمایه نیز به یک کالا تقلیل خواهد یافت یعنی به شکل رقابت و مسابقه در حول و حوش جهان الکترونیکی متحوّل خواهد شد. بسیاری از ملت‌هایی که محروم از منابع طبیعی هستند در آینده شکوفا خواهند شد زیرا ارزش و اعتبار را به فن‌آوری‌هایی خواهند داد که می‌توانند به آن‌ها توان رقابت در بازار جهانی را ارزانی دارند. «ثورو» یقین دارد که «امروزه معرفت و مهارت فقط به عنوان منبع امتیازهای تطبیقی یگانه و تنها مانده‌اند.»

در نتیجه، برخی از ملت‌ها فهرستی از کلیدهای اصلی فن‌آوری‌ها را فراهم آورده‌اند که به عنوان موتورهای ثروت و نعمت در قرن آینده، به کار خواهند رفت. در سال ۱۹۹۰ وزیر صنعت و تجارت بین‌المللی ژاپن فهرستی در این باب تدوین کرد که شامل موارد زیر است:

۱. میکرو الکترونیک
۲. فن‌آوری زیستی
۳. صنایع علمی فرآوری مواد جدید
۴. ارتباطات راه دور
۵. ابزارهای ماشینی و روبات‌ها
۶. رایانه‌ها (سخت‌افزار و نرم‌افزار)
۷. ساخت و تولید هواپیماهای کشوری

بدون تردید، هر یک از فن‌آوری‌ها که به قرن بیست و یکم راه می‌یابند عمیقاً از انقلاب‌های کوانتومی، رایانه و DNA نشئت می‌گیرند.

نکته مهم آن است که این سه انقلاب علمی نه تنها کلید موفقیت در قرن آینده هستند بلکه موتورهای پویایی ثروت و نعمت نیز به شمار می‌روند. ملت‌ها ممکن است برحسب توانایی و استعدادشان در دستیابی و اکتساب مهارت و برتری در این سه انقلاب، به اوج و صعود برسند یا به ورطه حسیض و نزول فروغلتند. در هر فعالیتی برندگان و بازندگان وجود دارند. برندگان احتمالاً ملت‌هایی هستند که به پیشرفت‌های حیاتی این سه انقلاب علمی اتکا می‌کنند. آنانی که نیرو و توان این انقلاب‌ها را به تمسخر و استهزاء می‌گیرند ممکن است خویششان را در بازار جهانی قرن بیست و یکم منزوی و حاشیه‌نشین بیابند.

چارچوب‌های زمانی آینده

برای پیش‌بینی آینده، لازم است چارچوب‌های زمانی تبیین شوند زیرا آشکار است که فن‌آوری‌های مختلف در زمان‌های مختلف به حد بلوغ خود خواهند رسید. چارچوب‌های زمانی پیش‌بینی در این کتاب، در سه دوره متمایز شده‌اند:

۱. موفقیت‌ها و فن‌آوری‌هایی که در فاصله زمانی کنونی تا سال ۲۰۲۰ رخ خواهند داد.

۲. آن‌هایی که بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ پدید خواهند شد.

۳. مواردی که بین سال‌های ۲۰۵۰ تا اواخر قرن بیست و یکم به منصفه ظهور می‌رسند (این تقسیم‌بندی، مقاطع زمانی مطلق نخواهند بود بلکه فقط مبین زمان‌های کلی هستند که در آن‌ها فن‌آوری‌ها و علوم معینی به ثمر خواهند رسید).

زمان حال تا ۲۰۲۰

در چارچوب زمانی حال تا ۲۰۲۰ دانشمندان شاهد انفجاری در فعالیت‌های علمی خواهند شد که دنیا تا آن زمان به خود ندیده است. در دو فن‌آوری کلیدی، یعنی نیروی رایانه‌ای و تسلسل یا توالی DNA و براساس پیشرفت‌های نفس‌گیر علمی، ما شاهد صعود و سقوط بسیاری از صنایع خواهیم شد. چون از دهه ۱۹۵۰ به نیروی رایانه‌ها حدود ده میلیارد اضافه شده و در هر دو سال نیروی رایانه‌ای و توالی DNA دو برابر می‌شود لذا می‌توان چارچوب زمانی را تعیین کرد که در آن پیشرفت‌های علمی تحقق می‌یابند. یعنی پیش‌بینی در باره آینده رایانه و فن‌آوری زیستی می‌تواند بر اساس آمارهای دقیق و منطقی با کمیت‌ها، در سال ۲۰۲۰ میسر گردد.

در مورد رایانه‌ها، نرخ رشد سرسام‌آور این وسیله را می‌توان با استفاده از قانون مور که اعلام می‌دارد نیروی رایانه‌ای هر ۱۸ ماه دو برابر می‌شود به کمیت تبدیل کرد. (این قانون نخستین بار در سال ۱۹۶۵ توسط گوردون مور یکی از پایه‌گذاران اتحادیه آتل بیان شده است. یادآوری می‌شود این بیان یک قانون علمی همانند قوانین نیوتون نیست بلکه قاعده‌ای سرانگشتی است که تکامل نیروی رایانه‌ای را در دهه‌های متعدد پیش‌بینی کرده است). قانون مور به نوبه خود، سرنوشت اتحادیه‌های چند میلیارد دلاری رایانه‌ای را نیز تعیین می‌نماید که مبنای طرح‌ها و