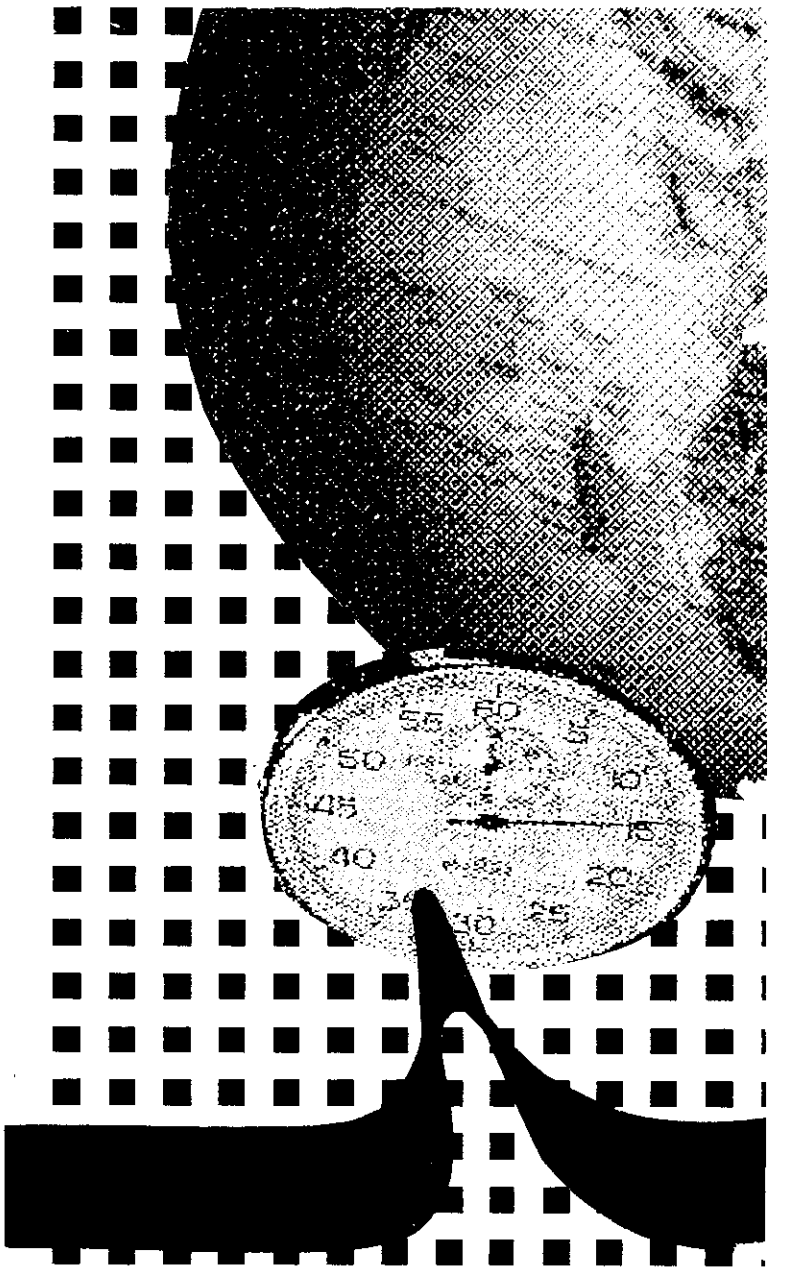
سیر تحولی علم و تکنولوژی بعد از جنگ جهانی دوم

نویسنده: الکساندر کینگ
مترجم: دکتر فاضل لاریجانی



□ **تکنولوژی به عنوان فراوردهٔ تحولی تمدن جدید بشری در سالهای پایانی سدهٔ بیستم، به عنصری اساسی و تعیین کننده در مبادلات اقتصادی و سیاسی جوامع درآمده در عین حال مبین سطح پیشرفت و توانمندی یک جامعه و عامل تفوق و برتری آن جامعه نیز محسوب گشته است.**

این مقاله، با چنین چشم‌اندازی، از نقش تحولی علم و تکنولوژی پس از جنگ جهانی دوم سخن به میان آورده و پس از برشمردن دوره‌های مختلف تحول علم و تکنولوژی، سرانجام براین نکته تأکید می‌ورزد که جهان و جوامع ما برمبنای تکنولوژیهای بسیار موفقی شکل گرفته که بر کشفیات علمی استوار است و با آن حفظ می‌شود. پس علم قدرتی است که می‌تواند جهان را به جهانی خوب یا بد بدل کند و پژوهش علمی عامل تولید کنندهٔ قدرت است که کسانی را که از پیش قدرت را در دست دارند، همچنان قدرتمندتر می‌سازد.

سالهای پس از جنگ جهانی دوم را به عنوان سالهای مقوّم جامعهٔ ۲مادیگرای تکنولوژیکی امروز بر می‌شمرند. همانطور که دنیس گابور، برندهٔ جایزهٔ نوبل و کاشف هولوگرافی، مطرح ساخته است: «تمدّن کنونی بشر به لحاظ مادّی مبتنی است بر تکنولوژیی که فوق‌العاده موفق بوده است ولی از بُعد معنوی، عملاً بر هیچ چیزی استوار نیست». تکنولوژی جامعه را شکل می‌دهد و خود نیز از کشفیّات در آزمایشگاه‌های تحقیقات علمی شکل می‌گیرد.

در خلال این مدت در اهداف و جهات تحقیق و توسعه (R&D) تغییرات زیادی رخ داده است؛ همچنین نگرش عموم مردم نسبت به علم نیز بین دو حالت افراطی در نوسان و تغییر بوده است: در یک حالت علم با همهٔ رموز و اسرار آن مورد تقدیس و تکریم بوده و در حالت دیگر نسبت به علم و قدرت شیطانی آن اظهار بی‌اعتمادی و واهمه شده است. در دوران بعد از جنگ، در نحوهٔ رابطهٔ بین

تکنولوژی و زمینه و جوّ اجتماعی ـ اقتصادی، می‌توان چهار دورهٔ کاملاً مشخص و تعریف شده را از هم متمایز ساخت.

اولین دورهٔ بعد از جنگ تا سالهای اوائل ۱۹۶۰ است. نگرش غالب در این دوره، امید به آینده‌ای صلح‌آمیز و سازنده بوده است. باتوجه به کاربرد بارز و قاطع علم در صحنهٔ جنگ، برای عموم مردم و مخصوصاً در کشورهایی که به پیروزی دست یافته بودند، این باور فراگیر ایجاد شده بود که علم می‌تواند به همان‌سان در ساختن دنیای صلح‌آمیز آتی نیز مؤثر باشد. بسیاری از سیاستمداران نیز با این نظر همعقیده بودند، و از این رو در بسیاری از کشورها، این دوره مصادف است با افزایش چشمگیر در منابع اختصاص یافته برای تحقیق و توسعه. در واقع این زمان را باید عصر اوج و تعالی برای علم و دانشمندان به حساب آورد. هرچند که ملاحظات عمومی استراتژیکی و نیز ظهور جنگ سرد موجب شد که بخش اعظم فعالیّتهای تحقیق و توسعه معطوف به مسائل نظامی گردد. فیزیک و تکنولوژیهای وابسته به آن، محور اصلی فعالیّتها را تشکیل می‌دادند. از دید عموم، فیزیکدانان بزرگ قهرمانانی بودند که (به لحاظ سیاسی و آرمانی) بی‌طرف هستند. از این رو اپنهایمر همه را شگفت‌زده کرد.

همراه با تکمیل و سامان یافتن مرحلهٔ سازندگی پس از جنگ و نیز تحکیم پایه‌های اقتصادی زمان صلح، دورهٔ دوّم شروع شد که تا سالهای ۱۹۶۷ ادامه یافت. از ویژگیهای این دوره رشد اقتصادی چشمگیر در کشورهای غربی و ژاپن است. اهمیّت و نقش تحقیق و توسعه در ایجاد چنین رشدی به تدریج تشخیص داده شد و بیشترین کوشش دانشگاهی مصروف یافتن رابطهٔ علم ـ تکنولوژی ـ تولید گشت. اساساً فعالیّتهای این دوره را می‌توان به عنوان معقول سازی رویکرد نسبت به کاربرد علم و نحوهٔ تخصیص منابع برای آن دانست. ملاحظات استراتژیکی و جنگ سرد موجب گردید که تحقیق و توسعه مربوط به مسائل دفاعی در سطح بالایی نگه داشته شود، اما حتی در این بخش نیز به نتایج و تأثیرات اقتصادی و اجتماعی طرحها، توجه خاصی می‌شد. برای اولین بار، در این دوره، به جمع‌آوری منظم آمارهای مربوط به تحقیق و توسعه هم در بخش هزینه‌های دولتی و هم در صنعت، پرداخته شد. و باین ترتیب مشخص گردید که در کشورهای مختلف، تحقیق و توسعه چه درصدی از درامد سرانهٔ ملی[۲] (GNP) را تشکیل می‌دهد؛ و این امکان مقایسهٔ بین‌المللی تحقیق و توسعه آشکار ساخت که تا چه حد بین کشورهای مختلف در میزان فعالیّتهای علمیشان اختلاف فاحش و عدم توازن وجود دارد. واز جمله آنکه در این مقایسه نشان داده می‌شد که ایالات متحده در حوزه‌های علمی از سیطره و موقعیت مستحکمی برخوردارست و همین امر موجب نگرانی کشورهای اروپایی شد که ممکن است این «فاصلهٔ تکنولوژیکی»[۱] به موقعیت رقابتی آنها لطمه وارد آورد. به همین ترتیب، در صنعت نیز مقایسهٔ بین شرکتها و نهادها در میزان هزینهٔ تحقیق و توسعه موجب القای تلاش بیشتری گردید.

در خلال این دوره، اگرچه به نقش علم و تکنولوژی در اقتصاد پی برده شد، اما این درک اجمالی و سطحی مسئله به زودی به پذیرش ضرورت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه هم در سطح کلان ملی و هم در سطح شرکتها و بنگاه‌ها (به طور انفرادی) منتهی گردید. زیرا برداشت کلّی این بود که علم و تکنولوژی در ایجاد رشد و رونق اقتصادی و نیز توسعهٔ همه جانبه سهم بسزایی داشته، و از این رو نگرش حاکم در این دوره، نگرشی مثبت و امیدوارانه نسبت به علم وتکنولوژی بود. هرچند که جهان در آن عصر، جهانی پر از تنش و تلاطم بود؛ خطر جنگ هسته‌ای به نحو جدّی استشمام می‌شد و بسیاری از کشورهای جهان سوم درگیر فقر و گرسنگی و نزاعات و کشمکشها بودند. اما همهٔ این امور به حساب فراگیر نبودن دانش، و یا ندانستن چگونگی کاربرد آن، و یا احیاناً به دلیل انتخاب نامناسب از نوع دانش مورد نیاز، گذاشته می‌شد.

دورهٔ سوم را باید دورهٔ رهایی از شیفتگی و اغفال علمی و تکنولوژیکی، و به عبارت دیگر رهایی از «علم‌زدگی» دانست. در اذهان بسیاری از افراد، بین تحقیقات علمی از یک سو و جنگ و تمهیدات جنگی از سوی دیگر، ارتباط و پیوند وثیقی حاکم شده بود. از دیدگاه این افراد، جنگ سرد عملاً به منزلهٔ رقابت بین دانشمندان و مهندسان دوطرف مخاصمه تلقی می‌گردید به طوری که هرکدام سعی داشتند تسلیحات هرچه مخربتر و پیچیده‌تری ـ که ماهیت و ابعاد تخریبی آنها حتی برای دولتمردان و سیاستمدارانشان هم چندان قابل تصور و هضم نبود ـ تولید کنند. همچنین علائم خطری از آثار تخریبی اجتماعی و محیط زیستی کاربردهای وسیع تکنولوژی، شروع به بروز کرد چندان که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گشتند. اعتراضات مربوط به تخریب محیط زیستی آن چنان گسترده و فراگیر گردید که دولتها و شرکتهای صنعتی ناگزیر گردیدند آن را جدی تلقی کنند. از این رو، کم کم این دیدگاه نضج گرفت که رشد اقتصادی دارای تبعات اجتماعی و انسانی بوده که دولتها آن را نادیده گرفته‌اند. در واقع رشد اقتصادی به بهای از خود بیگانگی انسانها و کاهش کیفیتها در زندگی بشری تمام شده بود.

■ مطالعه روی فاصله به اصطلاح تکنولوژیکی نشان داد که در حقیقت هیچ ارتباطی میان تلاش تحقیق و توسعه یک کشور و رشد اقتصادی یا تجاری آن وجود ندارد.

همهٔ این مسائل موجب تشکیک نسبت به اهداف، جهات و حتی روشهای علم گردید. دیگر به نظر می‌آمد که دانشمندان اعتبارشان را در برابر عموم از دست داده‌اند و بیشتر به مثابهٔ ابزارهایی برای سیطرهٔ نظامی و اقتصادی و نسبت به مشکلات و بحرانهای اجتماعی، بی‌تفاوت تلقی می‌شدند. خود ساختار علم نیز ساختاری نخبه‌گرا به نظر می‌آمد؛ به علاوه ادّعای مفرط و مؤکّد عینیت‌گرایی علم در برخی از حوزه‌ها اغراق‌امیز و غیرقابل قبول از کار درآمد. همهٔ این تشکیکها و نگرانیها نیز به گونه‌ای در خصوص صنعت و تکنولوژیهای پیچیدهٔ آن ـ و مخصوصاً در مورد شرکتهای بزرگ و چند ملیتی با عدم اطمینان بیشتری ـ ابراز می‌شد. برای اولین بار بعد از سالهای بسیار دیده می‌شد که آن رشد تدریجی، و گاهی هم بسیار چشمگیر تحقیق و توسعه، کم‌کم روبه کاهش و زوال می‌گذارد.

چهارمین دوره، از زمان بحران نفت در سالهای اولیهٔ دههٔ ۱۹۷۰ شروع شد که تا زمان حاضر ادامه یافته است. و این دوره‌ای است مملو از بی‌ثباتی و ابهام و رشد اقتصادی پایین. بحران نفت نشان

داد که چگونه حوادث نظامی و سیاسی غیرمنتظره و غیرقابل کنترل می‌تواند بر شریانهای انرژی و مواد خام تأثیر گذارد و اختلال ایجاد کند و تا چه حد کشورهای صنعتی و اقتصاد آنها از این بابت آسیب‌پذیرند. رقابت بین شرکتها و کشورها در بازارهایی در حال رکود و در برخی موارد روبه اشباع، به طور قابل ملاحظه‌ای دشوارتر گشت. بسیاری از شرکتها برای ادامهٔ حیات و اینکه بتوانند سهمی در بازار داشته باشند، ناگزیر در یکدیگر ادغام شدند. و در این فرایند، توان بالقوهٔ نواوری تا حدود زیادی نادیده گرفته شد. در کشورهای صنعتی قدیمی، صنایع سنگین روبه افول گذاشت، و حتی تهاجم ژاپنی‌ها به صنایع الکترونیک و اتومبیل سازی کشورهای اروپایی به جای ایجاد تحرّک و خلاقیت بیشتر، موجب صدمات و ضرر و زیانهایی گردید.

در خلال این دوره، از کاربرد کشفیات علمی عمدتاً در دو حوزه فیزیک حالت جامد و بیولوژی مولکولی، تکنولوژیهای جدید بروز کرده است. صنایع میکروالکترونیک به نحو چشمگیری توسعه و انشعاب یافته و انواع رایانه‌ها و مصنوعاتی که مبتنی بر مدارهای ترکیبی مینیاتوری هستند، اطراف ما را فراگرفته‌اند؛ صنایع و خدمات با اتوماتیک و روباتی[2] شدن در حال تحوّل و دگرگونی عظیمی هستند و بر اقتصاد و شیوهٔ زندگی تأثیر گسترده‌ای دارند. به تعبیری می‌توان گفت که مشخصهٔ انقلاب صنعتی در جایگزین ساختن نیروی بخار به -جای انرژی ضعیف انسان و حیوان بوده که منجر به تحولی عظیم در جامعهٔ بشری گشت و اکنون توسعهٔ میکروالکترونیک با امکان تعبیه و فراهم ساختن گونه‌ای از حافظه و مغز برای وسایلی که توسط بشر اختراع می‌شود نقطه‌ای آغازین برای گذار به جامعهٔ فرا صنعتی است. میکروالکترونیک با تکنولوژیهای پیچیده و پیشرفتهٔ دیگری از قبیل اقمار مصنوعی و فیبرنوری[3] در هم می‌امیزند.

انقلاب میکروالکترونیکی دارای تبعات اقتصادی و اجتماعی قابل ملاحظه‌ای خواهد بود، از جمله آنکه بشریت را به سوی اقتصاد فراصنعتی یعنی اقتصاد مبتنی بر اطلاعات و یا اقتصاد خدماتی سوق می‌دهد که در آن ماهیت و الگوهای کار و اشتغال دگرگونی چشمگیری می‌یابند. آنگاه آشکار خواهد شد که میزان فعلی بیکاری در کشورهای صنعتی فقط ناشی از تأثیرات رکود اقتصادی نیست بلکه تا حدود زیادی به دلیل اتوماتیک شدن صنایع و خدمات است. به علاوه دولتها همواره برای توسعهٔ بیشتر تکنولوژی و نیز رقابتی شدن آنها سعی در افزایش بهره‌وری داشته‌اند که این خود منجر به کم شدن میزان اشتغال می‌شود. چنین رویکردی اگرچه موجب ایجاد ثروت بیشتری می‌گردد اما درعین حال باعث از بین رفتن کارهای یدی و در نتیجه افزایش بیکاری است.

بخش توسعهٔ بیولوژیکی، از کاربردهای کمتر اما بسیار بنیادیتری برخوردار بوده است. کشف DNA، پی بردن به کد ژنتیکی و روشهای القای دگرگونیهای جهشی، همچنین پیشرفتهایی در بیولوژی سلولی و غشایی همگی امکانات جدیدی را برای فهم بهتر حیات و در واقع اصلاح آن فراهم ساخته است. مهندسی ژنتیکی تاکنون در پیشرفتهای پزشکی و کشاورزی سهم بسزایی داشته است. و در عین اینکه امکانات بالقوهٔ عظیمی را فراهم ساخته مشکلات و مسائل اخلاقی حادی را نیز مطرح نموده است.

این دوره همراه است با بروز مسائل و مشکلات حاد محیط زیستی که با رشد سریع در افزایش جمعیت بشر در جهان تشدید گردیده است. همچنین بروز مسائل مربوط به آلودگی در کل جهان، از قبیل از بین رفتن لایهٔ اوزون، پخش مواد سمّی و افزایش «اثر گلخانه‌ای» که ممکن است به گرمتر شدن کرهٔ زمین منجر شود، اقدامی جهانی برای یافتن راه حل را می‌طلبد و از عهدهٔ کشورها به طور انفرادی و مجزّا خارج است. فراگیری و گستردگی این مسائل به گونه‌ای است که نوع جدیدی از همکاری بین‌المللی در تحقیقات، ارزیابی و اجرا را درخواست می‌کند. مشکلات محیط زیستی در واقع، نشانگر این مطلب است که چگونه کشفیات و پیشرفتهای علمی درعین حال دریافت بشری از مشکلات و مسائلش را نیز تغییر می‌دهد؛ به طوری که در سیاستگذاری صنعتی - مثلاً در انرژی و حمل و نقل - می‌تواند تأثیرات چشمگیری بگذارد.

سرانجام، دراین دوره، سقوط جوامع و اقتصادهای مارکسیستی رخ داده است که در واقع پایانی برای جنگ سرد، و نیز باعث کاهش خطر فاجعهٔ هسته‌ای درجهان بوده است. اگر چه، پایان تخاصم ایدئولوژیکی قدم بزرگی در جهت برقراری هماهنگی و همزیستی جهانی بوده است، اما مسائل و مشکلات بسیاری ظریفی را نیز به همراه داشته است. پایان مسابقهٔ تسلیحاتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های دفاعی گردید اما معلوم نیست بر بودجه‌های تحقیق و توسعه دفاعی تأثیر بسزایی گذاشته باشد. در نتیجه، آنچه که توفیق در جنگهای آتی را تعیین می‌کند، تفوق در تسلیحات پیچیده و وسایل نقل و انتقال خواهد بود. مسلماً توسعهٔ تکنولوژی نظامی همواره یکی از حوزه‌های اساسی است که کشورهایی که استطاعت مالی داشته باشند، به آن خواهند پرداخت.

میراث علمی جنگ جهانی دوم

استفاده از علم در جنگ جهانی اول استفاده‌ای به نسبت ابتدایی بود. اما در فاصله میان دو جنگ جهانی، توسعهٔ قابل ملاحظه‌ای یافت. دو صنعتِ اصلیِ متکی بر علم یعنی صنعت شیمیایی و الکتریسیته شکوفا شد و موجب ظهور شرکتهای بزرگی همچون آی. جی. فاربن و زیمنس در آلمان و دوپُن و جنرال الکتریک در ایالات متحده شد. پژوهشهای علمی نیز قویتر شد و بیشتر در دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های بزرگ برخی از دولتها انجام گرفت و برخی از مدرسه‌های پژوهشی آلمان نیز شهرت خاصی یافتند. بنابراین، هر دو طرف درگیر در جنگ تلاشهای تقریباً مشابهی را در زمینهٔ علم انجام دادند. در حقیقت، نتیجهٔ جنگ با برتری علمی متحدان غربی رقم خورد، احتمالاً از آن رو که آلمان تصور می‌کرد که جنگ زیاد طول نخواهد کشید و درنتیجه بسیاری از دانشمندان خود را از همان ابتدا از کشور راند.

تکنولوژیهای نواورانه در طول جنگ مهم و قابل توجه بود، تکنولوژیهایی همچون موتورهای جت، رایانه‌های اولیه، راکتها، رادارها و طیف گسترده‌ای از ابزارهای الکترونیک، سوخت جنگنده‌ها، پنی‌سیلین، د.د.ت و غیره. بر فراز تمامی این موفقیتهای تکنولوژیکی، ساخت بمب اتمی قرار دارد. اهمیت آن در پایان دادن سریع به جنگ با ژاپن در مقایسه با تأثیر عظیم آن بر جغرافیای سیاسی [ژئوپولتیکِ] پس از جنگ، ناچیز است.

پروژهٔ مانهاتان که بمب را ساخت، نمونه‌ای قابل توجه از همکاری میان دانشمندان و مهندسان است. این پروژه با سرمایه‌گذاری بسیار و با سرعت هرچه تمامتر کارکرد تا به هدف ملی

بزرگی تحقق بخشد. این پروژه در واقع کار را با نظریه آغاز کرد و توانست با موفقیت بر مشکلات پژوهش پایه‌ای و کاربردی فایق آید و نیز با سرعت هرچه تمامتر به توسعهٔ تکنولوژیکی دست یابد و بدین ترتیب پیش از پایان جنگ، ساخت بمب را به اتمام رساند. این طرح الگویی شد برای طرح عظیم تکنولوژیکی که سه دهه بعد انسانی را به کرهٔ ماه فرستاد.

توسعهٔ تکنولوژیکی زمان جنگ استوار بود بر همکاری مؤثر میان علم و دولت و صنعت. این همکاری برای متحدان غربی شامل بسیج کامل جامعهٔ علمی بود. این نکته مایهٔ شگفتی است که چگونه دانشمندانی که به طور عادی به فعالیتهای آکادمیک مشغول بودند به این سادگی از مهارتهای خود برای توسعهٔ جنگ‌افزارها استفاده کردند. در ابتدا، ایجاد روابط میان دانشمندان تازه استخدام شده و خدمات نظامی مختصر و سنتی تکنیکی چندان ساده و آسان نبود. اما دیری نپایید که همکاریهای تمام عیاری شکل گرفت و دانشمندان مشهور در مقام مشاور وزیر، مسئول و سایر مقامهای تصمیم‌گیرنده مشغول به کار شدند.

البته جایگاه صنعت در این وضعیت حیاتی بود، آن هم نه فقط در عرصهٔ تولید بلکه در طراحی واحدهای پایلوت صنعتی شیمیایی و مهندسی اولیه و پذیرش مسئولیت طرحهای خاص توسعه با بستن قراردادها. در بسیاری از موارد، دانشمندان و مهندسان نواوران برجسته‌ای بودند.

توسعهٔ جالب در طول جنگ به ویژه با ظهور حوزهٔ جدیدی به نام تحقیق عملیاتی[4] همراه بود. این توسعه در اساس محصول استفاده از آمارهای ساده یا منطق عرفی علمی برای عملیات واقعی بود. گروه‌های تحقیق عملیاتی از فرمانهای ویژه‌ای تبعیت می‌کردند. بیشترین موفقیت تحقیق عملیاتی در نبرد بریتانیا بود یعنی آن هنگام که روی رادارهای ریز موج (میکروویو) کار می‌شد. آلمان‌ها از این تکنولوژی بی‌بهره بودند و نیروی هوایی انگلستان با بهره‌گیری از این تکنولوژی توانست با شناسایی و پیش‌بینی موقعیت‌های مطلوب جنگی و کنار گذاردن وضعیتهای نامطلوب، نیروی هوایی آلمان را شکست دهد. جالب اینکه موفقیت تحقیقات عملیاتی حاصل کار دانشمندانی بود که در رشته‌های کاملاً متفاوتی همچون فیزیک و ژنتیک گیاهی تخصص داشتند. مسئلهٔ مهم وجود احساس سالم و درست نسبت به روش علمی و برقراری مناسباتی حاکی از اطمینان دوجانبه میان دانشمندان تحقیق عملیاتی و تصمیمگیرندگان نظامی بود. این تکنیک در سالهای بلافاصله پس از جنگ رواج قابل ملاحظه‌ای در صنعت یافت.

جادارد که در این جا به تصور نادرستی اشاره شود که در مورد کیفیتهای مطلوب مشاوران علمی رهبران سیاسی و نظامی به وجود آمده است. ضرورتی ندارد که مشاور علمی دانشمندی سرشناس باشد و طوری وانمود کند که همه پاسخها را می‌داند. در حقیقت به غیر از استثناهایی، بعید است که مشاور علمی در جهان علم سرشناس و مشهور باشد بلکه او باید فردی با دانش گستردهٔ علمی و منطقی سلیم باشد و به نحوی در ارتباط با شبکهٔ همکاران در رشته‌های مختلف علمی باشد که بتواند با آنان در مورد موضوعهایی خاص مشورت کند. او همچنین باید دارای شخصیتی توانا در ایجاد مناسباتی مبتنی بر تفاهم با رهبرانی باشد که با او مشورت می‌کنند. در نشستی که در دههٔ ۱۹۷۰ میان مشاوران علمی رؤسای جمهور مختلف آمریکا برگزار شد آشکار گردید که فقط در یک مورد (مورد جری‌وایزنر در مقام مشاور علمی کندی) رابطه‌ای حاکی از اطمینان دوجانبه برای مشورت و رایزنی نظام مند و سودمند وجود داشته است.

مورد جالب توجه، مورد سرهنری تیزارد است که پیش از جنگ جهانی دوم، رئیس شورای پژوهشهای هوانوردی بریتانیا و مسئول توسعهٔ سریع رادار ریز موج و هواپیماهای جنگندهٔ پیشرفته بود. هنگامی که چرچیل به قدرت رسید، مشاور علمی خود یعنی پرفسور لیندمن و پس از او پرفسور لُرد چرول را به کار گمارد و در نتیجه، تیزارد مجبور به استعفا شد. پس از جنگ، رمان‌نویسی به نام سی. پی. اسنو در سخنرانیهای خود در دانشگاه هاروارد ثابت کرد که اگر چرچیل شش ماه زودتر به قدرت رسیده بود و موجب استعفای زودتر تیزارد می‌شد، آلمان‌ها فاتح نبرد بریتانیا می‌شدند و تاریخ به کلی تغییر می‌کرد.[5] این نکته نشان‌دهندهٔ خطرهای احتمالیی است که تصمیم‌گیریهای حیاتی برپایهٔ مشورت صرفاً یک دانشمند می‌تواند درپی داشته باشد.

سالهای بازسازی

موفقیت علم در پیروزی جنگ برجسته بود؛ و ضرورت داشت که علم هم در اقتصاد و هم در جامعهٔ زمان صلح به همان اندازه مؤثر باشد. کشورهای سرتاسر جهان به تدریج شروع به ارزیابی دوبارهٔ منابع علمی خود کردند آن هم از این زاویه که اصلاحهایی را در زیر ساخت علمی خود ایجاد کنند و آن را با وضعیت جدید متناسب سازند. در ایالات متحده که صنعت آن در بهره‌گیری از تکنولوژیهای جدید بسیار موفق و سریع بود، معلوم شد که بسیاری از توسعه‌های اساسی سهیم در پیروزی جنگ، حاصل پژوهش علمی اروپا بوده است. بنابراین، ضرورت تقویت نظامهای پژوهشهای بنیادی آشکار شد. روزولت از ونوار بوش (رئیس سازمان بسیار موفق اما موقتی زمان جنگ OSRD) خواست که پیشنهادهایی را برای شرایط پس از جنگ ارائه دهد. این امر منجر به ارائه گزارش تاریخی *علم مرز بی‌پایان*[6] شد که سرانجام بنیاد ملی علم براساس آن پایه‌ریزی گردید.

در انگلستان وضعیت کاملاً متفاوت بود. از بسیاری از کشفیات مهمی که در این کشور انجام می‌گرفت، در خارج از کشور بهره‌برداری می‌شد و سود اقتصادی اندکی برای ابداع کنندگان خود در برداشت. بنابر براوردها در ایالات متحده در مقابل هر پژوهشگر علوم پایه ۲/۵ دانشمند و مهندس کاربردی وجود داشت حال آنکه این تعداد در انگلستان ۱/۲ تا ۱ نفر بود. از همین رو شورای مشورتی سیاست علمی (ASCP) در میان سایر هدفهای خود، به مطالعهٔ چگونگی دستیابی به ارتباطی بهتر بین نظام علمی و نظامهای تولید و توسعهٔ اجتماعی پرداخت. در انگلستان دوگانگی فرهنگی وجود داشت که احتمالاً همین هم ریشهٔ ناکامی این کشور در استفاده از دستاوردهای

■ با این وصف، اقتصاددانان تاکنون توجه اندکی به نقش علم وتکنولوژی در رشد اقتصادی و صنعتی کرده‌اند.

■ این نکته عموماً پذیرفته شده است که توسعه در کشورهای جهان سوم اساساً بستگی دارد به خلق توانایی بومی برای علم و تکنولوژی در هر کشور یا دست‌کم در گروهی از کشورها.

علمی بوده است: همزیستی دوگروه از نخبگان (یکی نخبگان علوم انسانی و دیگری نخبگان آموزش علمی) که تقریباً ارتباط با یکدیگر را قطع کرده بودند.

فضای مهم و اسرارامیز علم که میراث موفقیتهای زمان جنگ است، جریان به سرعت روزافزون منابع را در کشورهای صنعتی تولید کرد. در ابتدا، علم تا حدودی حوزه‌ای اختصاصی بود که مجالس قانونگذاری منابع را با تحقیق و تفحص اندکی بدان تخصیص می‌دادند، به عبارت دیگر برمبنای این پیشفرض ساده که پژوهش چیز خوبی است و پژوهش بیشتر، مشکلات بیشتری را حل خواهد کرد. تصمیمگیریها بدون بحث و تعارضی جدی و در شرایط راحت، چنان سریع انجام می‌گرفت که به نظر پدیده‌ای اجتناب ناپذیر و حقیقتاً رها از سیاست به نظر می‌رسید. مسئلهٔ اصلی و اولیهٔ سیاست علمی در کشورهای سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی (OECD) در طی این دورهٔ شکوفایی مسئلهٔ افزایش سطح بودجه تحقیق و توسعه کشورهای مختلف بود، که به صورت درصدی از تولید ناخالص ملی (GNP) ارزیابی شده و نسبت به سطح تولید ناخالص ملی ایالات متحده سنجیده می‌شد.در این فرایند، هم دولت و هم دانشمندان تحقیق و توسعه را سرمایه‌گذاریی ملی و ارزشمند و متکی به خود و درواقع بدون ارجاع به محتوای آن به شمار می‌آورند به شرط آنکه کاملاً خلاق و پیچیده باشد و تحقیق و توسعه را صرفاً با ملاحظاتی سطحی از ارتباط آن با هدفهای ویژهٔ ملی در نظر می‌گرفتند. در این ارتباط لازم است یاداور شویم که در ابتدای کنفرانسهای دوره‌ای دانشمندان و اعضای مجلس که از سوی شورای اروپا سازمان می‌یافت قانونگذاران خواهان آن بودند که در مورد برخی از نمونه‌های مهم علم بزرگ (big science) همچون رادیو تلسکوپها و شتاب دهنده‌های ذرات با انرژی بسیار زیاد صحبت شود و در صورت امکان از آنها بازدید کنند. آنان که مجذوب فضای پر رمزوراز و اسرارامیز علم شده بودند، ارتباط میان علم و اقتصاد را نمی‌دیدند و بالطبع، پرسشهای اندکی را در مورد زمینهٔ اقتصادی سرمایه گذاریهایشان در امر پژوهش مطرح می‌کردند. اما این وضع به سرعت تغییر کرد.

از سوی دولت انگلستان شورایی مشورتی در مورد سیاست علمی در ۱۹۴۶ تأسیس شد که در نوع خود در جهان بی‌سابقه بود با جدیت آغاز به کار کرد. وزیران با این شورا مشورت می‌کردند. برای مثال، کنسول خزانه‌داری انگلستان که با مسائل بازسازی دست و پنجه نرم می‌کرد، با کمبود شدید پول از کار بازماند. او وسوسه شد که واردات موادغذایی بالطبع جیرهٔ غذایی را کاهش دهد. او با شورای مشورتی سیاست علمی مشورت کرد و پرسید که آیا دست زدن به چنین کاری که با کاهش باروری کارگران صنعتی همراه است، نتایجی منفی به بار می‌آورد یا نه؟ شورا برای پاسخ دادن به این پرسش، هیئتی از کارشناسان امور تغذیه، بیوتکنولوژی و غیره را گردهم آورد. این هیئت گزارش داد که کم کردن کالری برای مردم نتایجی منفی به بار خواهد آورد اما این نتایج منفی و خسران را می‌توان در امر تولید، با یک نظام متفاوت جیره‌بندی جبران کرد به نحوی که کارگرانِ کارهای دشوار و یدی از جیرهٔ غذایی بیشتری نسبت به کارگرانِ مشغول در کارهای سبکتر و نیز زنان خانه‌دار و غیره برخوردار شوند. حاصل آنکه کنسول خزانه‌داری طرح کاهش جیره‌بندی غذایی را غیرعملی و از لحاظ سیاسی خطرناک یافت و در نتیجه جیره‌بندی غذایی تغییر نکرد.

رئیس شورای مشورتی سیاست علمی همانند وزیر علوم، پرسشهای کلی چندی را پیش کشید. علم چگونه می‌تواند به بهترین وجه به اقتصاد و جامعه در این دوران بازسازی و کمبود سرمایه یاری رساند؟ گروهی از صاحبان صنایع، تجار و اقتصاددانان برای بررسی مسئله گردهم آمدند. آنان همگی معتقد بودند که پژوهش برای افزایش سرمایه ضروری است اما باتوجه به ماهیت نظام علمی و تکنولوژیکی، به بار نشستن سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، سالهای بسیاری طول می‌کشد. به علاوه، راهی طولانی برای به پایان رساندن بازسازی در پیش بود، و تلاشهای بسیاری باید صورت می‌گرفت تا از روش علمی برای افزایش کارایی در صنعت، کشاورزی و بخش خدمات، به ویژه از رهگذر افزایش سطح باروری نیروی انسانی استفاده شود. براهمیت عامل انسانی تأکید بسیاری شد و سعی در اثبات این نکته شد که نیروی کار نقش زیادی در بهبود باروری دارد و باید در منافع سهیم شود، همچنین بر ضرورت ارتقای سطح مدیریت و ایجاد تسهیلات برای آموزش مدیریت تأکید شد. این موارد همگی اموری بود که تا آن زمان نهادهای آکادمیک از پذیرش آنها سرباز می‌زدند. این امر موجب حرکتی بارور شد. مقایسه‌های بین‌المللی و بین شرکتها در مورد نتیجهٔ تولید هر انسان در هرساعت و در هرسال کاملاً تغییر کرد و علت تفاوتها آشکار شد و امکانات پیشرفت پیشنهاد شد.

عامل اصلی در بازسازی اروپا برنامهٔ سخاوتمندانه و بلندپروازانهٔ مارشال بود. اعضای اروپایی سازمان همکاری اقتصادی اروپا کمیتهٔ تولید و پژوهشهای کاربردی را در پاریس تشکیل داد که موجب تعمیم و گسترش خلاقیت انگلیسی در ایجاد مراکز ملی تولیدی در هریک از کشورهای عضو شد. این مراکز بر بنیاد سه‌گانهٔ دولت، مدیریت و کار استوار بود. این مراکز نشان داد که در سطح مسائل بنیادی، به ویژه انتقال تکنولوژی صنعتی از آمریکا به اروپا و استقرار مراکز آموزش مدیریت در دانشگاه موفق است.

دو مورد: ژاپن و اتحاد شوروی

تا بدین جا از موقعیت اروپا و امریکای شمالی پس از جنگ صحبت شد. اما وضعیت ژاپن کاملاً متفاوت بود: ملتی شکست خورده، از بمب اتمی ضربه‌دیده و به اشغال نیروهای خارجی درآمده. چنین ملتی باید اطمینان خود را از نو به دست می‌آورد و جامعه و اقتصاد خود را از نو و با ارزشهایی نوین و هدفهایی نوین می‌ساخت. بدین منظور، ایالات متحده کمک بسزایی کرد و ژاپن از زیر بار هزینه‌های نظامی خلاص شد. اما آنچه مایهٔ موفقیت آنها شد ویژگیهای ملیشان بود، ویژگیهایی همچون ثبات، اتفاق نظر، الگوگرایی به همراه توان استثنایی آنان در سخت کوشی بود که دست به دست هم معجزهٔ اقتصاد ژاپن را شکل داد. نخستین گام، بازسازی نظام آموزشی و ایجاد دانشگاه‌های جدید بیشمار با اعضای برجستهٔ هیئت علمی در رشتهٔ علوم طبیعی و مهندسی بود. از آنجا که مدرسه‌های جدید پژوهشی هنوز در وضعیتی نبود که بتواند عناصر و اجزایی را برای نواوری بومی فراهم آورد، صنایع نخست مجبور به تکیه به تکنیکهای خارجی شدند. البته این تکنیکها با دقتی کم‌نظیر انتخاب می‌شدند. گروه‌های کثیری از کارشناسان به اروپا و آمریکای شمالی سفر کردند و با بنگاههای دولتی، شرکتهای صنعتی و دانشمندان و مهندسان منفرد به گفتگو نشستند. این گروه‌ها دانش فوق‌العاده و دقیقی را نه فقط از تکنولوژیهای موجود بلکه از

تکنولوژیهای در دست تهیه و طرح نیز به دست آوردند. برهمین اساس، فرایندها و فراورده‌ها انتخاب شد، حقوقها و مجوزها کسب و تولید در ژاپن آغاز شد. اما این یک تقلید صرف نبود. در بسیاری از موارد فراورده‌هایی که دارای مجوز و پروانهٔ خارجی بود، از نو طراحی می‌شد تا مفهومهای ژاپنی کیفیت، دقت و طراحی هنری ثبت شود. ساخت صنایع مدرن ژاپن از رهگذر همکاریی بی‌نظیر میان صاحبان صنایع و بانکها و وزارت‌خانهٔ ژاپنی (MITI) صورت گرفت.

گرچه بازسازی طیف گسترده‌ای از صنایع را دربرمی‌گرفت اما به بخش الکترونیک، اولویت ویژه‌ای داده شد. و در این مورد نیز ژاپن بار دیگر از خود ده راندیشی چشمگیری نشان داد. غربی‌ها برنامه‌های دراز مدت سرمایه‌گذاری در توسعه و تولید ژاپنی‌ها را به سخره می‌گرفتند و آنها را برنامه‌هایی غیرواقعی و مأیوس کننده تلقی می‌کردند. اما گذشت زمان درستی و اعتبار این برنامه‌ها را ثابت کرد و علوم الکترونیک سودهای هنگفتی برای ژاپن به ارمغان آورد.

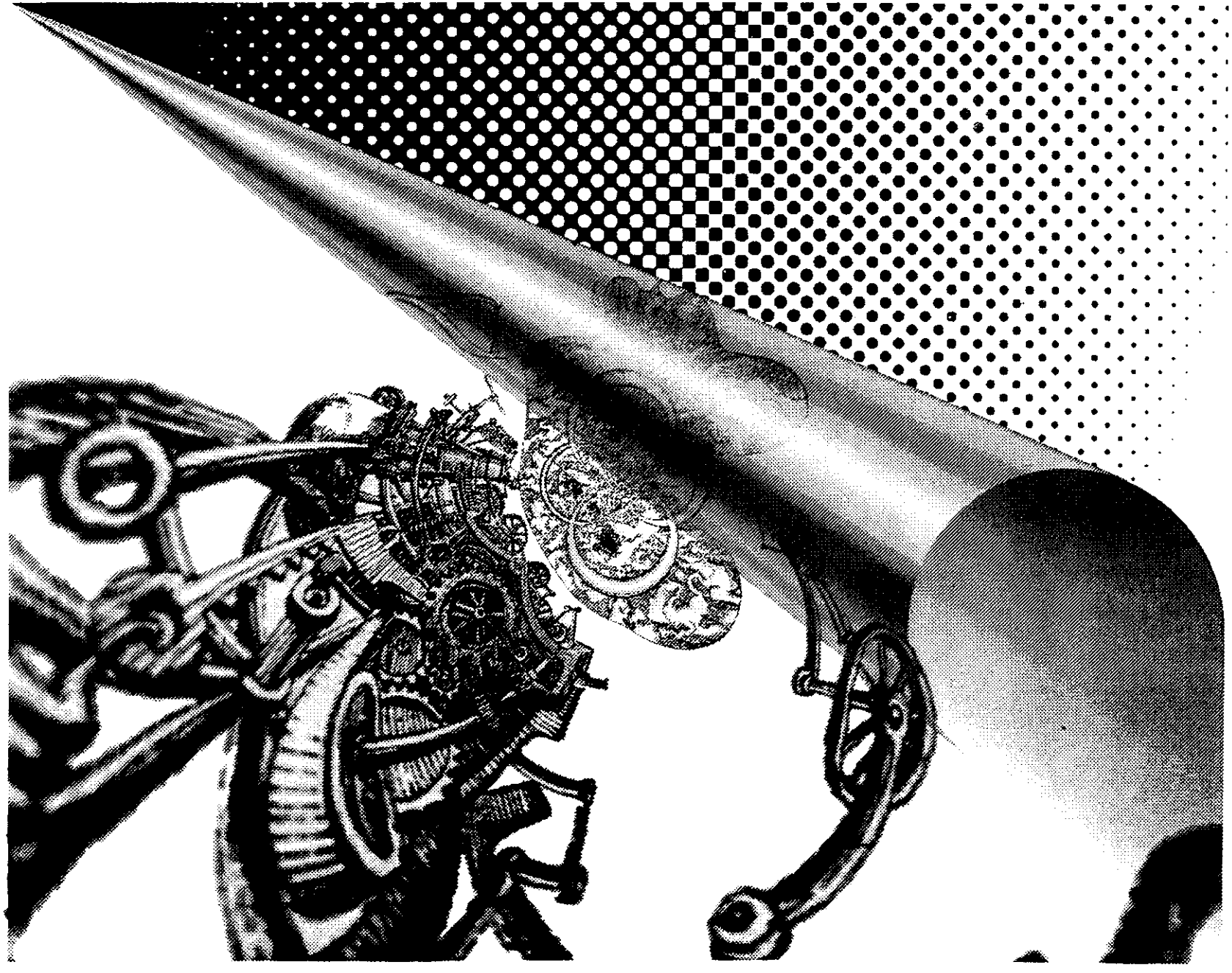
وضعیت شوروی کاملاً متفاوت بود. گرچه شوروی در جنگ پیروز بود اما خسارتهای بسیار زیادی متحمل شده بود. شوروی پس از جنگ از ارتشی قدرتمند اما زیرساخت بین‌المللی بسیار کم مایه‌ای برخوردار بود. اتحاد شوروی با تعصب ایدئولوژیکی و قدرت نظامیش سایر کشورهای اروپای شرقی را نیز وارد حلقهٔ خود کرد و همان ساختار و سیاستهای خود را بر آنان تحمیل کرد. قطب‌بندی میان نظام کمونیستی و بازار آزاد به‌طور اجتناب ناپذیر به رویارویی دوطرف و جبهه‌بندی منجر شد. در این میان، ایالات متحده و هم‌پیمانانش هم از قدرت و نیروی کافی برای توسعهٔ تکنولوژی پیچیدهٔ نظامی درجهت حفظ برتری خود در مسابقهٔ تسلیحاتی برخوردار بودند و هم توان آن را داشتند که اقتصادهای قوی غیرنظامی خود را بسط وگسترش دهند حال آنکه شوروی در این عرصه ناتوان بود و از همین‌رو، اولویت را قاطعانه به هدفها و ضرورتهای نظامی داد. علوم و تکنولوژی شوروی از استاندارد بالایی برخوردار بود. شوروی به کمک اطلاعات به دست آمده از جاسوسان خود در غرب، توانست با سرعتی اعجاب‌انگیز هم بمب‌اتمی و هم بمب هیدروژنی بسازد. وانگهی کیفیت بالای دانشمندان و مهندسان شوروی در توسعهٔ پیچیده‌ترین ابزارهای نظامی از جمله موشکهای بین قاره‌ای بالستیک با دانشمندان آمریکایی برابری می‌کرد. همین نبوغ و مهارت در محیط تکنولوژیکی نیز به چشم می‌خورد. پرتاب موفقیت‌آمیز ماهواره‌های شوروی غربی‌ها را شگفت‌زده کرد و به آمریکایی‌ها انگیزهٔ ضروری برای تأمین منابع لازم برنامه‌های فضایی را داد. اما در عوض جبههٔ غیرنظامی راکد و فاقد نوآوری بود. به دشواری می‌توان از فراوردهٔ جدیدی یاد کرد که شوروی توانسته باشد آن را به بازار جهانی بفروشد. از همین‌رو، رشد اقتصادی همانند استانداردهای زندگی در سطح پایینی باقی ماند. این امر بسیار ناهمساز و متناقض است که کشوری به گونه‌ای به حیات خود ادامه دهد که تکنولوژیهای نظامی و فضائیش به سطوحی باورنکردنی از پیشرفت و پیچیدگی برسد در حالی که مردم در مناطق گسترده‌ای از آن همانند مردم جهان سوم زندگی کنند. سازمان علوم اتحاد شوروی با سازمان علوم کشورهای غربی تفاوت داشت. پژوهش بیشتر در نهادهای آکادمی علوم انجام می‌گرفت و نه در محیط آکادمیک. اعضای آکادمی از نخبگان کشور بودند و امتیازهای خاصی داشتند اما در عین حال با محدودیتهای بسیاری نیز روبه‌رو بودند.

علم و اقتصاد

تا همین اواخر درک رابطهٔ میان علم و اقتصاد در سطح بسیار ساده‌ای بود. البته دیرزمانی است که درک شده است کشفیات بنیادین علم منجر به پدید آمدن صنایع بزرگ و جدید متکی بر پژوهش می‌شود. مهندسی جدید قدرت بدون درک قواعد ترمودینامیک امکان‌پذیر نیست؛ صنایع الکتریکی و الکترونیکی پیش از کار فارادی و اخلاف او حتی قابل تصور نیز نبود؛ رشته‌های داروسازی و دیگر رشته‌های صنایع شیمی مشتق از مهندسی مولکولی با پیشرفت شیمی آلی امکانپذیر شد. با این وصف، اقتصاددانان تا کنون توجه اندکی به نقش علم و تکنولوژی در رشد اقتصادی و صنعتی کرده‌اند. فرض براین است که تکنولوژی و پژوهش متکی بر آن و محصول برهم کنش نیروهای اقتصادی تنها به منزلهٔ عاملی ازدست ناپیدای آدام اسمیت است.

در اوایل دههٔ شصت، پژوهشهای جدید تی‌شولتس، سون‌نیلسون و دیگران در مورد عوامل تعیین کنندهٔ رشد اقتصادی راه را برای درک بهتر جایگاه تکنولوژی گشود. دنیسون در مطالعه خود به سال ۱۹۶۲ روی رشد اقتصادی ایالات متحده از آغاز سدهٔ بیستم نتیجه گرفت که فقط ۴۰ درصد از افزایش تولید ناخالص ملی را می‌توان با افزودن داده‌های سنتی سرمایه و نیروی کار توضیح داد و در واقع بخش بیشتر آن را می‌توان به «عامل باقیمانده» نسبت داد که بنابرفرض عبارت‌اند از مجموعه‌ای از عناصر که آموزش، علم، تکنولوژی، مدیریت شرکتها و مدیریت نقش مهمی درمیان این عناصر دارد. این مطالعه و سایر مطالعه‌ها در اساس نشان دهندهٔ آن است که کیفیت کار و کیفیت استفاده از سرمایه موجب رشد سریع تولید ناخالص ملی می‌شود. کیفیت نیروی کار انسانی در تمامی سطوح از کارگر غیرماهر گرفته تا مدیریت سطوح بالا، با آموزش ارتقا می‌یابد؛ استفاده از سرمایه نیز با نوآوری تکنولوژیکی بالا می‌رود. گرچه با این مطالعه مخالفت شدیدی شد اما خطوط گستردهٔ آن به طور کلی پذیرفته شد. به تدریج هم علم و هم آموزش به منزلهٔ سرمایه‌گذاری ملی شناخته شد. در حقیقت، هم اکنون علم به منزلهٔ نیرویی مستقل و خودگردان در اقتصاد و در واقع منبع اصلی قدرت اقتصادی تلقی می‌شود.

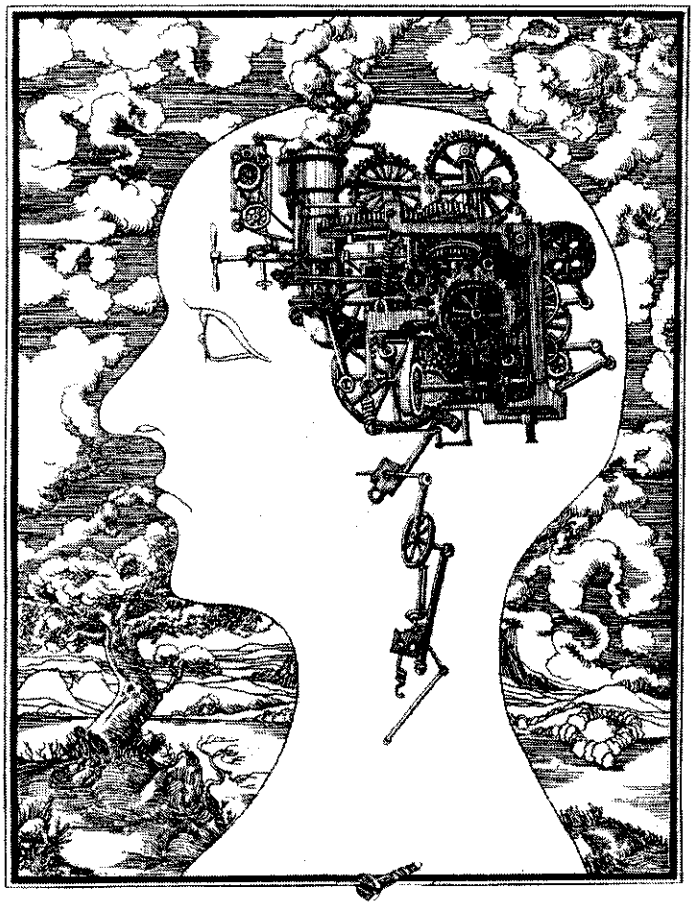
رقابت در سیاهه موفقیتها که محصول آمارهای قیاسی بین‌المللی تحقیق و توسعه بود پرسشهای چندی را در اواخر دههٔ ۱۹۶۰ برانگیخت، پرسشهایی مبنی بر اینکه اختلاف تحقیق و توسعهٔ آمریکا با تحقیق و توسعهٔ کشورهای اروپای غربی چه اهمیتی در برنامهٔ آتی اجرایی و اقتصادی کشورهای مورد نظر دارد. مطالعه روی فاصله به اصطلاح تکنولوژیکی نشان داد که در حقیقت هیچ ارتباطی میان تلاش تحقیق و توسعه یک کشور و رشد اقتصادی یا تجاری آن وجود ندارد. چنین به نظر می‌رسد که انتقال تکنولوژی به آن سوی مرزها به ویژه به صورت فروش حق انحصار، تکنولوژی یا ترتیبات جامعه و فراگیر میان شرکتهای صنعتی آن چنان سریع بوده است که نارساییهای تحقیقات و پژوهشهای داخلی و کمبود نوآوریهای بومی را جبران کرده است. توسعهٔ صنعتی بسیار موفق ژاپن برپایهٔ واردات تکنولوژی گواه این مدعاست. با این حال، انتقال مؤثر تکنولوژی سطح کیفی آموزش و فعالیت فنی و تکنیکی را می‌طلبد که این سطح کیفی باید فراتر از حد آستانهٔ معین در کشور وارد کنندهٔ تکنولوژی باشد.



گسترش قابل ملاحظهٔ فعالیت علمی باید به صورتی باشد که انتخاب پیشرفتهای نوین با نیازها و سنتهای کشور مورد نظر همخوانی داشته باشد و کاملا با آن سازگار باشد. در صورت نبود آگاهی کافی عملی، کشور به سادگی، حقوق انحصاری نادرستی را خریداری می‌کند و به شیوه‌ای ناموثر و بودن کارایی از آنها استفاده می‌کند و راه را به سوی کهنگی طی می‌کند.

نواوری تکنولوژیکی و صنعت

با روشن شدن مسئلهٔ خلاء تکنولوژیکی ثابت می‌شود که این خلاء نه اساساً خلائی تکنولوژیکی است و نه آن طور که برخی ادعا می‌کنند ناشی از خلاء مدیریت، بلکه ناشی از ناهماهنگیها در توان نواوری است. فرایند بنیادین نواوری تکنولوژیکی بی‌نهایت پیچیده است. هرچند وجود اندیشه‌ای جدید برخاسته از پژوهش و با امکان بالقوه‌ای برای بهره‌برداری اقتصادی در اصل نقطهٔ شروعی برای نواوری است اما این فقط شروع فرایند طولانی توسعه است. از میان بسیاری از عوامل مورد بحث، سیاست مناسب مالیاتی و در دسترس بودن سرمایه اهمیت بارزی دارد. به علاوه، فضای مدیریت، مهارتها و کاردانیهای آن و رابطه‌ای مناسب و خوب میان مدیریت و نیروی کار نیز مهم و اساسی است. برای مثال، یا بازار برای یک فراوردهٔ جدید وجود دارد و یا باید به وجود آید و در این صورت این مهم برعهدهٔ مهارتها و کاردانیهای مدیریت است. در پس تمامی این موردها، ضرورت ایجاد شرایط عمومی مساعد همچون ایجاد نظام آموزشی کارا با توجه به سنتهای بومی و روان‌شناسی محلی جای دارد. تنها، با درک این متغیرهای متمایز و بر هم کنش آنهاست که امکان هماهنگی و مدیریت فرایندنواوری دست می‌دهد.



در مؤسسه‌ها و صنایع بزرگ متکی بر علم مانند بخش شیمی و داروسازی و الکترونیک، نقش تحقیق و توسعه و پیشرفت یکنواختی داشته است و نسبت بالایی از هزینه‌ها را موجب می‌شود. در آغاز دورهٔ مورد بحث، رابطهٔ تحقیق و توسعه با رأس مدیریت اغلب رابطه‌ای رضایتبخش نبود. بخش پژوهش به سادگی از سیاست کلی مؤسسه منزوی شده و گرایش داشت تا مجموعهٔ NIH (not invented here به معنای در اینجا ابداع نشده) را توسعه دهد و بدین ترتیب به منزلهٔ مانعی بر سر راه نواوریهای خریداری شده از بیرون عمل می‌کرد. هر مؤسسه‌ای می‌تواند انتظار آن را داشته باشد که فقط بخشی از فراورده‌ها و فرایندهایش را با پژوهش داخلی توسعه بخشد و در عین حال بر تکنولوژی خریداری شده تکیه ورزد. البته این گرایش می‌تواند خطرناک باشد مگر آنکه با سطح بالایی از آگاهی علمی همراه شود، آگاهی که به مؤسسه امکان بررسی و مطالعهٔ جهان و انتخاب بهترین و مناسبترین تکنولوژیِ همخوان با نیازهایش را می‌دهد. احتمالاً این آگاهی فقط با سطح بالایی از توان داخلی پژوهش قابل دستیابی است. در این راستا، پیوند تحقیق و توسعه با سایر عناصر فعالیت مؤسسه ضروری است. در بیشتر موارد، نواوریهای موفق در اساس بستگی دارد به توان مدیریت در مرکز مؤسسه؛ این مدیریت باید در ارتباط تنگاتنگی با مهارتها و تخیل بخش پژوهش اعمال شود.

در همهٔ کشورهای توسعه یافته، صنعت یکی از قطبهای اصلی قدرت است. به علاوه،شرکتهای صنعتی، به ویژه شرکتهای فراملیتی، نیروهای اصلی در مناسبات بین‌المللی و انتقال تکنولوژی‌اند. در کشورهای کمتر توسعه یافته، به حضور این شرکتها نیاز است و در

نتیجه از آنها استقبال می‌شود. اما این شرکتها در عین حال مایهٔ ترس و هراس نیز هست و این ترس بدیهی و اجتناب ناپذیر است چون قدرت و منابع این شرکتها اغلب بیشتر از قدرت و منابع کشورهایی است که در آن مشغول کارند.

مؤسسات گسترده مدرن تکنولوژیکی بدون شک از قدرت بسیار زیادی برخوردار است و از همین رو در موقعیتی است برای عرضهٔ مؤثر تکنولوژیهای جدید به کشورهای توسعه یافته. در کشورهای پیشرفتهٔ دارای الزامهای دفاعی مهم، تکنولوژیهای جدید بسیاری توسعه می‌یابد آن هم با قراردادهایی که با بنگاه‌های نظامی و فضایی و هسته‌ای دولت بسته می‌شود. پس شرکتها و بنگاهها منافع مشترکی در ایجاد تجهیزات به مراتب پیچیده‌تر دارند. بسیاری بیم آن را دارند که مجموعهٔ صنایع نظامی از زیر نظارت مجلس شانه خالی کند چرا که قدرت عظیم این مجموعه می‌تواند پیامدهای شومی داشته باشد.

تحقیق و توسعه و مسابقهٔ تسلیحاتی

بخش اعظمی از دوران پس از جنگ با جنگ سرد همراه بود، جنگی که مسابقهٔ تسلیحاتی با ابعادی غول‌اسا را موجب شد و در این میان تحقیق و توسعهٔ نظامی نقشی اساسی داشت. همان گونه که گفتیم توسعهٔ تکنولوژیکی حاصل از کشفیات در آزمایشگاه‌های پژوهشی، یکی از نیروهای اصلی ایجاد رشد اقتصادی و پیشرفت صنعتی بوده است. اهمیت استراتژیکی این نواوریهای تکنولوژیکی در عرصه‌های نظامی بسیار زیاد است. این نواوریها چنان سطحی از پیچیدگی تکنولوژی نظامی را به بار آورده است که گفته می‌شود چندبار پیچیده‌تر از توسعهٔ تکنولوژیهای غیرنظامی است. اگر از تحقیق و توسعهٔ نظامی خبری نبود آنگاه سلاحهای جدید اندکی ابداع می‌شد و پیشرفتهای سلاحهای سنتی به امری کاملاً حاشیه‌ای بدل می‌شد. اما آنچه درواقع رخ داد این بود که پژوهش ماهیت جنگ را تغییر داد و خطرهای جنگ و دامنهٔ تخریب بالقوهٔ آن را نیز افزایش داد. به نظر می‌رسد که علت جنگ و انگیزه‌های آن در طول هزار سال ثابت مانده است اما قدرت تخریب سلاحها یک میلیون برابر افزایش یافته است.

پژوهش نظامی، جنگ افزارها و سلاحهای بی‌شمار و دستگاه‌های بسیار پیچیده‌ای را پدید آورد که محرک مسابقهٔ تسلیحاتی شد و نیروی حرکت آن را حفظ کرد. طرحهای کنونی تحقیق و توسعه به جنگ افزارهای بی‌شمار فردا بدل می‌شود که در آن پیچیدگی تسلیحاتی اهمیت بیشتری از حجم خالص سخت‌افزارهادارد. دیدیم که پیشرفتهای تکنولوژیکی یکی از ابرقدرتها در زمینه تسلیحات بی‌درنگ با پیشرفتهای توان ضربه‌زدن ابرقدرت دیگر تلافی می‌شد و بدین ترتیب زنجیره‌ای بی‌پایان از کنشها و واکنشها اتفاق می‌افتاد. درنتیجه، برتری تکنولوژیکی به دلمشغولی اصلی دو ابرقدرت در مسابقهٔ پیچیدگی تکنولوژی بدل شد و این دلمشغولی نشان می‌دهد که ادعای امکان دستیابی یا حفظ موازنهٔ نظامی ادعایی سفسطه‌امیز است.

بخش اعظمی از کل بودجه تحقیق و توسعه دولتها به تحقیق و توسعهٔ نظامی اختصاص داده می‌شد، برای مثال بیش از نیمی از کل بودجهٔ ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی. وانگهی، دروندادِ پژوهشی فراورده‌ها در بخشهای غیرنظامی بسی کمتر است. بنابر براورد مؤسسهٔ پژوهش بین‌المللی صلح دراستکهلم(SIPRI) در دهه ۱۹۷۰ میانگین پژوهش برای قطعه‌های پیشرفتهٔ تجهیزات نظامی حدود بیست برابر بیشتر از پژوهش هر یک از اقلام بازار غیر نظامی بوده است.

اطلاعات دقیقی درمورد تعداد دانشمندان و مهندسان مشغول به کار در تحقیق و توسعه نظامی در درست نیست. مؤسسهٔ پژوهش بین‌المللی صلح براوردکرد که حدود چهارصدهزار دانشمند و مهندس در دههٔ ۱۹۷۰ در این عرصه مشغول به کار بوده‌اند و براوردهای بعدی رقمی بالغ بر ۵۰۰ هزار نفر را نشان می‌دهد و این به معنای آن است که ۴۵ درصد از دانشمندان پژوهشگر جهان در عرصه‌های نظامی مشغول به کار بوده‌اند و اگر فقط فیزیکدانان و مهندسان پژوهشگر را درنظر گیریم این تعداد بیش از نیمی از تعداد کل خواهد بود. درنتیجه، پژوهشگران، بخش اعظمی از مجموعهٔ صنایع نظامی‌اند و این امر نشان دهندهٔ انحرافی سهمگین در ادراک و شعور جهانی از تلاش برای فعالیتهای سازنده به سوی فعالیتهای مخرب و ویرانگر است.

این شمار عظیم دانشمند برای حمایت به بودجهٔ دفاعی وابسته‌اند. بیشتر اینان بیرون از جامعهٔ عمومی و بین‌المللی علمی قرار دارند و گرچه بسیاری از آنان باید به دلیل موفقیتهای اهریمنی فراورده‌هایشان از شهرت برخوردار می‌شدند اما به طور گسترده‌ای گمنام‌اند. اینان که بیرون از نظام سنتی علمی قراردارند، با موفقیت خود در ابداع تجهیزات هر چه پیچیده‌تر نظامی فقط در محفلهای خاص خود مورد پذیرش قرارمی‌گیرند و پیشرفت می‌کنند، حال آنکه در نظام سنتی علمی موفقیّت و پاداش هر دانشمند بستگی دارد به انتشار آزادانهٔ نواوری او و قضاوت همردیفانش در مورد این نواوری. بنابراین، وجود چنین پژوهشگرانی برای تداوم مسابقهٔ تسلیحاتی ضروری و مهم است. بدین ترتیب، این دسته از دانشمندان به صنایع نظامی، وزارت خانه‌های دفاعی و فروشندگان اسلحه می‌پیوندند تا مجموعهٔ صنایع نظامی دیوان سالارانهٔ علمی را شکل دهند، مجموعه‌ای که منافعش حفظ بودجهٔ نظامی و تحریک به توسعه و یا تکنولوژیهای پرهزینه و به مراتب پیچیده‌تر برای مقاصد نظامی است. قدرت این مجموعه چنان زیاد است که به نظر واقعاً مقاومت‌ناپذیر می‌آید. آیا پایان جنگ سرد و خلع سلاح اساسیِ درپی آن قدرت این مجموعه را کاهش داده است؟ هنوز نمی‌دانیم. کنت‌بولدنیگ به یکی از تناقضهای جالب رفتاری در طول دوران جنگ سرد اشاره کرده است و آن اینکه سازمانهای دفاعی دوابرقدرت با نیروی رانشی تحقیق و توسعهٔ خود، واقعاً با یکدیگر همکاری داشته‌اند و در مقابل با مردم غیرنظامی خود در رقابت بوده‌اند. چون هر افزایش بودجه‌ای در زمینهٔ پژوهش در ایالات متحده اغلب به طور خودکار موجب افزایش بودجه در اتحاد جماهیرشوروی می‌شد و برعکس، و در مقابل، هر یک از این افزایش بودجه‌ها خطری سهمگین برای مردم غیرنظامی درکشور و بار سنگینی بر دوش آنان بود.

سیاستهایی برای علم و تکنولوژی

موج عظیم سرمایه‌گذاری پژوهشی پس از جنگ با جوانه‌زدن فعالیت در بخشهای مختلفی چون صنعت، پزشکی و کشاورزی همراه بود. تقریباً همهٔ وزارتخانه‌ها پی به ضرورت پژوهش یا دست‌کم مشورت علمی بردند. آزمایشگاه‌های دولتی بسیاری در بسیاری از کشورها از جمله در عرصه‌های جدیدی چون انرژی هسته‌ای ایجاد شدند. به

علاوه با گسترش آموزش دانشگاهی، پژوهش کارشناسی ارشد رشد کرد و شکوفا شد. پدیدهٔ «علم بزرگ» ظاهر شد؛ و پژوهش پایه‌ای که تسهیلاتی همچون شتابدهندهٔ ذره با انرژی زیاد یار رادیوتلسکوپهایی بسیار پرهزینه و فراتر از امکانات دانشگاه‌ها را می‌طلبید و یافتن روشهایی جدید در سرمایه‌گذاری و سازماندهی دراین پژوهش ضروری بود. آشکار بود که ساختارهای ملی پیش از جنگ برای تحقیق و توسعه نامناسب‌اند و پرسشهایی از این دست در همه جا مطرح شد: چه تغییرهای ساختاری ضروری است، چگونه می‌توان رویکردی جامع در مورد تلاش کلی علمی کشور فراهم آورد و چگونه باید منابع را در جهت حمایت از نوید و خلاقیت برای شکوفایی، سعادت و نیکبختی جامعه تخصیص داد. نخستین نهاد ملی برای سیاست علمی در سال ۱۹۴۷ در لندن ایجاد شد. این نهاد شورای مشورتی سیاست علمی (ACSP)[۶] نام داشت. نخستین گزارش سالانهٔ هیئت، پیشنهادهای منسجم نهادی را برای فعالیتهای غیرنظامی دولت در زمینهٔ علوم طرح کرد. این پیشنهادها در اساس مورد پذیرش قرارگرفت و به طور گسترده‌ای به اجرا درآمد. در ایالات متحده که نظام پژوهشی زمان جنگ بسیار موفقیت‌امیز بود، چندین سال طول کشید تا بنیاد ملی علوم ایجاد شود و در دوران ریاست جمهوری آیزنهاور بود که شورای علمی به ریاست مشاور علمی رئیس جمهور و با اختیارات گسترده برای یافتن استراتژی دوران صلح آغاز به کارکرد. در فرانسه نیز شورای ملی پژوهش علمی (CNRS) ایجاد شد و ژنرال دو گل رئیس جمهور وقت فرانسه، مشاور علمی خاص خود را داشت. به زودی ترتیبات مشابهی در سایر کشورهای اروپایی و نیز جاهای دیگر پدیدار شد.

■ در بیشتر موارد، نوآوریهای موفق در اساس بستگی دارد به توان مدیریت در مرکز مؤسسه؛ این مدیریت باید در ارتباط تنگاتنگی با مهارتها و تخیل بخش پژوهش اعمال شود.

دلمشغولی اصلی روزهای اول ساختارهای جدید، تهیهٔ ساز و کار لازم برای تخصیص منابع بود. درابتدا، دانشمندان نسبت به این اقدامها بسیار بدگمان بودند و بیم آن را داشتند که پژوهش در چارچوبی دیوانسالارانه گیرکند و بدین ترتیب خلاقیت آنان به مخاطره افتد. بااین حال دیری نپایید که پرفسورهای فیزیک انرژی بالا دریافتند که نمی‌توانند انتظار داشته باشند که به هر یک از آنان یک سیکلوترون (دستگاه شتابدهندهٔ ذرات باردار) و یک سنیکروترون (دستگاه شتابساز برای ازدیاد سرعت ذرات باردار) واگذار شود و ارتباطی بخردانه و هوشمندانه میان توزیع و منابع برنامهٔ پژوهش بدون مشورت خود دانشمندان امکانپذیر نیست و نیز طولی نکشید که درک شد سرمایه‌گذاری در زمینه علوم بزرگ فراتر از امکانات بسیاری از کشورها به تنهایی است و در هر حال بی‌فایده است. پیامد این امر ایجاد تسهیلاتی بین‌المللی برای پژوهش بود از آن جمله ایجاد امکانات پژوهشهای بین‌المللی (CERN) در ژنو. البته بحث درمورد انواع بسیاری از همکاری بین‌المللی که از زمان جنگ به بعدمطرح شد فراتر از حیطهٔ این کار بود چه آن همکاری به مشکلات کشورها در ایجاد ساختارهای مطلوب برای رواج مشاوره سیاست علمی، پژوهش پایه‌ای و حمایت از کشاورزی و صنعت و فعالیتهای پژوهشی دولتی می‌پرداخت. با توجه به طیف گسترده‌ای از سنتهای ملی و رویکردهای سیاسی هیچ اصل تعمیم‌یافته‌ای درمورد ساختار و تبیین علمی به دست نیامد، و محتمل هم نبود که به دست آید. اما در بسیاری موارد، در تاریخ کوتاه سیاست علمی، ساختارهای ملی علم بارها و بارها تغییر کرده بود.

تاکنون به مسئلهٔ سیاستهایی برای علم پرداختیم. اما روی دیگر سکه علم برای سیاست است؛ به دیگر سخن، استفادهٔ نظام‌مند ازروش علمی چگونه می‌تواند به بازسازی سیاستهای سایر بخشهای فعالیت ملی یاری رساند، برخی از پیامدهای سیاستهای جدید را پیش‌بینی کند و از اشتباه‌های غیر شهودی اجتناب ورزد؛ بررسی و مطالعه‌های انجام شده روی ماهیت فرایندنوآوری پیشاپیش نشان داده بود که فرایند نوآوری در این راستا مفید است و هیچ مسئلهٔ اجتماعی وجود ندارد که تحقیق عمیقتر و نظامندتری را توجیه کند. کاربرد تحلیل نظامها و تهیه مدلهای دینامیک رایانه‌ای که یافتن انتخابها و برنامه‌های گوناگون را امکانپذیر می‌سازد نوید بخش است. با رشد زیاد میزان تغییر در بسیاری از عرصه‌ها، شاهدپذیرش فزایندهٔ نیاز به بینشی عمیقتر در مورد روابط میان بخشهای گوناگونی که تاکنون مجزا به شمار می‌آمدند هستیم (برای مثال، روابط میان انرژی، محیط‌زیست، تغییرهای جمعیت و امنیت غذایی). در این مفهوم جدید، سیاست علمی می‌تواند سیاستی برای سلطهٔ دانش اجتماعی و تکنیکی به شمارآید و در معنای گسترده‌تر، سیاستی برای تولید دانش جدید مورد نیاز انسان برای درک بهتر خود و جوامع و جهان.

با سربرآوردن سازمانهای بی‌شمار غیردولتی (NGO_S) به تدریج بازیگران جدیدی در صحنهٔ سیاسی ظاهر شدند و دیدگاه‌های جمعی دانشمندان اغلب برای کمک به تحول سیاستهای دولتی طرح شد؛ برای مثال، در گزارشهای اکادمی ملی در واشنگتن دربارهٔ موضوعهایی همچون گرم شدن زمین و جمعیت. به علاوه، در همین دوره بود که حتی در دوران جنگ سرد، دانشمندان هر دو طرف به لحاظ بین‌المللی و از رهگذر «جنبش پاگ‌واش»[۷]، تلاشهای زیادی برای مطلع ساختن هیئتهای سیاسی از ماهیت حقیقی مسائل به خرج می‌دادند و در مباحثات شرکت می‌کردند. تأثیر برجسته‌تر و قابل ملاحظه‌تر را گزارش باشگاه رم تحت عنوان *محدودیتهای رشد* به جای گذاشت که بحثی جهانی را برانگیخت.

در طول دوره‌ای که راجع به آن صحبت کردیم،آگاهی عمومی از علم و کاربردهای آن رشد عظیمی داشته‌است، به دیگر سخن، حرکت از تلقیِ علم به منزلهٔ امری اسرارامیز تا به منزلهٔ بنیان جامعهٔ معاصر گامی عظیم بود. پیامدهای منفی و مثبت علم به سرعت شناسایی و پذیرفته شد. نگرانی عمومی با سروصدای بسیار توسط بسیاری از «جنبشهای صلح» طرفدار خلع سلاح هسته‌ای، تعرض به زیردریاییهای هسته‌ای و مخالفت با ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای بیان شد. این جنبشها دانشمندان بسیاری را جذب کردند. این جنبشها به رغم دوران متأثر از تعصب و خشک اندیشی، توانستند تأثیر و نفوذ قابل ملاحظه‌ای در سیاستهای رسمی دولتی داشته‌باشند و همه پرسی در سوئد که منجر به حذف نیروگاه هسته‌ای در این کشور شد گواه این مدعاست.

موقعیت مشابهی درمورد مسائل زیست محیطی بروز کرد.

گروه‌های مطالعاتی و اعتراضی بیشماری در این مورد سر برآوردند و نگرانی این گروه‌ها در خط سیر سیاسی بسیار از کشورها تأثیر گذاشت، آن هم با ظهور احزاب «سبز» که در انتخابات ملی نیز موفقیتهایی به دست آوردند. اما مادامی که حزبهای تک هدفی در سیاستهای ملی از نقشی پایدار و همیشگی برخوردار نیستند، احزاب سبز به طور قطع احزاب سنتی را وادار می‌کنند که از کنار مسئولیتهای سیاستهای زیست محیطی به طور سرسری نگذرند. همین مسئله در مورد صنایع نیز صادق است.

علم، قدرت و کشورهای در حال توسعه

این نکته عموماً پذیرفته شده است که توسعه در کشورهای جهان سوم اساساً بستگی دارد به خلق توانایی بومی برای علم و تکنولوژی در هر کشور یا دست کم در گروهی از کشورها. این مسئله موضوع کنفرانس سازمان ملل دربارهٔ علم و تکنولوژی برای توسعهٔ (۱۹۷۹) بود. اما از آن زمان تاکنون پیشرفت چندانی صورت نگرفته است و این ناامید کننده است. این امر ممکن است تا حدودی ناشی از بحران اقتصادی و انحراف منافع اعطاکنندگان به سمت مسائل اروپای شرقی باشد اما در هر حال وضعیت برای توسعهٔ علمی تکنولوژیکی مساعد نیست. هر چند چنین وانمود می‌شود که برای علم اهمیت زیادی قائل‌اند اما در عمل اهمیت چندانی برای آن قائل نیستند. علم حرفه‌ای باب روز نیست و بیشتر نخبگان کشورهای در حال توسعه جذب عرصه‌های حقوقی می‌شوند و دیگر برای مشاوره و تدبیر در امور عملی دسترسی به آنان امکانپذیر نیست.

برخلافِ این روند کُند انتشار علم و تکنولوژی در بیشتر کشورهای جهان سوم و در نتیجه فقدان توسعه در آنها، موفقیت کشورهای تازه صنعتی شدهٔ آسیای جنوب شرقی نمونه‌ای است برجسته از قدرت علم در توسعهٔ اقتصادی، گسترش و تعمیق پایهٔ آموزشی، ایجاد زیرساخت تحقیق و توسعه، و کاردانیها و مهارتهای تکنیکی که با خرید برخی حق امتیازها و انحصارهای خارجی که کاملاً گزینش شده‌اند، دنبال می‌شود. نتایج به دست آمده بسیار چشمگیر بوده است. این نیز مثال دیگری است از اینکه در جغرافیای جهانی قدرت، علم چگونه نقشی بنیادین ایفا می‌کند.

انقلاب صنعتی با پیشرفتهای تجربی ماشین بخار یعنی با ابداع و اختراع آغاز شد. جامعهٔ فراصنعتی یا اطلاع‌رسانی یا خدماتی (بسته به شیوه‌های متفاوتی که این جامعه خوانده شود). اساساً برخاسته از کشفیات پژوهشی در فیزیک جامدات است. تغییرهای آینده در شیوه زندگی و جامعه نیز از کشفیات آزمایشگاهی برخواهد خاست و ماهیت جامعه را نیز تغییرخواهد داد. بیشترین دلمشغولی و نگرانی نیز از این بابت خواهد بود که مطمئن شویم از امکانهای جدید در جهت منافع جامعه و نه فقط منافع فردی بهره‌برداری شود.

هنگامی که اعلام شد سازمان همکاری توسعهٔ اقتصادی (OECD) قصد دارد نخستین گردهمایی بین‌المللی وزیران علوم را دراکتبر ۱۹۶۳ برگزار کند، وزیر آموزش هلند (نخست وزیر اسبق این کشور) با شتاب به پاریس رفت تا دبیر کل را قانع به لغو این گردهمایی کند. او چنین استدلال می‌کرد که «علم جنبه‌ای از دانش است و سیاستهای علمی بخش پیوسته و مکمل سیاست فرهنگی است. بحث درمورد آنها در فضایی اقتصادی مُنجر به ابتذال و سوء استفاده می‌شود.» امروزه سمتگیری اقتصادی مشهود است. این گرایش برآن است که به پژوهش به صورت مقوله‌ای تجاری نگاه شود و به دیگر سخن آن که از اصول بازرگانی آزاد پیروی کند و طرحها حتی طرحهای علوم پایه براساس بازده و ثمر بخشیشان به مثابهٔ یک سرمایه‌گذاری محسوب و ارزیابی شوند. بسیاری از پژوهشهای پایه‌ای درواقع در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها انجام می‌شد اما بسیاری از این برنامه‌های پژوهشی از سوی صنایع، تأمین مالی می‌شد چه صنایع قصد داشتند مرزهای دانش را تا بدانجا برند که در آن درک عمیقتری از کاربرد ویژه را می‌طلبید. البته این عالی است اما به شرط آنکه سرمایه‌گذاری کافی برای سایر پژوهشهای آزاد فراهم باشد و باید گفت که پیشرفت غیر منتظرهٔ دانش در آینده احتمالاً از دل همین پژوهشها سربرخواهد آورد.

در کانادا در دههٔ ۱۹۶۰، تغییر در ساختار علم صورت گرفت و وزیری در مرکز دولت با اختیاراتی گسترده برای هماهنگی فعالیتهای علمی در سرتاسر طیف علایق و منافع دولتی گمارده شد. به هنگام اعلام این انتصاب جدید، در بیانیه‌ای رسمی اعلام شد که «دانش قدرت است، علم قدرت است». به زودی آشکار شد که وزیر جدید درواقع یا قدرت اندکی دارد، یا اصلاً قدرتی ندارد. ساختار موجود قدرت به سرعت به این نکته توجه نشان داد. در واقع، قدرت سیاسی و اداری و اجرایی توانست قدرت علم را به دیدهٔ تحقیر بنگرد.

آنچه در ابتدا گفتیم تکرار می‌کنیم؛ جهان و جوامع ما برمبنای تکنولوژیهای بسیار موفقی شکل گرفته که برکشفیات علمی استوار است و با آن نیز حفظ می‌شود. پس علم قدرتی است که می‌تواند جهان را به جهانی خوب یا بد بدل کند. اما در عین حال می‌توان علم را به جای آنکه عاملی برای این تغییرها دانست، آن را در دست مردان و زنانی دید که قادر به تصرف و بهره‌برداری از آن‌اند. پس پژوهش علمی عامل تولید کنندهٔ قدرت است که کسانی را که از پیش قدرت را در دست دارند همچنان قدرتمندتر می‌سازد. ■

یادداشتها

1- Technological Gap
2- Automation and Robotization
3- Glass Fibre
4- Operational Research (انگلیسی)
۵- کتاب سی.پی.اسنو به نام «دو فرهنگ» در لندن چاپ شده است.
6- Advisory Council on Scientific Policy
7- Pugwash Movement