

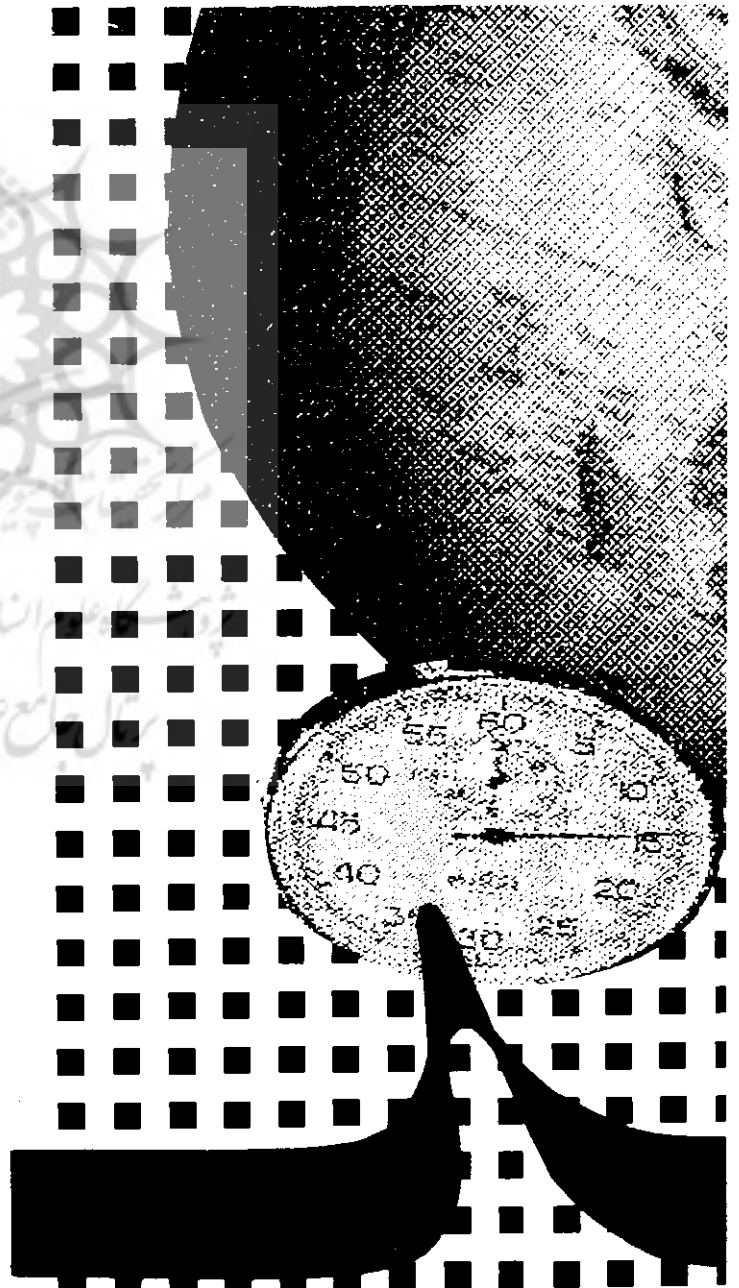
# سیر تحولی علم و تکنولوژی بعد از جنگ جهانی دوم

نویسنده: الکساندر کینگ  
مترجم: دکتر فاضل لاریجانی

□ تکنولوژی به عنوان فرآورده تحولی تمدن جدید بشری در سالهای پایانی سده 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 چشم اندازی، از نقش تحولی علم و تکنولوژی پس از جنگ جهانی دوم سخن به میان آورده و پس از برشمردن دوره های مختلف تحول علم و تکنولوژی، سرانجام بر این نکته تأکید می ورزد که جهان و جوامع ما بر مبنای تکنولوژی های بسیار موفق شکل گرفته که بر کشفیات علمی استوار است و با آن حفظ می شود. پس علم قدرتی است که می تواند جهان را به جهانی خوب یا بد بدل کند و پژوهش علمی عامل تولید کننده قدرت است که کسانی را که از پیش قدرت را در دست دارند، همچنان قدرتمندتر می سازد.

سالهای پس از جنگ جهانی دوم را به عنوان سالهای مقوم جامعه ۲۰امدیگرای تکنولوژیکی امروز بر می شمردند. همانطور که دنیس گابور، برنده جایزه نوبل و کاشف هولوگرافی، مطرح ساخته است: «تمدن کنونی بشر به لحاظ مادی مبتنی است بر تکنولوژی که فوق العاده موفق بوده است ولی از بُعد معنوی، عملاً بر هیچ چیزی استوار نیست». تکنولوژی جامعه را شکل می دهد و خود نیز از کشفیات در آزمایشگاه های تحقیقات علمی شکل می گیرد. 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 همه رموز و اسرار آن مورد تقدیس و تکریم بوده و در حالت دیگر نسبت به علم و قدرت شیطانی آن اظهار بی اعتمادی و واگم شده است. در دوران بعد از جنگ، در نحوه رابطه بین



تکنولوژی و زمینه و جو اجتماعی - اقتصادی. می توان چهار دوره کاملاً مشخص و تعریف شده را از هم متمایز ساخت.

اولین دوره بعد از جنگ تا سالهای ۱۹۶۰ است. نگرش غالب در این دوره، امید به آینده‌ای صلح‌آمیز و سازنده بوده است. با توجه به کاربرد بارز و قاطع علم در صحنه جنگ، برای عموم مردم و مخصوصاً در کشورهای 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 فعالیت‌های تحقیق و توسعه معطوف به مسائل نظامی گردد. فیزیک و تکنولوژیهای وابسته به آن، محور اصلی فعالیتها را تشکیل می‌دادند. از دید عموم، فیزیکدانان بزرگ قهرمانانی بودند که (به لحاظ سیاسی و آرمانی) بی‌طرف هستند. از این رو اینها همه را شگفت‌زده کرد.

همراه با تکمیل و سامان یافتن مرحله سازندگی پس از جنگ و نیز تحکیم پایه‌های اقتصادی زمان صلح، دوره دوم شروع شد که تا سالهای ۱۹۶۷ ادامه یافت. از ویژگیهای این دوره رشد اقتصادی چشمگیر در کشورهای غربی و ژاپن است. اهمیت و نقش تحقیق و توسعه در ایجاد چنین رشدی به تدریج تشخیص داده شد و بیشترین کوشش دانشگاهی مصروف یافتن رابطه علم - تکنولوژی - تولید گشت. اساساً

فعالتهای این دوره را می‌توان به عنوان معقول سازی رویکرد نسبت به کاربرد علم و نحوه 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 تالیف 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 درآمد سرانه ملی (GNP) را تشکیل می‌دهد؛ و این امکان مقایسه بین‌المللی تحقیق و توسعه آشکار ساخت که تا چه حد بین کشورهای مختلف در میزان فعالتهای علمیشان اختلاف فاحش و عدم توازن وجود دارد. و از جمله آنکه در این مقایسه نشان داده می‌شد که ایالات متحده در حوزه‌های علمی از سیطره و موقعیت مستحکم برخوردارست و همین امر موجب نگرانی کشورهای اروپایی شد که ممکن است این «فاصله تکنولوژیکی»<sup>۱</sup> به موقعیت رقابتی آنها نظمه وارد آورد. به همین ترتیب، در صنعت نیز مقایسه بین شرکتها و نهادها در میزان هزینه تحقیق و توسعه موجب القای تلاش بیشتری گردید.

در خلال این دوره، اگرچه به نقش علم و تکنولوژی در اقتصاد پی برده شده، 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 نگاهها (به طور انفرادی) منتهی گردید. زیرا برداشت کمی این بود که علم و تکنولوژی در ایجاد رشد و رونق اقتصادی و نیز توسعه همه جانبه سهم بسزایی داشته، و از این رو نگرش حاکم در این دوره، نگرشی مثبت و امیدوارانه نسبت به علم و تکنولوژی بود. هرچند که جهان در آن عصر، جهانی پر از تنش و تلاطم بود؛ خطر جنگ هسته‌ای به نحو جدی استشمام می‌شد و بسیاری از کشورهای جهان سوم درگیر فقر و گرسنگی و تنازعات و کشمکشها بودند. اما همه 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.

دوره سوم را باید دوره 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 تهدیدات جنگی از سوی دیگر، ارتباط و پیوند وثیقی حاکم شده بود. از دیدگاه این افراد، جنگ سرد عملاً به منزله رقابت بین دانشمندان و مهندسان دو طرف مخاصمه تلقی می‌گردید به طوری که هرکدام سعی داشتند تسلیحات هرچه مخربتر و پیچیده‌تری - که ماهیت و ابعاد تخریبی آنها حتی برای دولتمردان و سیاستمداران هم چندان قابل تصور و هضم نبود - 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 نشی

کنند. از این رو، کم‌کم این دیدگاه نضج گرفت که رشد اقتصادی ذاتی 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.

همه 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 مثابه ابزارهایی برای سیطره نظامی و اقتصادی و نسبت به مشکلات و بحرانهای اجتماعی، بی‌تفاوت تلقی می‌شدند. خود ساختار علم نیز ساختاری نخبه‌گرا به نظر می‌آمد؛ به علاوه ادعای مفرط و مؤکد عینیت‌گرایی علم در برخی از حوزه‌ها اغراق‌آمیز و غیرقابل قبول از کار درآمد. همه این تشکیکها و نگرانیها نیز به گونه‌ای در خصوص صنعت و تکنولوژیهای پیچیده آن - و مخصوصاً در مورد شرکت‌های بزرگ و چند ملیتی با عدم اطمینان بیشتری - 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 اولیه دهه 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

### ■ 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.

داد که چگونه حوادث نظامی و سیاسی غیرمنتظره و غیرقابل کنترل می‌تواند بر شریانه‌های 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 ادامه حیات و اینکه بتوانند سهمی در بازار داشته باشند، ناگزیر در یکدیگر ادغام شدند. و در این فرایند، توان بالقوه نوآوری تا حدود زیادی نادیده گرفته شد. در کشورهای صنعتی قدیمی، صنایع سنگین روبه افول گذاشت. و حتی تهاجم ژاپنی‌ها به صنایع الکترونیک و اتومبیل‌سازی کشورهای اروپایی به جای ایجاد تحرک و خلاقیت بیشتر، موجب صدمات و ضرر و زیانهای 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 مصنوعات که مبتنی بر مدارهای ترکیبی مینیاتوری هستند، اطراف ما را فراگرفته‌اند؛ صنایع و خدمات با اتوماتیک و روباتی شدن در حال تحول و دگرگونی عظیمی هستند و بر اقتصاد و شیوه زندگی تأثیر گسترده‌ای دارند. به تعبیری می‌توان گفت که مشخصه انقلاب صنعتی در جایگزین ساختن نیروی بخار به جای انرژی ضعیف انسان و حیوان بوده که منجر به تحولی عظیم در جامعه بشری گشت و اکنون توسعه میکروالکترونیک با امکان تعبیه و فراهم ساختن گونه‌ای از حافظه و مغز برای وسایلی که توسط بشر اختراع می‌شود نقطه‌ای آغازین برای گذار به جامعه فراصنعتی است. میکروالکترونیک با تکنولوژیهای پیچیده و پیشرفته دیگری از قبیل شمار مصنوعی و فیبرنوری در هم می‌آمیزند.

انقلاب میکروالکترونیک دارای تبعات اقتصادی و اجتماعی قابل ملاحظه‌ای خواهد بود، از جمله آنکه بشریت را به سوی اقتصاد فراصنعتی یعنی اقتصاد مبتنی بر اطلاعات و اقتصاد خدماتی سوق می‌دهد که در آن ماهیت و انگوهای 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 توسعه 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 در عین حال باعث از بین رفتن کارهای بدی و در نتیجه افزایش بیکاری است.

بخش توسعه بیولوژیکی، از کاربردهای کمتر اما بسیار بنیادینتری برخوردار بوده است. کشف DNA، پی بردن به کد ژنتیکی و روشهای لقای 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 بالقوه 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 لایه اوزون، پخش مواد سمی و افزایش «اثر گلخانه‌ای» که ممکن است به گرمتر شدن کره زمین منجر شود، اقدامی جهانی برای یافتن راه حل را می‌طلبد و از عهده کشورهای به‌طور انفرادی و مجزاً خارج است. فراگیری و گسترده‌گی 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 در عین 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، در این دوره، سقوط جوامع و اقتصادهای مازکسیستی رخ داده است که در واقع پایانی برای جنگ سرد، و نیز باعث کاهش خطر فاجعه هسته‌ای در جهان بوده است. اگر چه، پایان تخصصی بیولوژیکی قدم بزرگی در جهت برقراری هماهنگی و همزیستی جهانی بوده است. اما مسائل و مشکلات بسیاری ظریفی را نیز به همراه داشته است. پایان مسابقه 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 آبی را تعیین می‌کند، تفوق در تسلیحات پیچیده و وسایل نقل و انتقال خواهد بود. مسلماً توسعه 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، توسعه قابل ملاحظه‌ای یافت. دو صنعت اصلی متکی بر علم یعنی صنعت شیمیایی و الکترونیسته شکوفا شد و موجب ظهور شرکتها بزرگی همچون آی. جی. فارین و زیمنس در آلمان و دوپون 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 زمینه علم انجام دادند. در حقیقت، نتیجه جنگ با برتری علمی متحدان غربی رقم خورد. احتمالاً از آن رو که آلمان تصور می‌کرد که جنگ زیاد طول نخواهد کشید و در نتیجه بسیاری از دانشمندان خود را از همان ابتدا از کشور راند.

تکنولوژیهای نوآورانه در طول جنگ مهم و قابل توجه بود، تکنولوژیهایی همچون موتورهای جت، رایانه‌های اولیه، راکتها، رادارها و طیف گسترده‌ای از ابزارهای الکترونیک، سوخت جنگنده‌ها، پی‌سیلین، دددت 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 [ژئوپولیتیک] پس از جنگ، ناچیز است.

پروژه 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 بخشید. این پروژه در واقع کار را با نظریه آغاز کرد و توانست با موفقیت بر مشکلات پژوهش پایه‌ای و کاربردی فائق آید و نیز با سرعت هرچه تمامتر به توسعه 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 کره ماه فرستاد.

توسعه تکنولوژیکی زمان جنگ استوار بود بر همکاری مؤثر میان علم و دولت و صنعت. این همکاری برای متحدان غربی شامل بسیج کامل جامعه علمی بود. این نکته مایه شگفتی است که چگونه دانشمندی که به طور عادی به فعالیتهای آکادمیک مشغول بودند به این سادگی از مهارتهای خود برای توسعه جنگ‌افزارها استفاده کردند. در ابتدا، ایجاد روابط میان دانشمندان تازه استخدام شده و خدمات نظامی مختصر و سستی تکنیکی چندان ساده و آسان نبود. اما دیری نپایید که همکاریهای تمام عیار 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 عرصه 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 نوآوران برجسته‌ای بودند.

توسعه جالب در طول جنگ به ویژه با ظهور حوزه جدیدی به نام تحقیق عملیاتی<sup>۴</sup> 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 دانشمندی بود که در رشته‌های کاملاً متفاوتی همچون فیزیک و ژنتیک گیاهی تخصص داشتند. مسئله 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.

جاذبه 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 گسترده علمی و منطقی سلیم باشد و به نحوی در ارتباط با شبکه 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 نشست که در دهه ۱۹۷۰ میان مشاوران علمی رؤسای جمهور مختلف آمریکا برگزار شد آشکار گردید که فقط در یک مورد (مورد جری وایزمنر در مقام مشاور علمی کندي) 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 توسعه سریع رادار ریز موج و هواپیماهای جنگنده پیشرفته بود. هنگامی که چرچیل به قدرت رسید، مشاور علمی خود یعنی پرفسور لیندن و پس از او پرفسور لرد چرون را به کار گمارد و در نتیجه، تیزارد مجبور به استعفا شد. پس از جنگ، زمان‌نویسی 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.<sup>۵</sup> این نکته نشان‌دهنده خطرهای احتمالی است که تصمیم‌گیرهای حیاتی برپایه مشورت صرفاً یک دانشمند می‌تواند در پی داشته باشد.

**سالهای بازسازی**

موفقیت علم در پیروزی جنگ برجسته بود؛ و ضرورت داشت که علم هم در اقتصاد و هم در جامعه زمان صلح به همان اندازه مؤثر باشد. کشورهای سرتاسر جهان به تدریج شروع به ارزیابی دوباره منابع علمی خود کردند آن هم از این زاویه که اصلاحیهایی را در زیر ساخت علمی خود ایجاد کنند و آن را با وضعیت جدید متناسب سازند. در ایالات متحده

**■ با این وصف، اقتصاددانان تاکنون توجه اندکی به نقش علم و تکنولوژی 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 دست کم در گروهی از کشورها.**

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 نوار 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<sup>۶</sup> شد که سرانجام بنیاد منی 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 ابداع‌کنندگان خود در برداشت. بنابراین برآوردها 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 مطالعه چگونگی دستیابی به ارتباطی بهتر بین نظام علمی و نظامهای تولید و توسعه اجتماعی پرداخت. در انگلستان دوگانگی فرهنگی وجود داشت که احتمالاً همین هم ریشه ناکامی این کشور در استفاده از دستاوردهای

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 اسرارآمیز 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 بر مبنای این پیشفرض ساده که پژوهش چیز خوبی است و پژوهش بیشتر، مشکلات بیشتری را حل خواهد کرد. تصمیم‌گیرها بدون بحث و تعارضی جدی و در شرایط راحت، چندان سریع انجام می‌گرفت که به نظر پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر و حقیقتاً رها از سیاست به نظر می‌رسید. مسئله اصلی و اولیه سیاست علمی در کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) در طی این دوره شکوفایی مسئله 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 سرمایه‌گذاری ملی و ارزشمند و ستمی به خود و در واقع بدون ارجاع به محتوای آن به شمار می‌آوردند به شرط آنکه کاملاً خلاق و پیچیده باشد و تحقیق و توسعه را صرفاً با ملاحظات سطحی از ارتباط آن با هدفهای ویژه ملی در نظر می‌گرفتند. در این ارتباط لازم است یادآور 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 رمز و راز و اسرارآمیز علم شده بودند، ارتباط میان علم و اقتصاد را نمی‌دیدند و بالطبع، پرسشهای اندکی را در مورد زمینه اقتصادی سرمایه‌گذارهایشان 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 و مرسه شد که واردات مواد غذایی بانظیر جیره 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 گرد هم 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 کارگران کارهای دشوار و بدی از جیره غذایی بیشتری نسبت به کارگران مشغول در کارهای سبکتر و نیز زنان خانه‌دار و غیره برخوردار شوند. حاصل آنکه کنسول خزانه‌داری طرح کاهش جیره‌بندی غذایی را غیرعمدی 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 گرد هم آمدند. آنان همگی معتقد بودند که پژوهش برای افزایش سرمایه ضروری است اما با توجه به ماهیت نظام علمی و تکنولوژیکی، به باز نشستن سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، سانهایی بسیاری طول می‌کشند. 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. براهیت 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 سهمی شود، همچنین بر ضرورت ارتقای سطح مدیریت و ایجاد تسهیلات برای آموزش مدیریت تأکید شد. این موارد همگی آموزی بود که تا آن زمان نهادهای آکادمیک از پذیرش آنها سرباز می‌زدند. این امر موجب حرکتی بارور شد. مقایسه‌های بین‌المللی و بین‌شرکتها در مورد نتیجه 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 برنامه ساخت‌و‌تعمیر و بندرپروازانه مارشال بود. اعضای اروپایی سازمان همکاری اقتصادی اروپا کمیته تولید و پژوهشهای کاربردی را در پاریس تشکیل داد که موجب تعمیم و گسترش خلاقیت انگلیسی در ایجاد مراکز ملی تولیدی در هر یک از کشورهای عضو شد. این مراکز بر بنیاد سه‌گانه 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 ضربه دیده 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 مایه موفقیت آنها شد ویژگیهای ملیشان بود، ویژگیهایی همچون ثبات، اتفاق نظر، الگوگرایی به همراه توان استثنایی آنان در سخت‌کوشی بود که دست به دست هم معجزه اقتصاد ژاپن را شکل داد. نخستین گام، بازسازی نظام آموزشی و ایجاد دانشگاه‌های جدیدی به‌شمار با اعضای برجسته هیئت علمی در رشته علوم طبیعی و مهندسی بود. از آنجا که مدرسه‌های جدید پژوهشی هنوز در وضعیتی نبود که بتواند عناصر و اجزایی را برای نوآوری 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 امریکای 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. بر همین اساس، فرایندها و فرآوردهها انتخاب شد. حقوقها و مجوزها کسب و تولید در ژاپن آغاز شد. اما این یک تقلید صرف نبود. در بسیاری از موارد فرآوردههایی که دارای مجوز و پروانه خارجی بود، از نو طراحی می شد تا مفهومی ژاپنی کیفیت، دقت و طراحی هنری ثبت شود. ساخت صنایع مدرن ژاپن از رهگذر همکاری بی نظیر میان صاحبان صنایع و بانکها و وزارت خانه ژاپنی (MITI) صورت گرفت. گرچه بازسازی طیف گسترده ای از صنایع را در بر می گرفت اما به بخش الکترونیک اولویت ویژه ای داده شد. و در این مورد نیز ژاپن بار دیگر از خود ده رانندیشی چشمگیری نشان داد. غربی ها برنامه های دراز مدت سرمایه گذاری در توسعه و تولید ژاپنی ها را به سخره می گرفتند و آنها را برنامه هایی غیرواقعی و مایوس کننده تلقی می کردند. اما گذشت زمان درستی و اعتبار این برنامه ها 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 بین المللی بسیار کم مایه ای برخوردار بود. اتحاد شوروی با تعصب ایدئولوژیکی و قدرت نظامی سایر کشورهای اروپای شرقی را نیز وارد حلقه خود کرد و همان ساختار و سیاستهای خود را بر آنان تحمیل کرد. قطب بندی میان نظام کمونیستی و بازار آزاد به طور اجتناب ناپذیر به رویارویی دو طرف و جبهه بندی منجر شد. در این میان، ایالات متحده و هم پیمانانش هم از قدرت و نیروی کافی برای توسعه تکنولوژی پیچیده نظامی در جهت حفظ برتری خود در مسابقه تسلیحاتی برخوردار بود و هم توان آن را داشتند که اقتصادهای قوی غیرنظامی خود را بسط و گسترش دهند حال آنکه شوروی در این عرصه ناتوان بود و از همین رو، 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 اعجاب انگیز هم بمب اتمی و هم بمب هیدروژنی بسازد. وانگهی کیفیت بالای دانشمندان و مهندسان شوروی در توسعه پیچیده ترین ابزارهای نظامی از جمله موشکهای بین قاره ای بالستیک با دانشمندان آمریکایی برابری می کرد. همین نبوغ و مهارت در محیط تکنولوژیکی نیز به چشم می خورد. برتاب موفقیت آمیز ماهواره های شوروی غربی ها را شگفت زده کرد و به آمریکایی ها انگیزه ضروری برای تأمین منابع لازم برنامه های فضایی را داد. اما در عوض جبهه غیرنظامی راکد و فاقد نوآوری بود. به دشواری می توان از فرآورده جدیدی یاد کرد که شوروی توانسته باشد آن را به بازار جهانی بفروشد. از همین رو، رشد اقتصادی همانند استانداردهای زندگی در سطح پایینی باقی ماند. این امر بسیار ناهمساز و متناقض است که کشوری به گونه ای به حیات خود ادامه دهد که تکنولوژیهای نظامی و فضایی به سطوحی باور نکردنی از پیشرفت و پیچیدگی برسد در حالی که مردم در مناطق گسترده ای 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 می گرفت و نه در محیط آکادمیک. اعضای آکادمی از نخبگان کشور بودند و امتیازهای خاصی داشتند اما در عین حال با محدودیتهای بسیاری نیز

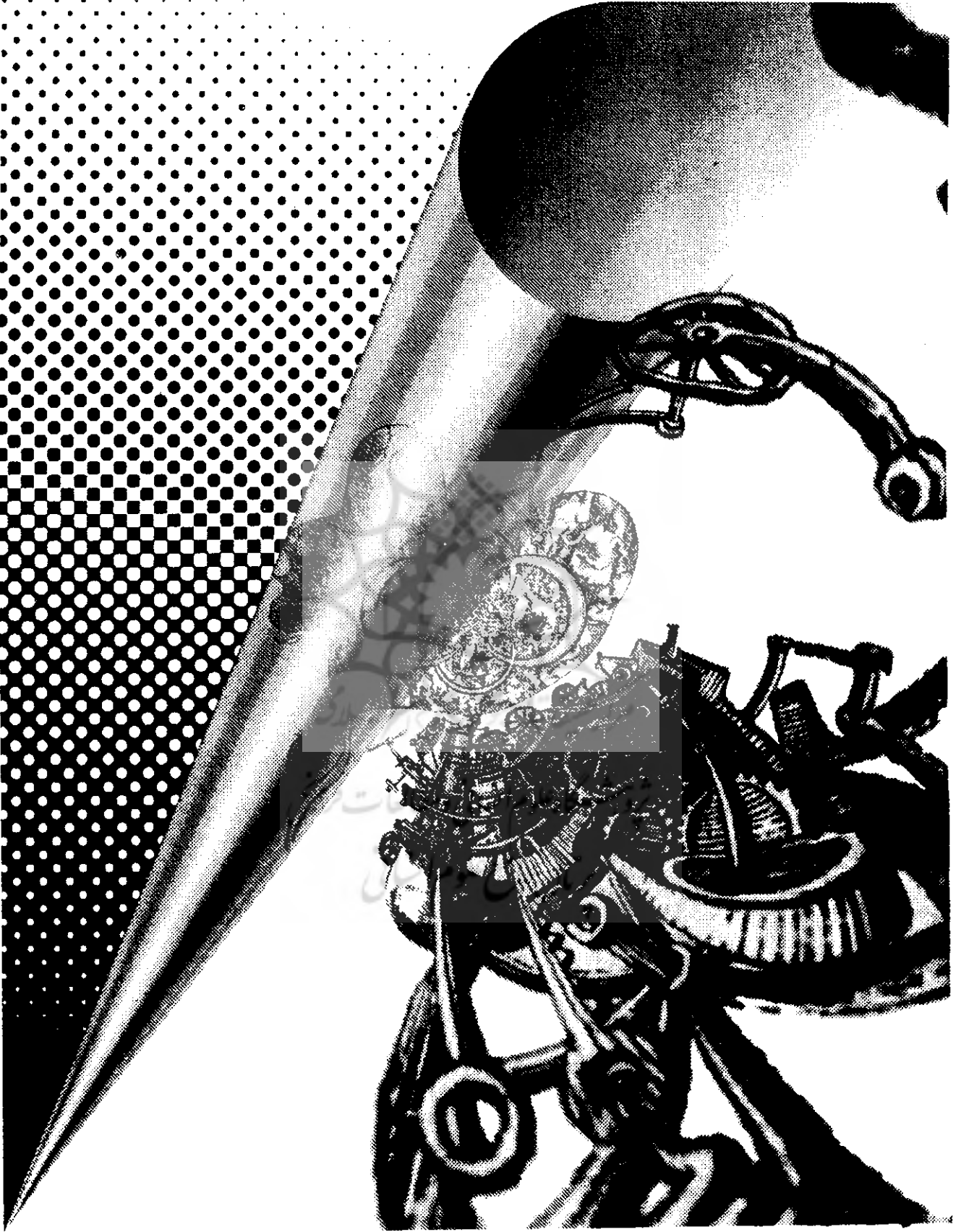
روبرو بودند.

## علم و اقتصاد

تا همین اواخر درک رابطه میان علم و اقتصاد در سطح بسیار ساده ای بود. البته دیرزمانی است که درک شده است کشفیات بنیادین علم منجر به پدید آمدن صنایع بزرگ و جدید متکی بر پژوهش می شود. مهندسی جدید قدرت بدون درک قواعد ترمودینامیک امکان پذیر نیست؛ صنایع الکترونیک و الکترونیک پیش از کار فارادی و اخلاف او حتی قسابل تصور نیز نبود؛ رشته های داروسازی و دیگر رشته های صنایع شیمی مشتق از مهندسی مویکولی با پیشرفت شیمی آلی امکان پذیر شد. با این وصف، اقتصاددانان تا کنون توجه اندکی به نقش علم و تکنولوژی در رشد اقتصادی و صنعتی کرده اند. فرض بر این است که تکنولوژی و پژوهش متکی بر آن و محصول برهم کنش نیروهای اقتصادی تنها به منزله عاملی از دست ناپذیری آدم اسमित است.

در اوایل دهه شصت، پژوهشهای جدیدی شولتس، سون نیلسون و دیگران در مورد عوامل تعیین کننده رشد اقتصادی راه را برای درک بهتر جایگاه تکنولوژی گشود. دنیسون در مطالعه خود به سال ۱۹۶۲ روی رشد اقتصادی ایالات متحده از آغاز سده بیستم نتیجه گرفت که فقط ۴۰ درصد از افزایش تولید ناخالص ملی را می توان با افزودن داده های سنتی سرمایه و نیروی کار توضیح داد و در واقع بخش بیشتر آن را می توان به «عامل باقیمانده» نسبت داد که بنا بر فرض عبارت اند از مجموعه ای از عناصر که آموزش، علم، تکنولوژی، مدیریت شرکتها و مدیریت نقش مهمی در میان این عناصر دارد. این مطالعه و سایر مطالعه ها در اساس نشان دهنده آن است که کیفیت کار و کیفیت استفاده از سرمایه موجب رشد سریع تولید ناخالص ملی می شود. کیفیت نیروی کار انسانی در تمامی سطوح از کارگر غیرماهر گرفته تا مدیریت سطوح بالا، با آموزش ارتقا می یابد؛ استفاده از سرمایه نیز با نوآوری تکنولوژیکی بالا می رود. گرچه با این مطالعه مخالفت شدیدی شد اما خطوط گسترده آن به زور کلی پذیرفته شد. به تدریج هم علم و هم آموزش به منزله سرمایه گذاری ملی شناخته شد. در حقیقت، هم اکنون علم به منزله نیروی مستقل و خودگردان در اقتصاد و در واقع منبع اصلی قدرت اقتصادی تلقی می شود.

رقابت در سیاهه موفقیتها که محصول آمارهای قیاسی بین المللی تحقیق و توسعه بود پرسشهای چندی را در اواخر دهه ۱۹۶۰ برانگیخت، پرسشهایی مبنی بر اینکه اختلاف تحقیق و توسعه آمریکا با تحقیق و توسعه کشورهای اروپای غربی چه اهمیتی در برنامه 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 می رسد 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. توسعه صنعتی بسیار موفق ژاپن بر پایه واردات تکنولوژی گواه این مدعاست. با این حال، انتقال مؤثر تکنولوژی سطح کیفی آموزش و فعالیت فنی و تکنیکی را می طلبد که این سطح کیفی باید فراتر از حد آستانه معین در کشور وارد کننده تکنولوژی باشد.



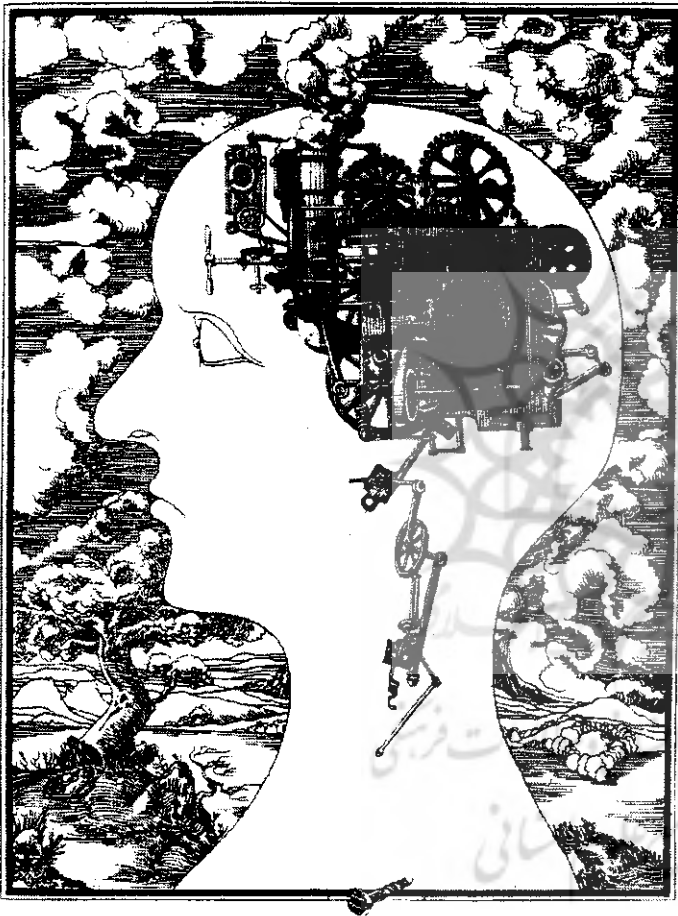
گسترش قابل ملاحظه فعالیت علمی باید به صورتی باشد که انتخاب پیشرفتهای نوین با نیازها و ستهای کشور مورد نظر همخوانی داشته باشد و کاملاً با آن سازگار باشد. در صورت نبود آگاهی کافی عملی، کشور به سادگی، حقوق انحصاری نادرستی را خریداری می‌کند و به شیوه‌ای نامؤثر و بودن کارایی از آنها استفاده می‌کند و راه را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

## نوآوری تکنولوژیکی و صنعت

با روشن شدن مسئله خلاء تکنولوژیکی ثابت می‌شود که این خلاء نه اساساً خلأی تکنولوژیکی است و نه آن طور که برخی ادعا می‌کنند ناشی از خلأ مدیریت، بلکه ناشی از ناهماهنگیها در توان نوآوری است. فرایند بنیادین نوآوری تکنولوژیکی بی‌نهایت پیچیده است. هرچند وجود اندیشه‌ای جدید برخاسته از پژوهش و با امکان بالقوه‌ای برای بهره‌برداری اقتصادی در اصل نقطه شروعی برای نوآوری 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 فرآورده جدید وجود دارد و یا باید به وجود آید و در این صورت این مهم برعهده مهارتها و کاردانیهای مدیریت است. در پس تمامی این موارد، ضرورت ایجاد شرایط عمومی مساعد همچون ایجاد نظام آموزشی کارا با توجه به ستهای بومی و روان‌شناسی محلی جای دارد. تنها، با درک این متغیرهای متمایز و برهم کنش آنهاست که امکان هماهنگی و مدیریت فرایند نوآوری دست می‌دهد.

در مؤسسه‌ها و صنایع بزرگ متکی بر علم مانند بخش شیمی و داروسازی و الکترونیک، نقش تحقیق و توسعه و پیشرفت تکنواختی داشته است و نسبت بالایی از هزینه‌ها را موجب می‌شود. در آغاز دوره مورد بحث، رابطه تحقیق و توسعه با رأس مدیریت اغلب رابطه‌ای رضایتبخش نبود. بخش پژوهش به سادگی از سیاست کلی مؤسسه منزوی شده و گرایش داشت تا مجموعه (NIH) *not invented here* (به معنای در اینجا ابداع نشده) را توسعه دهد و بدین ترتیب به منزله مانعی بر سر راه نوآوریهای خریداری شده از بیرون عمل می‌کرد. هر مؤسسه‌ای می‌تواند انتظار آن را داشته باشد که فقط بخشی از فرآورده‌ها 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 مطالعه جهان و انتخاب بهترین و مناسبترین تکنولوژی 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، 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.

در همه کشورهای توسعه یافته، صنعت یکی از قطه‌های اصلی قدرت است. به علاوه، شرکتهای صنعتی، به ویژه شرکتهای فرامیلتی، نیروهای اصلی در مناسبات بین‌المللی و انتقال تکنولوژی‌اند. در کشورهای کمتر توسعه یافته، به حضور این شرکتهای نیاز است و در





نتیجه از آنها استقبال می‌شود. اما این شرکتها در عین حال مایه 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 کشورهای 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 عرضه مؤثر تکنولوژیهای جدید به کشورهای توسعه یافته. در کشورهای پیشرفته 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 منابع مشترکی در ایجاد تجهیزات به مراتب پیچیده‌تر دارند. بسیاری بیم آن را دارند که مجموعه صنایع نظامی از زیر نظارت مجلس شانه خالی کند چرا که قدرت عظیم این مجموعه می‌تواند پیامدهای شومی داشته باشد.

### تحقیق و توسعه و مسابقه تسلیحاتی

بخش اعظمی از دوران پس از جنگ با جنگ سرد همراه بود. جنگی که مسابقه تسلیحاتی با ابعادی غول‌آسا را موجب شد و در این میان تحقیق و توسعه نظامی نقشی اساسی داشت. همان گونه که گفتیم توسعه تکنولوژیکی حاصل از کشفیات در آزمایشگاههای پژوهشی، یکی از نیروهای اصلی ایجاد رشد اقتصادی و پیشرفت صنعتی بوده است. اهمیت استراتژیکی این نوآوریهای تکنولوژیکی در عرصه‌های نظامی بسیار زیاد است. این نوآوریها چنان سطحی از پیچیدگی تکنولوژی نظامی را به باز آورده است که گفته می‌شود چندبار پیچیده‌تر از توسعه تکنولوژیهای غیرنظامی است. اگر از تحقیق و توسعه نظامی خیری نبود آنگاه سلاحهای جدید اندکی ابداع می‌شد و پیشرفتهای سلاحهای سنتی به امری کاملاً حاشیه‌ای بدل می‌شد. اما آنچه در واقع رخ داد این بود که پژوهش ماهیت جنگ را تغییر داد و خطرهای جنگ و دامنه تخریب بالقوه 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 مسابقه تسلیحاتی شد و نیروی حرکت آن را حفظ کرد. طرحهای کنونی تحقیق و توسعه به جنگ افزارهای بی‌شمار فراد بدل می‌شود که در آن پیچیدگی تسلیحاتی اهمیت بیشتری از حجم حائض سخت‌افزارها دارد. دیدیم که پیشرفتهای تکنولوژیکی یکی از ابرقدرتها در زمینه تسلیحات بی‌درنگ با پیشرفتهای توان ضربزدن ابرقدرت دیگر تلافی می‌شد و بدین ترتیب زنجیره‌ای بی‌پایان از کنشها و واکنشها اتفاق می‌افتاد. در نتیجه، برتری تکنولوژیکی به دلمشغولی اصلی دو ابرقدرت در مسابقه پیچیدگی تکنولوژی بدل شد و این دلمشغولی نشان می‌دهد که ادعای امکان دستیابی یا حفظ موازنه نظامی ادعایی سفسطه‌آمیز است.

بخش اعظمی از کل بودجه تحقیق و توسعه دولتها به تحقیق و توسعه نظامی اختصاص داده می‌شود. برای مثال بیش از نیمی از کل بودجه ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی، وانگهی، درون‌داد پژوهشی فرآورده‌ها در بخشهای غیرنظامی بسی کمتر است. بنابر برآورد مؤسسه پژوهش بین‌المللی صلح در استکهلم (SIPRI) در دهه

۱۹۷۰ میانگین پژوهش برای قطعه‌های پیشرفته تجهیزات نظامی حدود بیست برابر بیشتر از پژوهش هر یک از اقلام بازار غیر نظامی بوده است.

اطلاعات دقیقی در مورد تعداد دانشمندان و مهندسان مشغول به کار در تحقیق و توسعه نظامی در دست نیست. مؤسسه پژوهش بین‌المللی صلح برآورد کرد که حدود چهارصد هزار دانشمند و مهندس در دهه ۱۹۷۰ در این عرصه مشغول به کار بوده‌اند و برآوردهای 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 در نظر بگیریم این تعداد بیش از نیمی از تعداد کل خواهد بود. در نتیجه، پژوهشگران، بخش اعظمی از مجموعه صنایع نظامی اند و این امر نشان دهنده 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 بودجه دفاعی وابسته‌اند. بیشتر اینان بیرون از جامعه عمرمی و بین‌المللی علمی قرار دارند و گرچه بسیاری از آنان باید به دلیل موفقیتهای امریمنی فرآورده‌هایشان از شهرت برخوردار می‌شوند اما به طور گسترده‌ای گمنامند. اینان که بیرون از نظام سنتی علمی قرار دارند، با موفقیت خود در ابداع تجهیزات هر چه پیچیده‌تر نظامی فقط در محفظهای خاص خود مورد پذیرش قرار می‌گیرند و پیشرفت می‌کنند، حال آنکه در نظام سنتی علمی موفقیت و پاداش هر دانشمند بستگی دارد به انتشار آزادانه نوآوری او و قضاوت هم‌ردیفانش در مورد این نوآوری. بنابراین، وجود چنین پژوهشگرانی برای توسعه مسابقه تسلیحاتی ضروری و مهم است. بدین ترتیب، این دسته از دانشمندان به صنایع نظامی، وزارتخانه‌های دفاعی و فروشندگان اسلحه می‌پیوندند تا مجموعه صنایع نظامی دیوان سلارانه علمی را شکل دهند. مجموعه‌ای که منافعتش حفظ بودجه 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 مقاومت ناپذیر می‌آید. آیا پایان جنگ سرد و خلع سلاح اساسی درین آن قدرت این مجموعه را کاهش داده است؟ هنوز نمی‌دانیم. کنت بولدینگ به یکی از تناقضهای جالب رفتاری در طول دوران جنگ سرد اشاره کرده است و آن اینکه سازمانهای دفاعی دوبرقدرت با نیروی رانشی تحقیق و توسعه خود، واقعاً با یکدیگر همکاری داشته‌اند و در مقابل با مردم غیرنظامی خود در رقابت بوده‌اند. چون هر افزایش بودجه‌ای در زمینه پژوهش در ایالات متحده اغلب به طور خودکار موجب افزایش بودجه در اتحاد جماهیر شوروی می‌شد و برعکس، و در مقابل، هر یک از این افزایش بودجه، خطری سهمگین برای مردم غیرنظامی در کشور و بر 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 همه 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. پدیده «علم بزرگ» ظاهر شد؛ و پژوهش پایه‌ای که تسهیلاتی همچون شتابدهنده ذره با انرژی زیاد یا رادیوتلسکوپهایی بسیار پرهزینه و فزونی از امکانات دانشگاه‌ها را می‌طلبد و یافتن روشهایی جدید در سرمایه‌گذاری و سازماندهی در این پژوهش ضروری بود. آشکار بود که ساختارهای منی 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)<sup>۶</sup> نام داشت؛ نخستین گزارش سالانه هیئت، پیشنهادهای منسجم نهادی را برای فعالیتهای غیرنظامی دولت در زمینه علوم طرح کرد. این پیشنهادها در اساس مورد پذیرش قرار گرفت و به طور گسترده‌ای به اجرا درآمد. در ایالات متحده که نظام پژوهشی زمان جنگ بسیار موفقیت‌آمیز 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 کار کرد. در فرانسه نیز شورای ملی پژوهش علمی (CNRS) ایجاد شد و ژنرال دوگل رئیس جمهور وقت فرانسه، مشاور علمی خاص خود را داشت. بنه زودی تشریفات مشابهی در سایر کشورهای اروپایی و نیز جاهای دیگر پدیدار شد.

#### دلمشغولی اصلی روزهای

اول ساختارهای جدید، تهیه 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. با این حال دیری نیامد که پرسوژه‌های فیزیک انرژی بالا دریافتند که نمی‌توانند انتظار داشته باشند که به هر یک از آنان یک سیکلوترون (دستگاه شتابدهنده ذرات باردار) و یک سینکروترون (دستگاه شتابساز برای ازدیاد سرعت ذرات باردار) واگذار شود و ارتباطی بخردانه و هوشمندانه میان توزیع و منابع برنامه پژوهش بدون مشورت خود دانشمندان امکانپذیر نیست و نیز طوئی 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 بعد مطرح شد فراتر از حیطه 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 ستهای 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 منی علم بارها و بارها تغییر کرده بود.

تاکنون به مسئله سیاستهایی برای علم پرداختیم. اما روی دیگر سکه علم برای سیاست است؛ به دیگر سخن، استفاده نظام‌مند از روش 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 فرایند نوآوری پیشاپیش نشان داده بود که فرایند نوآوری در این راستا مفید است و هیچ مسئله 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 فرایند 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 سلطه دانش اجتماعی و تکنیکی به شمار آید 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 (NGOs) به تدریج بازیگران جدیدی در صحنه سیاسی ظاهر شدند و دیدگاه‌های جمعی دانشمندان اغلب برای کمک به تحول سیاستهای دولتی طرح شد؛ برای مثال، در گزارشهای اکادمی ملی در واشنگتن درباره 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 پاک‌واش»، 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 تلقی علم به منزله امری اسرارآمیز تا به منزله بنیان جامعه 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 زیردرباییهای 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 پرسى در سوئد که منجر به حذف نیروگاه هسته‌ای در این کشور شد گواه این مدعاست.

موقعیت مشابهی درمورد مسائل زیست محیطی بروز کرد.

### ■ 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.

گروه‌های مطالعاتی و اعتراضی بیشتری در این مورد سر برآوردند و نگرانی این گروه‌ها در خط سیر سیاسی بسیار از کشورهای تأثیر گذاشت، آن هم با ظهور احزاب «سبز» که در انتخابات ملی نیز موفقیت‌هایی به دست آوردند. اما مادامی که حزبهای تک‌هدفی 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 سراسری 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 کشورهای این مسئله موضوع کنفرانس سازمان ملل درباره علم و تکنولوژی برای توسعه (۱۹۷۹) بود. اما از آن زمان تاکنون پیشرفت چندانی صورت نگرفته است و این ناامیدکننده است. این امر ممکن است تا حدودی ناشی از بحران اقتصادی و انحراف منافع اعطاکندگانی به سمت مسائل اروپای شرقی باشد اما در هر حال وضعیت برای توسعه علمی تکنولوژیکی مساعد نیست. هر چند چنین وانمود می‌شود که برای علم اهمیت زیادی قائل اند 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.

برخلاف این روند گند انتشار علم و تکنولوژی در بیشتر کشورهای جهان سوم و در نتیجه فقدان توسعه در آنها، موفقیت کشورهای تازه صنعتی شده آسیای جنوب شرقی نمونه‌ای است برجسته از قدرت علم در توسعه اقتصادی، گسترش و تعمیق پایه 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. جامعه فواصنتی یا اطلاع‌رسانی یا خدماتی (بسته به شیوه‌های متفاوتی که این جامعه خواننده شود)، اساساً برخاسته از کشفیات پژوهشی در فیزیک جامدات است. تغییرهای آینده در شیوه زندگی و جامعه نیز از کشفیات آزمایشگاهی برخوردار خواهد بود. ماهیت جامعه را نیز تغییر خواهد داد. بیشترین دانشمندی و نگرانی نیز از این بابت خواهد بود که مطمئن شویم از امکانات جدید در جهت منافع جامعه و نه فقط منافع فردی بهره‌برداری شود.

هنگامی که اعلام شد سازمان همکاری توسعه اقتصادی (OECD) قصد دارد نخستین گردهمایی بین‌المللی وزیران علوم را در اکتبر ۱۹۶۳ برگزار کند، وزیر آموزش هلند (نخست وزیر سابق این کشور) با شتاب به پاریس رفت تا دیر 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 در مورد آنها در فضایی اقتصادی منجر به ابتذال و سوء استفاده

می‌شود». امروزه سمتگیری اقتصادی مشهود است. این گرایش بر آن 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 مثابه یک سرمایه‌گذاری محسوب و ارزیابی شوند. بسیاری از پژوهشهای پایه‌ای در واقع 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 بزنند 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 منتظره دانش در آینده احتمالاً از دل همین پژوهشها سربر خواهد آورد.

در کانادا در دهه ۱۹۶۰ تغییر در ساختار علم صورت گرفت و وزیرری در مرکز دولت با اختیاراتی گسترده برای هماهنگی فعالیت‌های علمی در سرتاسر ضیف علائق و منافع دولتی گم‌برده 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 در واقع با 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 دیده تحقیر بنگرد.

آنچه در ابتدا گفتیم تکرار می‌کنیم؛ جهان و جوامع ما بر مبنای تکنولوژیهای بسیار موفق شکل گرفته که بر کشفیات 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 زنان دید که قادر به تصرف و بهره‌برداری از آن‌هاست. پس پژوهش علمی عامل تولیدکننده 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. استو به نام «دو فرهنگ» در لندن چاپ شده است.
- 6- Advisory Council on Scientific Policy
- 7- Pugwash Movement