علم خُرد، علم کلان،
علم چند ملیتی

نویسنده: رابرت پ. کریس
مترجم: ن. موفقیان

□ *آیا پروژه های علمی غول آسا و پرهزینه را باید نوعی توسعهٔ امروزین ناسالم دانست؟ شاهکار و سالیوس در مورد کالبدشناسی آدمی را می توان تا حدی پیشگام چنین پروژه هایی در قرن شانزدهم دانست و در همان حال پروژه های چند میلیارد دلاری از نوع شتاب دهندهٔ غول آسای S. S. C. را شاید بتوان نمونه ای از تلاش های بین المللی لازم برای تداوم علم در آینده به حساب آورد.*

عصر ما، عصر رویش بی رویهٔ پروژه های علمی غول اساست. در رأس فهرست این گونه پروژه ها باید از ایستگاه فضایی آزادی نام برد که پیش بینی شده بود در 1984، 8 میلیارد دلار هزینه بر می دارد و تا سال 1992 سفینه ای در مدار خواهد داشت. این پروژه که هنوز هم (در سال 1993) سفت و سخت به زمین چسبیده است، طبق براوردهای جدید مستلزم حداقل 40 میلیارد دلار هزینه برای ساخت و 100 میلیارد دلار هزینهٔ عملیاتی برای دورهٔ 30 سالهٔ عمر خود است. شتاب دهندهٔ عظیم ذرات اتمی S. S. C.[1] که در خارج از «واگزهاکی» در حال احداث است، بر اساس براوردهای کنونی تا حدود سال 1999 به اتمام خواهد رسید و بالغ بر 8 میلیارد دلار هزینه در بر خواهد داشت. پروژه

موسوم به «خزانه ژن انسانی» (جینوم)[2] که در سال 1988 برای تهیه نقشه کامل و بازنمایی کلیهٔ ژن های موجود در پیکر آدمی تدارک دیده شد، طرح 15 ساله ای است که 3 میلیارد دلار هزینه بر می دارد و برای اجرای آن در حدود نیم دوجین کشور خارجی قول مشارکت داده اند. تلسکوپ فضایی هابل که در سال 1990 در مدار قرار گرفت، یک میلیارد و 500 میلیون دلار هزینه برداشت و ساخت و پرتاب آن به فضا نزدیک به دوازده سال طول کشید. هر پرواز شاتل فضایی تقریباً یک میلیارد دلار هزینه بر می دارد. بسیاری دیگر از زمینه های علمی دارای پروژه های چند ساله، چند رشته ای و چند ملیتی هستند که بر چسب های قیمت آنها به حدود یک میلیارد دلار می رسد.

در حدود سه دههٔ پیش، گرایش به سوی پروژه های علمی پرهزینه و بزرگ را در قیاس سطحی با اصطلاح «تجارت کلان»[3]، «علم کلان»[4] نامیدند. از آن زمان تا کنون، بحث و گفتگوهای پرحرارتی دربارهٔ محاسن و معایب این علم وجود داشته است. آیا علم کلان را می توان نمایانگر مرحلهٔ تازه و پرهیجانی در پیشبرد علم دانست که آنیخته با مخابراتی تقریباً ناشناخته است و در ضمن خبر از افت محسوسی هم در کیفیت علم می دهد؟ یا آنکه، علم کلان در واقع چیزی نیست جز مرحلهٔ تازه ای از تحول طبیعی دانش بشری؛ مرحله ای که مقیاس آن لزوماً تابع پرسش هایی است که ما اینک قادر به طرح آنها هستیم و پیش آمدن آن هم نه غیر منتظره است و نه ناخواسته و برعکس، فرصت های بی سابقه ای را نیز به آدمیان عرضه می دارد؟

هر دوی این موضع گیری از همان شروع بحث کاملاً به چشم می خورد؛ موضع گیری اول از جانب دانشمندی که بانی اصطلاح «علم کلان» بود عنوان شد و موضع گیری دوم، از سوی یکی از تاریخ نگاران علم به شهرت آن نیز کمک شایانی کرده است.

خطرها و فرصت ها

بانی اصطلاح «علم کلان» «الوین واینبرگ»[5] فیزیکدان زبان اور و سنت

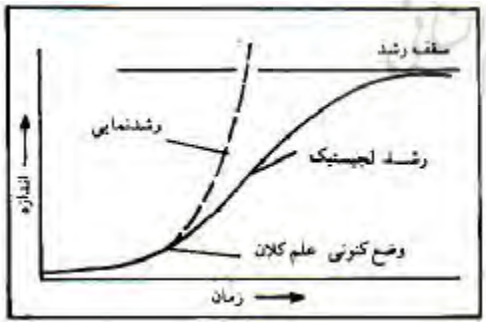
شکنی است که در آن زمان مدیر آزمایشگاه ملی اوک ریج[6] (تنسی) بود. در چهارم ماه مه 1961، وی اصطلاح مورد بحث را در متن خطابه ای در مورد خطرهای بالقوه طرح های علمی بسیار بزرگ برای علم و جامعه بر زبان آورد و منظورش در واقع طرحهایی مانند شتاب دهنده های عظیم ذرات اتمی و برنامه های دفاعی فضایی بود. تاریخ این سخنرانی که برای یکی از نشست های «جامعه راکت سازان امریکا» در نظر گرفته شده بود، بر حسب تصادف به روزی افتاد که فردای آن قرار بود «آلن شپرد»[7] به عنوانننخستین امریکایی با موشک آزادی7[8] به فضا پرتاب شود. واینبرگ با به یاد آوردن واکنش افراد حاضر در آن جلسه، خاطر نشان می سازد: «در آن زمان چندان توجهی نسبت به من ابراز نمی شد». با این حال، وقتی دو ماه بعد، متن سخنرانی او زیر عنوان «تأثیر پروژه های علمی غول آسا بر ایالات متحده امریکا» در نشریه علم[9] به چاپ رسید، کمتر کسی بود که صحت و درستی تفسیرهای واینبرگ را مورد تردید قرار دهد ضمن آنکه، مقاله وی نفوذ گسترده ای نیز در جامعه علمی امریکا پیدا کرد.

در آن زمان هیچ یک از دو نمونه ای که واینبرگ از علم کلان ارائه می داد هنوز واقعاً پخته و قطعی نشده بود. شتاب دهنده های پیشرفته ذرات اتمی را هنوز هم می توانستند در دانشگاهها بسازند و «پروژه مرکوری» هنوز در مرحله ابتدایی بود. با وجود این، واینبرگ با نوعی واپس نگری توانسته بود برخی از مخاطراتی را که این گونه پروژه ها و طرح های مشابه آنها در پیش داشتند به وضوح تشخیص دهد، و از جمله «پول خوری»[10] (ایجاد هزینه هایی بسیار زیادتر از براوردهای اولیه)، «عوام پسندی»[11] (تصمیم گیری دربارهٔ شایستگی های طرح های علمی در مجامع عام و نه در محافل علمی و تخصصی) و «اداره بازی»[12] (توجه زیاده از حد به ادارهٔ سازمان های علمی و نه انجام کارهای علمی واقعی). در مجموع، واینبرگ اظهار تأسف می کرد از اینکه ادامهٔ چنین روش هایی به ضرورت

افت کیفیت پروژه های علمی را در پی خواهد داشت. وی به صراحت اظهار می داشت: «مباحث و مسائل علمی را بیش از پیش در مطبوعات عامه پسند مطرح می کنند و نه در نشریات علمی و تخصصی و تصمیم گیری دربارهٔ آنها نیز بیش از پیش در کمیته های دربسته کنگره به عمل می آید و نه در اطاق های کنفرانس مجامع علمی و فنی. چنین است که به جای ادراک قوی و هوشمندی و زیرکی، چشم فریبی و جلوه گری به صورت استاندارد علمی در می آید.» سرانجام، واینبرگ از تأثیر سوء پروژه های غول آسا بر نهادهای اجتماعی، از جمله دانشگاه ها سخن می گفت: «اعتقاد من بر این است که علم کلان از طریق منحرف ساختن دانشگاه ها از وظایف اصلی خودشان و همچنین از طریق تبدیل استادان دانشگاه به گروهی کارمند، متصدی خدمات و یا متصدی تبلیغات، عملاً آنها را به تباهی خواهد کشاند.»

واینبرگ مخاطبان خویش را دعوت می کرد مقایسه ای بین پروژه های علم کلان و اهرام مصر، ساختمان کولوسئوم در رم باستان و کاخ ورسای به عمل آورند. واینبرگ معتقد بود که به رغم تصورات بانیان و سازندگان این آثار که آنها را مظهر غرور، شکوه و بلند پروازی های تمدن خاص خود می پنداشتند، در بعضی موارد همین نوع پروژه ها تمدن آن دوران را به انحطاط کشانده اند و در پایان واینبرگ نتیجه گیری می کرد که «هدف و مقصد واقعی ما غنی تر کردن و گسترش افقهای زندگی آدمی است.»

با این حال یکسال بعد، موضع گیری مشتاقانه تری نسبت به علم کلان از سوی یک مورخ علم به نام «دِرِک دِ سولاپرایس»13 از دانشگاه «ییل آمریکا» اعلام شد. وی یک سلسله سخنرانی هایی را که «در آزمایشگاه ملی بروکهاون»



(آپتن، نیویورک) ایراد کرده بود، در سال 1963 زیر عنوان علم خُرد، علم کلان[14] منتشر ساخت. پرایس با واینبرگ

موافق بود که مقیاس پروژه های علمی بزرگ در طی دهه گذشته رشدی «نمایی»[15] داشته است و حتی خود او نیز پیش بینی می کرد که طرز کاربرد علم در سالهای اخیر به احتمال قوی پاره ای انحراف های فرهنگی را در پی خواهد داشت. برای مثال، وی به گرایش فزاینده ای اشاره می کرد که برخی خصیصه های مثبت دانشمندان مانند عدم احساس مالکیت خصوصی یا ملی نسبت به علم را رفته رفته از بین می برد. با تمام این احوال، پرایس نیز با عرایز و روش های خاص تاریخنگاران این سؤال را مطرح می کرد که آیا واقعاً درست است که تحول علم از مقیاس های خرد به مقیاس های کلان را تا بدین حد خشونت بار و گمراه کننده بدانیم: «آیا همه پروژه های کنونی علم کلان به طور ناگهانی فرا رسیده اند و عمق ریشه های تاریخی آنها قابل قیاس با پروژه مانهاتان[16]، پایگاه موشکی کیپ کاناورال، کشف پنی سیلین و اختراع رادار و کامپیوترهای الکترونی نیست»؟

پاسخی که خود پرایس به این پرسش ها می داد یک «نه» صاف و ساده بود. وی به یاری آمار و مدارک و شواهد دیگر مانند شمار فزاینده نشریه های علمی و رشد نیروی انسانی شاغل در فعالیت های علمی و فنی استدلال می کرد که رشد نمایی علم در سال های اخیر در حقیقت ادامه منطقی روندی است که از مدتها پیش شروع شده و به هیچ وجه ناگهانی و بی سابقهنیست. وی اظهار می داشت: «به آسانی می توان نشان داد که رشد نمایی علم به طور کلی در حدود دو یا سه قرن است که ادامه دارد.» گذشته از این، توهمی بیش نخواهد بود اگر فکر کنیم که تأثیرات علم بر زندگی مدرن پدیده است تازه است. «علم همواره مدرن و امروزین بوده، همواره به طور انفجاری در میان مردم گسترش یافته و همواره در آستانه توسعه ای انقلابی برقرار داشته است.»

با این حال، پرایس با واینبرگ هم عقیده است که دگرگونی های جدیدی در «فراز راه» علم نهفته است: رشد نمایی در هر فرایند طبیعی هرگز به طور نامتناهی ادامه نخواهد یافت و سرانجام،

به نقطه اشباع می رسد و تا آنجا از سرعت آن کاسته می شود تا در نهایت به نوعی رشد «لجستیک»[17] عادی مبدل گردد. علم کلان ممکن است نمایشگر لحظه ای باشد که رشد نمایی جای خود را به رشد لجستیک می دهد. ولی آنجا که واینبرگ سخن از خطر می گوید، پرایس بر فرصت ها و امکانات تازه تأکید می کند. وی می گوید: «علم کلان سرآغاز زمانه ای است که در آن همه دانشمندان باید به ضرورت از نظر اجتماعی بیش از پیش مسؤول و فعال باشند. درگیری آنها با مسائل فراعلمی از آن جهت ضرورت می یابد که بازسازی درونی کل ساختار اجتماعی علم و همچنین مسائل خارجی علم در خدمت بشریت چنین ایجاب می کند.»

در سالهای اخیر، هواداران و مخالفان علم کلان بارها و بارها بر سر این مطلب به بحث نشسته اند و استدلالهای اولیه واینبرگ و پرایس را با شرایط روز تطبیق داده، آن را بهبود بخشیده اند و یا با ظرافت بیشتری مطرح ساخته اند. واقعیت این است که بحث تأثیرات مقیاس بر نحوهٔ کاربرد علم در حال حاضر ضرورتی حتی حادتر از سه دهه گذشته یافته است، زیرا علم در آستانه عصر تازه ای قرار گرفته که شاید بتوان آن را در قیاس با اصطلاح شرکت های چند ملیتی، «علم چند ملیتی» نامید. ولی حتی شروع هر گونه ارزیابی استدلالهای موافق و مخالف مستلزم غوطه ور شدن در تاریخچه طرح های علمی کلان مقیاس و ماهیت تجربه ها و آزمایش هاست.

پیشینه های قرن شانزدهم

چنان که پرایس اشاره کرده است، هر یک از دوره های اخیر شاهد ظهور بعضی پروژه های علمی «بزرگ» بوده که در نظر معاصران بلند پروازی های زیاده طلبانه با هزینه تراشی هایی جنون آمیز جلوه می کرده است. برای مثال، کار «آندره یاس و سالیوس»[18] پزشک نامدار قرن شانزدهم را در نظر بگیرید که در «فلاندر» متولد شد، تحصیلاتش را در پاریس انجام داد و به مقام استاده رسید و سپس، تحقیقاتش را در «پادوا»، «بولینا» و «پیزا» ادامه داد. تجربیاتی که

وی از کالبدشکافی بـه دسـت آورده بـود او را معتقـد کـرد کـه علـم پزشـکی نیـاز مبرم به کتاب درسـی تـازه ای در زمینـه کالبدشناسی آدمی دارد تا به طـور کامـل جانشـن نظریـه هـا و روش هـای کهنـهٔ جـالینوس، پزشـک یونـانی عهـد باسـتان شود. در سـال 1540، وی پـژوهش هـای دامنه داری را در مورد بـدن انسـان پایـه گذاری کرد که سال های متمادی وقـت و انرژی او را بـه خصـوص از نظـر انجـام دادن تحقیقات و بررسی هـای دسـت اول در مورد طرح – بـه خـود تخصـیص داد. برای آماده سازی و چاپ کتـاب جـامعی که در ایـن زمینـه فـراهم آورده بـود، بـه ونیز سـفر کـرد تـا خبـره تـرین و دقیـق ترین طراح و نقاش ممکن را – که احتمالاً از اسـتادکاران کارگـاه تیسـین[19] بـود- بـــرای طراحـــی تصـــویرهای کتـــاب کالبدشناسی خـود اسـتخدام کنـد. هـدف وسالیوس آن بود که برای نخسـتین بـار تصاویر روشن و دقیقی از اعضا و انـدام هـای برونـی و درونـی بـدن انسـان، بـر اســـاس تحقیقـــات عینـــی خـــود از کالبدشکافی هایی که ضخصاً انجـام داده بود، تهیه کند و آنها را در کتاب یاد شـده به چاپ برساند. بدین منظور، وسـالیوس هر کجـا کـه مـی توانسـت در پـی یـافتن بهترین چوب برها و درودگـران پرداخـت تـا تهیـه لوحـه هـای چـاپی را بـه آنهـا سفارش دهد. برای این کار از لوحه هـای ویژه ای از چوب درخـت گلابـی اسـتفاده می کرد که با فنون خاص ونیزی به عمـل آمـــده بـــود و کیفیتـــی عـــالی داشـــت. سرانجام، بـای انتشـار کتـاب، بـه سـراغ یکی از چاپگران برجسـته و مشـهور بـال (سویس) رفت. این سـفر حسـاس کـه در ماه اوت 1542 صورت گرفت، کـار سـهل و ساده نبود، چرا کـه مـی بایسـت الـواح گرانبهای کتـاب 700 صـفحه ای خـود را که با آن همه مشقت و مرارت تهیه کـرده بود چنان بسته بندی و محافظت کنـد کـه در آن سفر دراز چنـد هفتـه ای در جـاده های کوهستانی آلپ آسیب و لطمه ای بـه آنها نرسد. این اثـر عظـیم وسـالیوس کـه سرانجام پس از سال ها تحقیـق و تـلاش سرســـختانه در ســـال 1543 بـــا عنـــوان طولانی «هفت کتاب در رابطه بـا سـاختار بدن آدمی»[20] بـه چـاپ رسـید، نخسـتین کتاب درسـی کـامعی بـود کـه در مبحـث کالبدشناسی انسان انتشار می یافت.

این اثر که از آن پس با عنوان خلاصه شدهٔ «فابریکا» (ساختار) شهرت یافت، حاوی هیچ گونه کشف زیر و زبرکننده ای نبود، هیچ نوع درمان معجزه آسایی ارائه نمی داد و حتی نتیجه گیری های چشمگیری هم در بر نداشت. با این وصف، جامعیت، نظم و ترتیب و مباحث و جزئیات دقیقی که در این اثر وجود داشت انقلابی بی چون و چرا در فنون علم کالبدشناسی و روش های تعلیم و تدریس آن پدید آورد. بع هیچ وجه روشن نیست که این پروژه عظیم برای وسالیوس چقدر تمام شده و این هزینه سنگین را از چه منبع یا منابعی تأمین می کرده است. همین قدر می دانیم که در اوایل قرن بیستم، هنگامی که یکی از ناشران بزرگ آلمانی تصمیم گرفت به تجدید چاپ این اثر تاریخی وسالیوس مبادرت ورزد، پس از بررسی های اولیه ناچار از انجام کار چشم پوشید چرا که متوجه شد قادر به تأمین هزینه سرسام آور چنین پروژه ای نیست. به واقع، این طرح که با قیمت سال 1924 ابلغ بر 40هزار دلار هزینه بر می داشت، در زمان خود نوعی پروژه انتشاراتی «کلان» به حساب می آمد.

یکی از مدیران سابق پروژه موسوم به «سازمان خزانه ژن انسان»[21] (جینوم)، در جایی گفته بود که ساختار وسالیوس را می توان پیشگام پروژه «جینوم» دانست. ولی بی گمان باید راه های بس دور و داری را در عالم ایدئولوژی ها پشت سرگذاشت تا بتوان مدعی خویشاوندی معنوی با وسالیوس شد! با این حال، با توجه به جامعیت، خصلت بین المللی، بلند پروازی و حتی سطح هزینه دو پروژه «فابریکا» و «جینوم»، مشابهت قائل شدن بین آنها چندان نا معقول به نظر نمی رسد.

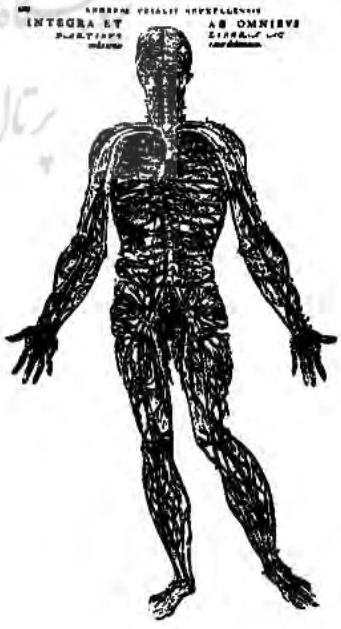
حال، یکی از پروژه های مشهور قرن شانزدهم، یعنی ساختمان رصد خانهٔ معروف منجم دانمارکی «تیکوبراهه»[22] در جزیره خون (وِن[23] کنونی) را در نظر بگیریم. برای ساختمان این رصدخانه که آن را «اورانیبورگ[24]» نامیدند، قبل از هر چیز می بایست در آن جزیره منزوی و دور از مناطق مسکونی، تأسیسات زیربنایی گوناگونی را به وجود آوزدنئ؛

از جحمله، کارگاه ها، یک آسیاب بادی، چاپخانه، آزمایشگاه شیمیایی و نگهبانی های مختلف. علاوه بر این، تأسیسات زیربنایی، تهیه و انتقال حلقه ها و نقاله ها و اجسام کروی غول آسا و دیگر آلات و افزارهای نجومی پیش از اختراع تلسکوپ و همچنین انواع ماشین آلات، کوره ها، کتاب ها و سایر ملزومات را نیز باید در نظر گرفت. نیروی انسانی متخصص را می بایست از سرتاسر اروپا استخدام کرد و در آنجا گرد آورد؛ از جمله معماران هلندی، استادکاران دانمارکی، ایتالیایی، آلمانی، کارگران ساده دانمارکی و غیره. در طی دو دهه، تیکوبراهه با استفاده از امکانات فنی این رصدخانه توانست زیج های تازه ای تنظیم کند که از هر لحاظ بر اطلاعات و داده های نجومی موجود در المجسطی بطلمیوس برتری داشت و به همین دلیل شالوده های محکمی برای محاسبات مربوط به نظریه کپرنیک[25] فراهم آورد – گو اینکه خود تیکوبراهه از تأیید این نظریه اکراه داشت. این داده های اطلاعاتی چندان ارزان به دست نیامده بود. مبلغی که تیکوبراهه در هر سال برای این پروژه دریافت می داشت تقریباً 2400 دلار بود که به طور تقریبی معادل یک درصد کل درامدهای فردریک دوم پادشاه دانمارک می شد. در قیاس با این مبلغ، می توان گفت که کل اعتبارات سالانهٔ تخصیص یافته به کل برنامه های تحقیقاتی غیر نظامی در ایالات متحده امریکا، اندکی کم تر از یک درصد تولید ناخالص ملی است که از مجموع شتاب دهندهٔ S. S. C. تعلق می گیرد.

برق، رادیوم، بمب و جزء اینها

در قرن هجدهم، پدیده های الکتریکی الهام بخش مطالعات و پژوهش های گسترده و پرهزینه ای بود. دانشمندان انجمن سلطنتی بریتانیای کبیر سیمی ساختند به طول 3666 متر(12 هزار پا) و هدف از آن نیز تعیین سرعت شئی بود که در آن زمان «سیال الکتریکی»[26] نامیده می شد و به مناسبتی هم با استفاده از آن توانستند جریان برق را از استخر باغ های قصر «تویلری»[27] در پاریس بگذرانند. در عصری که هنوز باطری ها و مولدهای غول آسای برق

اختراع نشده بود، برای ایجاد و ذخیره سازی نیروی الکتریکی بسیار زیادی که برای چنین تجربیاتی لازم بود، به دستگاهها و وسایل خارق العاده ای نیاز داشتند؛ دستگاهها و تأسیساتی که عکس ها و تصاویر آنها زینت بخش صفحات دایره المعارف های آن زمان شده بود. به گفته پرایس «در آن زمان ها چنین به نظر می رسید که این گونه وسایل و ماشین آلات قابلیت های مهندسی علمی را به عالی ترین سطح خود رسانده و به فرد انسانی توانایی آن را داده است که پرقدرت ترین نریوهای جهان را ایجاد کند، قدرت آذرخش را به مبارزه بطلبد و احتمالاً رمز ماهیت ماده و یا حتی ماهیت حیات را هم کشف کند. ملاحظه می شود که در قیاس با این انتظارات و این امیدواری ها، رؤیاهایی که ما در مورد شتاب دهنده های مدرن در سر می پرورانیم، به کلی رنگ می بازند.»



در آغاز قرن بیستم تحقیقات مربوط به پرتوزایی (رادیواکتویتیه) منابع مالی محققان را حتی بیش از امکانات عادی آنها تحت فشار قرار داد. «پی یر و ماری کوری» دو سال از عمر خود را منحصراً صرف تصفیه کانی های حاوی اورانیوم و رادیوم کردند؛ کاری بس سنگین و پر مشقت که حتی زندگی آنها را برای دست آوردن مقدار ناچیزی رادیوم در معرض خطر همیشگی قرار می داد: یک واحد رادیوم در برابر 200میلیون واحد سنگ معدن! کاربردهای پزشکی رادیوم، همان طور که پیش بینی می شد، بهای سنگ معدن اورانیوم را موشک اسا بالا برد، به نحوی که قیمت رادیوم با وزن مساوی به زودی حتی گران تر از الماس شد. در 1920، ماری کوری دیگر نمی توانست مقدار رادیوم لازم برای مطالعات انستیتوی رادیوم خود در پاریس تهیه کند. این انستیتو به تحقیقات ناب می

پرداخت و فقط از دور ارتباط هایی با نظام دانشگاهی فرانسه داشت. برای حل این مشکل، سردبیر مجلهٔ «زنان امریکا» حرگن جالبی را در میان زنان امریکایی شروع کرد تا بتواند از طریق کمک های مالی آنها لااقل 100 هزار دلار برای خرید یک گرم اورانیوم به دست آورد. این حرکت گروهی موفقیت آمیز بود و در سال 1921 رادیوم خریداری شده با این پول به دست رئیس جمهوری وقت امریکا، پرزیدنیت «وارن جی. هاردینگ» به ماری کوری تقدیم شد.

در همان حال هزینه پژوهشهای مربوط به رادیواکتیویته به طور جهشی افزایش می یافت، در طی دهه های 20 و 30 قرن حاضر در زمینه پروژه های دیگر نیز همکاری های گسترده و بی سابقه ای بین دانشمندان و صنایع ضرورت می یافت. از جمله این نوع پروژ] ها می توان به توسعه تکنولوژی «ریز موجی»[28] و پروژه های مربوط به نیروگاه های «برقابی»[29] در کالیفرنیا اشاره کرد. در جریان جنگ جهانی دوم، هزینه ها و همکاری علمی و فنی به مناسبت پروژه مانهاتان برای ساختن بمب اتمی و پروژه تکمیل رادارهای ریز موجی باز هم افزایش یافت.

در فردای جنگ جهانی دوم، ایجاد توسعه سریع نظام آزمایشگاههای ملی در ایالات متحده امریکا موجب شد که جهش دیگری نه فقط در اندازه آزمایشگاهها بلکه در ابعاد همکاری های متقابل بین علم، تکنولوژی و صنعت پدید آید. طیف همکاری های چند جانبه میان این سه نهاد اساسی از حدهای چند موردی تا حدود معمولی گسترش می یافت. پژوهش های عادی در زمینه فیزیک هسته ای و ذرات زیراتمی، حتی آنهایی که به طور معمول با تجهیزات و دستگاههای نسبتاً کوچک سروکار داشتند، اینک نیازمند به تجهیزاتی بزرگ مانند شتاب دهنده ها یا راکتورهای هسته ای بودند که ساخت آنها مستلزم سرمایه گذاری های دولت فدرال بود و مشارکت های وسیعی نیز از جانب صنایع در تدارک آنها به عمل می آمد. کاربرد و حفظ چنین تجهیزاتی نیز به نوبهٔ خود مستلزم تأمین هزینه های

مربوط به گروه وسیعی از کارکنان پشتیبانی بود.

در واقع، این همان عصری بود که در 1961 واینبرگ آن را «عصر علم کلان» نامید و در طول سه دهه بعد، حتی علم خرد هم به مراتب پرهزینه تر شد. برای مثال، اینک برای کارهای علمی با نیمه هادی هایی با کیفیت بالا – که معمولاً «علم خرد» به حساب می آیند – به وسایلی مانند ماشین های مخصوص «اپیتاکسی»[30] پرتوهای مولکولی، محوطه های محصور موسوم به «اتاق های پاک» با پاکیزگی کاملاً استثنایی، لیزهایی که با مقیاس های کوتاه مدت کار می کند، سیستم های «پرتو مجهول»[31]، میروسکوپ های الکترونی با قدرت تفکیک اتمی و مواد و مصالحی با حد اعلای خلوص نیاز است. برای کار در زمینه علومی از این قبیل، معمولاً نیاز به اطلاعاتی داریم که دانشمندان دیگر آنها را به وسیله راکتورهای پژوهشی عظیم آزمایشگاههای ملی به دست آورده اند؛ مفهوم این کلام آن است که امروزه، حتی علم خرد نیز وابسته به علم کلان است. در روزگار ما، دانشمندان در تار و پود اطلاعاتی پیچیده و به هم پیوسته ای فعالیت دارند که اجزای آن از منابع متنوعی به دست آمده است. از این نظر، سعی در تجزیه و تفکیک دستاوردهای علم کلان و علم خرد به قصد مقایسه معنا و مفهوم آنها در حقیقت کاری تصنعی، گمراه کننده و بی معنی خواهد بود.

علم کلان در آستانه

علم کلان در زمینه های مختلف اشکال گوناگونی به خود می گیرد. در نجوم و فیزیک انرژی بالا علم کلان بیش از پیش به تجهیزات سخت افزاری عظیم و پرهزینه ای گرایش می یابد که در هر دوره از فعالیت آنها، آزمایش های معدودی را امکان پذیر می سازند از قبیل: تلسکوپ فضایی هابل، انواع تلسکوپ های رادیویی و نوری مستقر در سطح زمین و شتاب دهنده عظیم S. S. C. بر عکس، پروژ] های بزرگی که هدف آنها تأمین مواد و مصالح علمی است رفته رفته به صورت تسهیلاتی در می آیند که به طور همزمان مواد مورد

نیـاز مشـتریان بسـیاری را فـراهم مـی سازند و خدمات گوناگونی را عرضه مـی دارند. از جمله ایـن گونـه مؤسسـات مـی توان «منبع پیشـرفته فوتـون» در آرگـون (ایلی نویز)، آزمایشگاه ملـی (بـا 68 خـط تابه ای) و طرح مقدماتی «منبـع پیشـرفته نوترون» در آزمایشگاه ملی اوک ریج (بـا 50 ایستگاه ابزاری) را نام برد.

در زمینه علوم زیسـتی، پـروژه هـای بـزرگ معمـولاً بـه صـورت طـرح هـای تحقیقـاتی مشخصـی در مـی آینـد کـه وظیفه اصلی آنها هماهنگ کـردن فعالیـت های پژوهشـگران منفـردی اسـت کـه در سطوح مختلف آزمایشگاه های کوچـک و با اعتباراتی نسبتاً محدود کـار مـی کننـد. بـا وجـود ایـن، هزینـه هـای فزاینـده و انباشـتی چنـین پـروژه هـایی نیـز ممکـن است بسیار کـلان باشـد. بـرای مثـال، از دیـدگاه هزینـه نهـایی، برنامـه هـای تحقیقـاتی بیمـاری هـایی چـون ایـدز و سرطان که قاعدتاً خارج از محـدودهٔ علـم کلان قرار دارند، عملاً پـروژه هـایی چنـد میلیـارد دلاری و چنـد سـاله هسـتند کـه بدون اعتبارات مـالی دولـت فـدرال قابـل دوام نیستند. تنها در ایالات متحده، هزینهٔ سالانهٔ تحقیقات مرتبط با ایـدز تقریبـاً بـه 800 میلیون دلار می رسد.

علم امروز بـه یکـی دیگـر از آسـتانه های خود رسیده است؛ آسـتانه ای کـه از ورای آن می توان رشد سریع بین المللـی شدن سرمایه گذاری هـا و تعهـدات مـالی مربـوط بـه تحقیقـات علمـی را مشـاهده کرد. تا کنون پروژه های علم خرد هـر از چند گاهی و گاه خصلتی ملی مـی یافتنـد و پروژه های علم کلان گاه خصلتی ملـی و گاه خصلتی بین المللی داشته اند. ولـی تازه واردها، یعنی پروژه های مربوط بـه علم چند ملیتی به طـور معمـول خصـلتی بین المللی دارند، زیرا دیگر هیچ کشـوری به تنهایی قادر نیست چنین پـروژه هـایی را تدارک ببیند و هزینه آنهـا را بـر عهـده بگیرد. علم چند ملیتی بـه سـبب همکـاری کشورهای مختلف در اجـرای پـروژه هـا الزاماً مجموعه ای از مسائل خـاص خـود را بـا عملکـرد جـاری علـم – از جملـه، نوسـانات نـرخ ارزهـا، محـدودیت هـای مربوط به سـفرهای خـارجی، محـدودیت های مربوط به تعرغه ها و داد و سـتدها، مقـررات گمرکـی، پروانـه هـای بهـره

برداری و سیاست های بین المللی – در هم می آمیزد.

البته، درگذشته هم در برخی موارد بعضی پروژه های بین المللی داشته ایم. از جمله، می توان به پروژه هایی مانند: ملاقات سایوز – آپولو در فضا و مبادلهٔ فضانوردان امریکا، شوروی و یا اروپایی (مرکز اروپایی پژوهش های هسته ای[32]) در سال 1975 و آزمایشگاه فیزیک انرژی بالا که مراکز ستاد آن در ژنو (سوئیس) است و در اوایل دهه 1950 با مشارکت دوازده کشور اروپایی پایه گذاری شد، اشاره کرد. ولی تا به حال، برنامه های فضایی ایالات متحده امریکا و شوروی سابق تقریباً قادر بوده اند که به طور مستقل به مرحلهٔ اجرا در آیند. از سوی دیگر، با وجود آنکه تعدادی از کشورهای اروپایی به طور مشترک توانسته اند آزمایشگاه بزرگی به مقیاس جهانی ایجاد کنند و مورد بهره برداری قرار دهند، ایالات متحده امریکا به تنهایی قادر بوده است چند آزمایشگاه از این نوع را در خاک خود تأسیس کند. در حال حاضر، ایجاد چنین پروژه هایی با امکانات تنها یک کشور، دیگر عملی به نظر نمی رسد.

■ در حال حاضر، اینکه دانشمندی مدعی شود فلان پروژه غول آسا فقط از نظر ارزش علمی آن قابل توجیه است، همان قدر نامعقول خواهد بود که سیاستمداری بگوید این پروژه را باید فقط از زاویه خواص و منافع عمومی آن ارزیابی کرد.

پروژه S. S. C. را می توان نمونه مشخصی از علم چند ملیتی دانست. از همان زمان که این پروژه طراحی شد و به تصویب رسید پیش بینی شده بود که برخی کشورهای دیگر ینز به میزان محسوسی در هزینه های کار مشارکت داشته باشند. به این ترتیب، براورد شده بود که از کل 8 میلیارد و 250 میلیون دلار هزینه پیش بینی شده، یک میلیارد و 700 میلیون دلار آن را کشورهای دیگر به طور نقدی یا از طریق کمک های جنسی تأمین کنند. این امیدواری وجود داشت که ژاپن با تقبل مبلغی بین چند میلیون تا یک میلیارد ئلار عمده ترین شریک خارجی پروژه باشد و کشورهای دیگری چون روسیه، هند، چین، تایوان و کره جنوبی بقیه هزینه های خارجی را تأمین کنند. علاوه بر اینها، ساخت دو

«آشکارسان»[33] آزمایشی پروژه را هم با مشارکت خارجی در نظر گرفته بودند و به همین روش هم به تصویب رسیده بود. کل 8 میلیارد و 250 میلیون دلار هزینه اصلی پروژه شامل تقریباً 250 میلیون دلار برای هر آشکارساز بود ولی معادل همین مبلغ نیز می بایست از سوی کشورهای خارجی که قرار بود دانشمندان آنها در آزمایش ها شرکت داشته باشند، تأمین شود. بنابراین، مشارکت بین المللی برای چنین پروژه های بیشتر از قِبلِ ضرورت های مالی است تا از قِبلِ مسائل سیاسی مانند آنچه در مورد ملاقات فضایی سایوز – آپولو مصداق می یافت و یا از بابت راهبردهای منطقه ای مورد «مرکز اروپایی پژوهش های هسته ای».

علم به عنوان تجسس عقلانی و علم به عنوان علم اجتماعی

علم چند ملیتی مسأله دیگری را نیز در ارتباط با تأثیرات خارجی بر عملکرد علم به منصهٔ ظهور می رساند. دانشمندان به طور معمول بر این باور هستند که عمل اصیل علمی متضمن نوعی استقلال و عینیت گرایی نسبت به هر گونه تأثیر اجتماعی است؛ خواه این تأثیر مساعد به حال علم باشد، خواه از کارکرد علم ناشی شده باشد. آنچه به سبب تحقیقات علمی در زمینه ذرات اولیه، هسته اتم، ساختار کروموزوم، سیستم مصونیت انسانی و یا مبدأ جهان، از پرده برون افتد، در نهایت امر مستقل از انگیزه های جامعه ای خواهد بود که هزینه های تحقیقاتی را بر عهده گرفته است. بی گمان، مسائل اجتماعی ممکن است نقش تعیین کننده ای در دسیتابی دانشمندان به منابع مالی لازم برای اکتشافات آنان داشته باشند، ولی خود اکتشافات مسلماً محصول چنین تأثیراتی نبوده بلکه از طبیعت سرچشمه خواهند گرفت.

از سوی دیگر، تاریخ نگاران، جامعه شناسان و منتقدان اجتماعی از مدتها پیش به پیامدهای تأثیرات اجتماعی بر علم واقف بوده اند و مطالعات گوناگون در این زمینه در طی دهه 20 قرن حاضر با کار افرادی نظیر «بوریس هسن»[34]،

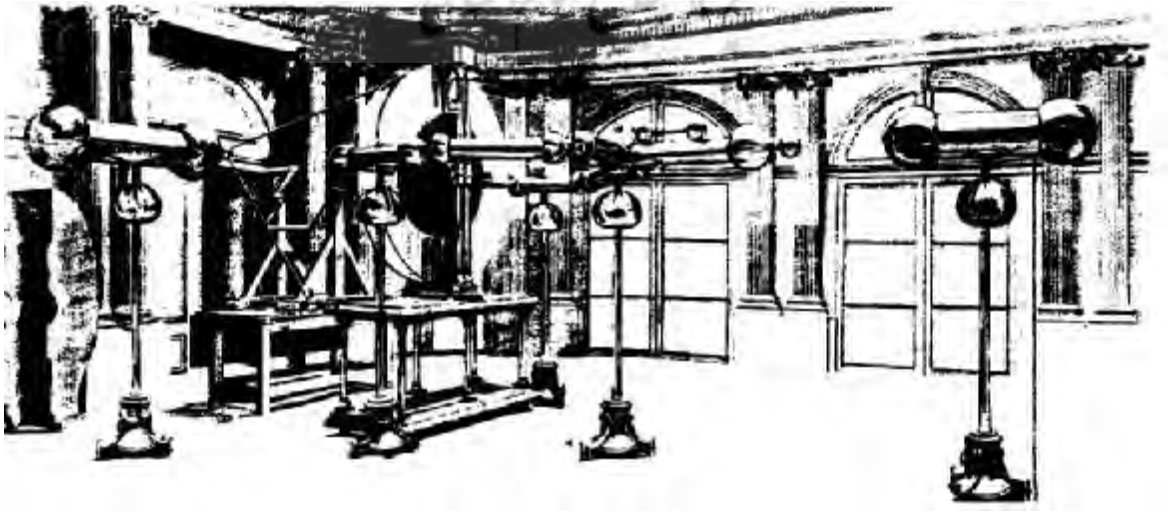
«رابرت مرتن»[35] و «تامس کوهن»[36] به سطح والایی رسید. یکی از پیچیده ترین مباحث فلسفهٔ علم در زمان حاضر این است که چگونه می توان تأثیر انکار ناپذیرعلم (یعنی با درجهٔ استقلال آن از تار و پود جامعه میزبان) آشتی داد. پروژه های علم چند ملیتی این موضوع را باز هم حساس تر می سازند، زیرا بیش از پروژه های ملی تحت تأثیر عوامل اجتماعی قرار می گیرند. تصمیم گیری های مربوط به برنامه ریزی، اجرا و بهره برداری از پروژه های ع7لم چند ملیتی، از نخستین مراحل طراحی گرفته تا ریزترین جزئیات عملیاتی، در حال حاضر عمدتاً در محافل سیاسی صورت می گیرد تا در محافل علمی. عواملی همچون بلندپروازی های سیاسی و مئولیت های جهانی رهبران، روش های ملی عملکردها، حساسیت های ملی در مورد دستکاری و نگاهداری مواد پرتوزا (رادیواکتیو) و دیگر مواد تهدید کننده محیط زیست و همچنین ثبات یا فقدان ثبات اقتصادهای ملی، همه و همه بر تصمیم گیری های مسئولان پروژه های چند ملیتی تأثیر می گذارند. هر پروژهٔ علم چند ملیتی در عین حال هم یک پروژه علمی است و هم یک پروژه اجتماعی. آیا حضور فزاینده این عوامل سیاسی، اقتصادی و حتی فرهنگی در تولید علم، عینیت را در معرض خطر قرار می دهد؟

دانشمندان به دلایل مشخص و حرفه ای معمولاً از طرح این گونه پرسش ها خوداری می کنند. ولی این مسأله که در حقیقت چگونگی ارتباط بین علم به عنوان علمی اجتماعی و علم به عنوان نوعی تجسس عقلانی را مطرح می سازد، به طرزی اجتناب ناپذیر در بحث های مربوط به علم چند ملیتی به چشم می خورد. یکی از راههای روشن ساختن مطلب این است که بپذیریم هر تجربه علمی را می تواتن با دو نوع معیار مختلف مورد سنجش قرار داد. نخست با این فرض که تجربه علمی بخش از یک تحقیق صرفاً عقلانی در زمینه طبیعت است و در نفس خود ارزشمند محسوب می شود. دوم، با این فرض که تجربه علمی نوعی رویداد صرفاً اجتماعی است؛ یعنی رویدادی که فلان مقدار پول توزیع می کند، فلان مقدار شغل به وجود می

آورد، موجـد بعضـی ازاتحادیـه هـا و همکاری هاست، ارتبـاط هـای گونـاگونی میان نهادهای مختلف اجتماعی پدیـد مـی آورد، به جهش های تکنولوژی کمک مـی کنـد و ماننـد اینهـا. از چنـین دیـدگاهی تجربه علمی، صـرف نظـر از موفقیـت یـا شکست برنامـه ای کـه باعـث و بـانی آن بوده است، ارزشمند محسوب می شود.

آزمایش به عنوان تولید

آزمـایش علمـی را مـی تـوان بـا یـک رویـداد نمایشـی مقایسـه کـرد. رویـداد نمایشـی را مـی تـوان یـا از نظـر هنـری ارزیابی کرد (با توجه به چگونگی اجـرای نماشی)، یا از نظر اجتماعی (با توجـه بـه چگونگی تولید آن)؛ یعنی چقدر هزینـه در برداشـته اسـت، چقـدر پـول برگردانـده است، چند نفر هنر پیشـه اسـتخدام کـرده است و مانند اینها. با این حال، مـی دانـیم کـه ارزش پـروژه بـه عنـوان اقـدامی در خـدمت یـک تحقیـق عینـی و عقلانـی و ارزش پروژه به عنوان اقدامی در خـدمت تولید اجتماعی. مباحثی که در مـورد علـم کلان و علم خرد به راه افتاده است عمـلاً ارتبـاطی بـا ازرش هـای مـاهوی غالـب پروژه هـای مـورد اخـتلاف نـدارد. هـیچ کس منکر اهمیت یا مطلوب بودن شناخت بیشتر از ماهیت ذرات اولیه یا هسـته اتـم یا ژن های حاکم بر موجودیت انسانی یـا تکـوین و تحـول جهـان وجـود نیسـت. چنانچه پـروژه هـای از ایـن قبیـل را مـی شد در محدوده علم خرد به مرحلـه اجـرا درآورد، مسلماً هیچ کس تردیـدی نسـبت بـه آنهـا ابـراز نمـی داشـت. در عـوض،



پروژه های علم کلان معمولاً به بحث و گفتگوهایی گسترده می انجامند؛ چرا که همه دست اندرکاران آگاه هستند که صعود در مقیاس تولیدات مورد نیاز چنین پروژه هایی پیامدهای اجتناب ناپذیری در بر خواهد داشت که در وهلهٔ نخست می توان به افزایش رقابت ها برای کسب اعتبارات اشاره کرد و منظور رقابتهایی است که بین پروژه های علمی مختلف به وجود می آید. علت هم این است که وقتی امکانات مالی محدودی وجود داشته باشد، پروژه های علمی بزرگ و پرسروصدا طبعاً سهم زیادی را به خود اختصاص خواهند داد و پروژه های دیگر یا حذف می شوند یا باید دامنه فعالیت خود را محدودتر سازند. برای مثال، منتقدان پروژه ایستگاه فضایی خاطر نشان ساخته اند که مرکز فضایی امریکا (ناسا) با پشتیبانی از این پوژه الزاماً می بایست بسیاری از پروژه های ارزشمند دیگر مانند سفینه های اکتشافی و ماهواره های ردیاب را فدا کند. گذشته از این، رقابت فقط بین پروژه های گوناگون یک حوزهٔ معین مثل تحقیقاتی فضایی، باقی نمی ماند بلکه به حوزه های علمی و فنی دیگر مانند فیزیک و زمین شناسی یا زیست شناسی و اقیانوس شناسی نیز سرایت می کند. از دانشمندانی که در زمینه مواد و مصالح جدید فعالیت دارند همواره گله مند بوده اند از اینکه هزینه های بسیار بالای ساخت و راه اندازی شتاب دهنده S. S. C. در نهایت امر پروژه های مربوط به به حوزه فعالی آنها را هم تهدید خواهد کرد. و سرانجام، باید توجه داشت که پروژه های عظیم کم چند ملیتی با پروژه های غیر علمی مانند توسعه آموزش و پرورش، خانه سازی یا دفاع نیز در رقابت وارد می شود.

از سوی دیگر نگرانی های مربوط به پیامدهای اجتماعی تولیدات علمی را داریم که در مجموع از این فکر منشأ می گیرند که هر چه پیامدهای اجتماعی تولیدات علمی بیشتر و وسیع تر باشد، ارزشیابی و نظارت بر پروژه های مربوط را باید بیش از پیش بر اساس ارزش های اجتماعی و نه صرفاً بر اساس ارزشهای علمی آنها انجام داد. پس، هر چه مقیاس یک پروژه علمی بزرگتر باشد، جامعه سرمایه گذاری

افزون تری در آن به عمل می آورد و هر چه سرمایه گذاری جامعه در پروژه ای بیشتر باشد، ارزش های اجتماعی نفوذ بیشتری بر روی آن اعمال خواهند کرد. به عنوان نمونه، کافی است در نظر بگیریم که چگونه توجه افکار عمومی و مجامع سیاسی به شتاب دهنده های غول اسا بیش از پیش افزایش می یابد. در اوایل دهه 1930، شتاب دهنده های ذرات، دستگاههای کوچک بودند که به غیر از دانشمندان علاقه مند هیچ کس دیگر آنها را نمی شناخت. با این حال، در ظرف فقط چند سال حجم آنها به اندازه ای رسیده بود که نصب و استقرارشان توجه افراد و مقامات محلی را به خود جلب می کرد. برای مثال، هنگامی که در اواخر دهه 1930 دانشگاه کلمبیا در نیویورک سیتی کار نصب یک «سیکلوترون مدور» با طوقل مغناطیسی 3/7 متری را در زیر زمین دانشکده فیزیک شروع کرد، کارشناسان نظر دادن که برای کار گذاشتن این دستگاه کا قادر بود شتاب ذرات را تا حد تقریباً هشت میلیون الکترون ولت انرژی برساند، باید کف محل نصب را با بتون مخصوصی مجهز سازند و به همین ترتیب، مغناطیس های الکتریکی دستگاه را هم که بالغ بر 65 تن وزن داشت، به کمک نیروی دریایی امریکا تعبیه کردند. بدیهی است که روزنامه های محلی سروصدای فراوانی دربارۀ «برثای عظیم»[37] داد سخن می دادند که به رغم آنها جدیدترین «تیربار اتمی» کلمبیا بود.

در طی دهه 1950 یک رشته شتاب دهنده های عظیم در امریکا سخته شد مانند «کاسموترون»[38] با 3 میلیارد الکترون ولت انرژی در آزمایشگاه ملی «بروکهون»[39] در 1952، «بیواترون»[40] با 6/2 میلیارد الکترون ولت انرژی در دانشگاه کالیفرنیای برکلی، در 1954 و «سینکروتون»[41] با 33 میلیارد الکترون ولت انرژی، باز هم در بروکهون. این دستگاهها عظیم تر از آن بودند که دانشگاهها به تنهایی بتوانند ساخت آنها را بر عهده بگیرند و بنابراین همکاری گسترده ای با صنایع مورد نیاز بود که این امر نیز طبعاً درگیری هایی با مقررات دولتی مربوط به تشریفات مقاطعه کاری ها و دیگر مسائل مربوط

به قراردادها را در پی داشت. با این وصف، تصمیم گیری در مورد ساخت و محل نصب آنها هنوز در خارج از سازمان ها و مجامع بخش عمومی به عمل می آمد و فقط هنگامی که کار به پایان می رسید، خبر آن در مطبوعات منتشر می شد. ولی اندکی بعد، یعنی در اواسط دهه 1960 شرایط عوض شد و هنگامی که مسأله نصب یک شتابدهنده 200 میلیارد الکترون ولتی مطرح شد، کمیسیون انرژی اتمی اعلام کرد که باید در مورد محل نصب دستگاه اظهار نظر کند. نمایندگان کمیسیون ملاقات هایی با سیاستمداران منطقه ای، روزنامه نگاران محلی و حتی با گروهی راهپیمایان مخلف به عمل آوردند، که محل های پیشنهادی را مورد بررسی قرار دادند، و گفتگوهایی نیز با سازمان های جوامع محلی مانند شاخهٔ منطقه ای «اتحادیهٔ ملی برای پیشرفت رنگین پوستان» انجام دادند. از آن زمان به بعد، تشریفات مربوط به ساخت شتابدهنده های ذرات به مقیاس جهانی به صورت نوعی رویداد سیاسی تمام عیار درآمده است.

شتاب دهنده غول آسای S. S. C. اینک به صورت مظهر همکاری های علمی – اجتماعی روزگار ما در آمده است. هنگامی که کارخانه سازنده مغناطیس های پروژه با ظرفیت کامل به فعالیت بپردازد، تنها در تگزاس بیش از 7000 شغل مستقیم به وجود خواهد آورد (به جز امکانات اشتغال غیر مستقیم یا مشاغل «شناور»). علاوه بر آن، 22هزار قرارداد نیز در 45 ایالت منعقد خواهد شد. تگزاس در دور دوم مبارزات انتخابی پرزیدنت جرج بوش(1992) از اهمیت خاصی برخوردار بود. از این نظر، تعجب اور نیست که در جنگ و گرزهای کنگره و کاخ سفید پروژه مورد بحث به صورت یکی از عوامل کلیدی درآمد و سرانجام پرزیدنت بوش حاضر شد مخالفت خود با ممنوعیت آزمایش های هسته ای جدید را کنار بگذارد مشروط بر آنکه، در مقابل کنگره نیز از طرح شتاب دهنده عظیم S. S. C. پشتیبانی کند و باز هم جای تعجب نیست که پرزیدنت بیل کلینتون نیز از همین پروژه به عنوان بخشی از

اصلاحات اقتصادی خود جانبداری کرده است.

آیا ناسا در خلأ عمل می کند؟

پروژه ایستگاه فضایی آزادی که هزینه ساخت و راه اندازی آن پنج بار بیشتر از S. S. C است، یکی دیگر از پروژه های عظیم عمومی محسوب مش ود. بر حسب گزارش های ناسا، این پروژه 75 هزار شغل جدید ایجاد خواهد کرد و در 37 ایالت، ناحیه کلمبیا و چند کشور خارجی قراردادهای گوناگونی را به مرحله اجرا خواهد گذاشت. این مشارکت خارجی، به هنگام مطرح شدن پروژه در کنگره امریکا، به طور غیر ارادی موجب به موقعیتی کمی وار شد. منظور موقعی است که نماینده دموکرات، «آلن مولوهان»[42]، در دفاع از پروژه و رد انتقادهای مخالفان اظهار داشت که تعطیل شدن =روژه ایستگاه فضایی عملاً به منزله نقص قراردادهایی خواهد بود که تا کنون با کشورهای خارجی منعقد شده است و سپس در ادامه بحث چنین گفت: «بسیاری از همکاران ما چنان در مخالفت با پروژه ایستگاه فضایی داد سخن می دهند که گویی ناسا در خلأ کار می کند؛ خیر چنین نیست.» دانشمندانِ ناخرسند از این نوع دفاع نماینده دموکرات، از خود می پرسیدند که آیا این گفته مولوهان باعث نخواهد شد که در نوبت بعدی تنگ کردن کمربندها، نمایندگان کنگره هزینه های مربوط به دوره بهره برداری از پروژه را آماج حملات خود قرار دهند؟

■ در روزگار ما، دانشمندان در تار و پود اطلاعاتی پیچیده و به هم پیوسته ای فعالیت دارند که اجزای آن از منابع متنوعی به دست آمده است. از این نظر، سعی در تجزیه و تفکیک دستاوردهای علم کلان و علم خرد به قصد معنا و مفهوم آنها در حقیقت کاری تصنعی، گمراه کننده و بی معنی خواهد بود.

تذکر مولوهان نشان می دهد که ایجاد اشتغال و رونق اقتصادهای محلی تنها ارزش‌هایی نیستند که به پروژه های علمی کلان تعلق می گیرند؛ سیاست بین المللی و حیثیت ملی نیز در این عرصه سهم خاص خود را خواهند داشت. واقعیت این است که پروژه ایستگاه فضایی از یک سو به طور منظم در میزگردهای علمی به سبب ارزش علمی

ناچیز آن مورد ایراد قرار می گرفت و از سوی دیگر، دولت و بسیاری از نمایندگان کنگره به سبب نقشی که همین پروژه از نظر اعتبار و حیثیت ملی ایفا خواهد کرد به شدت از آن دفاع می کردند. مزید بر این، هواداران چنین پروژه هایی پیوسته از منافع ثانوی آنها برای بخش های علمی و تولیدی دیگر سخن می گویند – برای مثال، برای تکنولوژی کامپیوتر، علم مواد و مصالح جدید، تولید ابزار دقیق و مانند اینها – و معتقدند که این نوع ارزشها را هم باید به خواص و منافع پروژه اصلی اضافه کرد. در زمینه ارزش های ثانوی به پروژه های علم کلان برای صنایع محلی، نه فقط در امریکا بلکه در حوزه فعالیت «مرکز اروپایی تحقیقات هسته ای» نیز مطالعاتی ویژه ای از نظر گسترش بازارها و هزینه های تولیدی پایین تر به عمل آمده است، ولی روش کلی این مطالعات بحث انگیز به نظر می رسد. این گونه مطالعات صرف نظر از ارزش علمی آنها، سرمایه گذاری های اجتماعی مفیدی هم به حساب می آیند.

مسأله عمده ای که علم چند ملیتی مطرح کرده این است که چگونه باید بین ارزش علمی ناب، پروژه های مشترک، ارزش های اجتماعی مترتب بر آنها - بخصوص هنگامی که ارزشهای اجتماعی متعددتر و غامض تر باشند – سازگاری ایجاد کرد. در حال حاضر، اینکه دانشمندی مدعی شود فلان پروژه غول اسا فقط از نظر ارزش علمی آن قابل توجیه است، همان قدر نامعقول خواهد بود که سیاستمداری بگوید این پروژه را باید فقط از زاویه خواص و منافع عمومی آن ارزیابی کرد.

بهره‌برداری «هر چه بیشتر» از «هر چه کمتر»

مسائلی که در حال حاضر دانشمندان مایل به یافتن پاسخی برای آنها هستند، از نظر مالی با موانعی روبه رو می شوند که بر طرف ساختن آنها حتی از عهده علم چند ملیتی هم بر نمی آید. در ژانویه 1954، «انریکوفرمی»[43]، رئیس انجمن فیزیک امریکا، به مناسبت بازنشستگی خود ضمن خطابه ای همین

مطلب را به شیوه ای طنزالود مطرح ساخت. وی با نشان دادن نموداری از رشد تدریجی شتاب دهنده های ذرات، اظهار داشت که هر گاه این روند در آینده نیز همچنان ادامه یابد، حجم و ابعاد این دستگاهها به زودی به حدی خواهد رسید که ناچار خواهیم شد آنها را در مدار زمین قرار دهیم! با توجه به محدودیت های فیزیکی چنین پروژه هایی ممکن است دانشمندان در آینده نزدیک ناچار شوند که با ابداع روش ها و وسایلی تازه همین مسائل را از راه علم خرد حل کنند.

برای مثال، در زمینه فیزیک ذرات، دانشمندان این کار را دست کم از دو راه انجام می دهند: از طریق شتابدهنده های تخصصی موسوم به «کارخانه» و از طریق آزمایشگاههای زیرزمینی. S. S. C. چنان طراحی شده است که «تابه های ذراتی»[44] را که در جهت مخالف یکدیگر دَوَران دارند با 20 تریلیون الکترون ولت به همدیگر بکوبند و در امتداد یک طیف انرژی بسیار گسترده به شکار پدیده های حاصل از برخورد بنشینند. ولی اینجا و آنجا در طیف انرژی که به وسیله شتاب دهنده ها قبلی آشکار شده است، گوشه کنارهایی از مناطق بررسی نشده و بکر وجود دارد که حاوی پدیده هایی ناشناخته اند و مسلماً جالب توجه خواهند بود و احتمالاً شگفتی هایی در خود نهفته دارند. اما هیچکدام از آنها در جریان افزایش های پی در پی انرژی مورد مطالعه قرار نگرفته اند. می توان شتاب دهنده هایی ساخت که کار اصلی آنها بررسی مناطق «انرژی زای» ناشناخته باشد، و به خصوص از طریق ایجاد ذره ویژه ای در برخورد و «همکوبی ها»[45] و سپس، به نظاره تباهی آن نشستن. این گونه شتاب دهنده ها را «کتابخانه» می نامند، چون عملاً به تولید انبوه پدیده هایی می پردازند که مطالعه آنها پاسخ هایی برای بعضی مسائل شتاب دهننده هایی بسیار بزرگ به ابتکار در هم آمیزند. برای متحقق ساختن »کارخانه» ها، فیزیکدانان متخصصدر زمینه شتاب دهنده ها باید دستگاههایی ابداع کنند که «دخشش»[46]، یا میزان همکوبی ذره ها، در آنها حداقل 100 برابر شتاب دهنده های معمولی

باشد. در حال حاضر، چند «کارخانه» در مرحله برنامه ریزی است. یکی از آنها کارخانه فی(f) است که «دافنه»[47] نامیده می شود و برای کار در فراسکاتی (ایتالیا) در نظر گرفته شده است. ذره f حاصل 1/02 میلیارد الکترون ولت انرژی همکوبی است و بنابراین مستلزم شتاب دهنده ای است که بتواند دو تابه ذره ای را که هر یک از آنها بیش از 500 میلیون الکترون ولت انرژی داشته باشد، به یکدیگر بکوبد. ذرهٔ f حالت خاصی از مکانیک کوانتومی است و تباهی[48] آن به دانشمندان امکان می دهد که بعضی مسائل کلیدی را دربارهٔ ماهیت مکانیک کوانتایی و پدیده دیگری به نام نقص CP[49] (نوعی عدم تقارن خفیف ولی احتمالاً بسیار پرمعنا در رفتار بین ماده و ضد ماده) مطرح سازند. ساخت دافنه در اوایل 1993 شروع نشده و امید می رود در ظرف دو سال تکمیل شود. علت سرعت عمل در ساخت این دستگاه آن است که دانشمندان فراکساتی خواسته بودند با ساختن دافنه ذر همان ساختمانی که یک دستگاه در حال کهنه شدن را در خود جای داده بود، عملاً از نوعی «میانبر زمانی» استفاده کنند.

نوع دیگری از «کارخانه»ها را می توان برای مطالعه منطقه انرژی زایی بین 3/5 تا 4 میلیارد الکترون ولت ساخت. این نوع شتاب دهنده می تواند به تولید انبوه دو نوع ذره مختلف و جالب توجه بپردازد: لپتون[50]های «تو»[51] (خویشاوندهای سنگین الکترون) و مزون های مسحور[52] (نرون های حاوی ذرات بنیادین به نام کوارک[53]های مسحور) که تباهی نادر آنها دریچه ای به سوی پدیده های انرژی بالا می گشاید. «کارخانه»ای از این نوع (B) مراحل برنامه ریزی خود را در ژاپن می گذراند و یکی از آن نیز برای امریکا در مرحله بحث و مذاکره است. در طی دهه 1980، دانشمندان در «مرکز شتاب دهنده خطی استانفورد» عظیم ترین شتاب دهنده خود را به یک «کارخانه Z» بدل کردند (ذره Z° در تقریباً 91 میلیارد الکترون ولت ایجاد می شود)، ولی این دستگاه عملاً ناکام ماند چرا که خیلی زود به وسیلهٔ شتاب دهندهٔ

بزرگتر مرکز اروپایی تحقیقات هسته ای، «همکوب بزرگ الکترون – پوزیترون»[54] (LEP)، از میدان خارج شد.

در صورتی که «کارخانه»ها مظهر ابتکار و نواوری در گزینش پدیده های جالب توجه برای مطالعه شمرده می شوند، آزمایشگاه های زیر زمینی نوعی میانبر در انجام آزمایش هایی محسوب می شوند که به طور معمول در سطح مسائل مربوط به پروژه های غول اسا بدان ها نیاز می افتد. این آزمایشگاه ها از کره زمین به عنوان حفاظتی برای دفع پرتوهای کیهانی استفاده می کنند. در چنین شرایطی می توان به آزمایش هایی دست زد که آشکار ساز پدیده هایی کاملاً غیر متعارف هستند؛ پدیده هایی که در نبود چنین شرایطی فقط ممکن است به وسیلهٔ شتاب دهنده های بی نهایت عظیم و دست نیافتنی آشکار شوند. از جملهٔ این پدیده ها می توان به تباهی پرتوان اشاره کرد که به طوری نظری پیش بینی ولی مشاهده آن هنوز ممکن نشده است و یا «تک قطب معناطیسی»[55] (نوعی ذرهٔ فرضی که فقط دارای یک قطب (شمال یا جنوب) است؛ یا نوسان «نوترینو»[56]، پدیدهٔ مفروضی که به موجب آن نوترینو (یکی از ذره های بنیادین که دارای سه نوع متفاوت است) در حال جهش از یک نوع بع نوع دیگر مبدل می شود. عظیم ترین این گونه آزمایشگاه های زیر زمینی در زیر کوه های «گران ساسو»[57] در ایتالیا ساخته شده است که دانشمندانی از دوازده کشور در آنجا به آزمایش های مختلفی مشغول هستند.

به سوی وابستگی متقابل چند ملیتی

به همان نسبت که علم چند ملیتی به طور مداوم رشد می یابد و تحقیقات علمی بیش از پیش به آزمایش های غامض و پردامنه ای نیاز پیدا می کند، انگیزه های لازم برای یافتن چنین میانبرهایی نیز افزایش می یابد و نتیجهٔ نهایی عبارت از همکاری های وسیع تر میان دانشمندان جهان و وابستگی های متقابل و هر چه بیشتر در زمینه لوازم و ابزار کار و روش های عملیاتی به منظور

افـزایش وسـایل و امکانـات لازم بـرای کاوش طبیعت خواهد بود.

بـرای مثـال، غارهـای مصـنوعی آزکایشگاه زیرزمینی عظیم گـران ساسـو در جهـت آزمایشـگاه «مرکـز اروپـایی تحقیقات هسته ای» - که صـدها کیلـومتر دورتـر از آن قـرار دارد – سـاخته شـده اسـت. ایـن جهـت بنـدی از درون غارهـا قابل تشخیص نیست و در هـیچ نقشـه ای هـم مـنعکس نشـده اسـت. فقـط طراحـان آزمایشـگاه ساسـو در همـان اوایـل کـار پیش بینی کردند که ممکن است در آینـده نوعی آزمایش مشترک بین این دو مرکـز تحقیقاتی بـزرگ ضـرورت یابـد، خاصـه آنکـه قـرار بـود در «مرکـز اروپـایی تحقیقات هسته ای» شتاب دهنـده بزرگـی به تولید نوترینو بپردازد و این نوترینوهـا را می توانستند پـس از عبـور آنهـا از دل زمـین، در آزمایشـگاه ساسـو بـه قصـد مطالعه نوسان نوترینوها ردیـابی کـرد و آشکار سازند.

چنین آزمایشی هنوز به مرحلهٔ اجـرا در نیامده و بنابراین جهت بندی یاد شـده در بالا تا کنون فایده ای جز بـر انگیخـتن کنجکاوی نداشته اسـت. بـا ایـن وصـف، همین نکته کوچک و با ظاهر نـاچیز – کـه ممکن است در چند دهه آینده نقشی بـس مهـم و حیـاتی ایـف کنـد – نشـانه ای مشاهده نشدنی از وابستگی هـای متقابـل و فزاینده پـروژه هـای علمـی و همچنـین چشـم انـداز گسـترش یابنـده ای از وابستگی هـای متقابـل و روبـه رو رشـد تحقیقات علمی در کشورهای مختلـف بـه دست می دهد.

یادداشتها

1- Superconducting Super Collider (اَبَر)

(همکوب هادی

2- Genome
3- Big Business
4- Big Science
5- Alvin Weinberg
6- Oak Ridge
7- Alan Shepard
8- Freedom 7
9- Science
10- moneyitis
11- Joumalitis
12- administratitis
13- Derek de Solla Price
14- Big science & Little science
15- exponential
16- منظور پروژه تدارک بمـب اتمـی در اواخـر جنگ جهانی دوم است. –م.
17- logistic growth
18- Andreas Vesalius
19- Titian

20- De humani corporis fabrica libri September
21- Human Genome Organization
22- Tycho Brahe
23- Ven
24- Iraniborg
25- Copernican theory، منظـــور نظریـــهٔ خورشید مرکزی در منظومه شمسی است. ـ م.
26- electric fluid
27- Tuileries Palace
28- microwave technology
29- hydroelectric
30- پدیده هدایت متقابل بلورهای مواد مختلـف، ناشی از مشابهت های بسیار نزدیک در آرایـش اتم های رویه های مشترک. ـ م.
31- x – ray
32- Centre Europ'een des Recherches Nucleaire (CERN)
33- detector
34- Boris Hessen
35- Robert Merton
36 Thomas Kuhn
37- Big Bertha
38- Cosmotron
39- Brookhaven
40- Bevatron
41- synchrotron
42- Alan Mollohan
43- Enrico Fermi
44- beam
45- collisions
46- liminusity
47- Daphne
48- Decay
49- cp violation
50- leptons
51- Tau، نهمین حرف الفبای یونانی، معادل T در الفبای انگلیسی. ـ م.
52- Charmed mesons
53- Quark
54- Larg Electron – Positron collider
55- magnetic monopole
56- Neutrino oscillation
57- Gran Sasso

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی