

کلان علم^۱

نویسندگان: تامس رچفرد و اومبرتو کولومبو

مترجم: موسی اکرمی



دولتها، شرکتها و دیگر نهادها منابع هنگفتی را در پژوهش علمی سرمایه‌گذاری می‌کنند. در دهه‌های اخیر، این سرمایه‌گذاری با آهنگ بسیار سریعی افزایش یافته است. کل سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بین دو تا سه درصد تولید ناخالص داخلی بیشتر کشورهای بزرگ و صنعتی است.

در سالهای اخیر، طرحهای پژوهشی بسیار بزرگ بخش فزاینده‌ای از بودجه پژوهشی، بویژه بودجه‌های پژوهشی دولتی را به خود اختصاص داده‌اند و این تعجب‌آور نیست زیرا با آنکه دانش ما درباره جهان هستی روبه فزونی است اما رازهای برجای مانده طبیعت از پیچیدگی، ظرافت و ناپیدایی زیادی برخوردارند و به همین دلیل، به طرحهای پژوهشی بزرگتر و پرهزینه‌تری برای گشودن دست که برخی از این رازها نیاز داریم. این تنها موضوعی مربوط به ارضای حس کنجکاوی آدمی نیست. شناختی که بدین سان به دست می‌آید ممکن است برای برخی از مسائل مرموز انسانها در نسنهای آینده پاسخهایی را فراهم سازد. از جمله مصادیق این امر می‌توان از نیاز به غلبه بر گرم شدن زمین ضمن برآوردن نیاز فزاینده به انرژی و کوششی با همه توان برای رویارویی با مشکل حاد شونده بیماریهای واگیرداری چون ایدز نام برد. تنها با ایجاد تغییراتی در علم بهداشت یا رعایت اصول بهداشت نمی‌توان از چنین بیماری‌ای (ایدز) جلوگیری کرد.

در برابر انتظارات بالا، این احتمال وجود دارد که دانشمندان در آینده‌ای قابل پیش‌بینی با کاهش شدید سرمایه‌مواجه شوند. در این میان بویژه کلان طرحهای سرمایه‌بر عنمی و فنی در معرض خطرند. در زمانی که منابع مالی با کمبود روبه‌رو است، این کلان طرحها را به‌طور فزاینده‌ای بر پایه هزینه‌های آنها، تعداد شغلهایی که ایجاد می‌کنند، نقش آنها در رقابت اقتصادی و جایگاه مستقیم آنها در نیازهای اجتماعی مورد قضاوت قرار می‌دهند و نه بر پایه اعتبار عنمی آنها. این تغییر در مبانی توجیه کلان طرحها ممکن است به این معنی باشد که با توجه به نقش عامل زمان در علم بزرگ، چندین کلان طرح در حال اجرا، که از «عصر ضلایی» گذشته علم به جامانده‌اند، تحت نظارت شدیدتری قرار خواهند گرفت. برخی از سیاستگذاران اعتقاد دارند در صورتی که این امر به معنای که کردن سرعت پیشرفت عنمی است، بگذار چنین باشد چرا که این کار موجب آزادی عمل زیادی برای سیاسی کردن علم و نقش گروههای

فشار - اعم از گروه‌های فشار علمی و غیره - است. به موازات این امر، در چندین زمینه علمی، محدودیتهای سرمایه‌گذاری ملی موجب افزایش علاقه به همکاری بین‌المللی می‌شود.

روند افزایشی طرح‌های تحقیقاتی بزرگ پرهزینه‌تر موجب بروز اختلافی در جامعه علمی، در سالهای اخیر شده است. طرفداران «علم کوچک»^۳ با این استدلال که منافع اقتصادی به طور طبیعی تری از علم کوچک پدید می‌آید، با بودجه‌های علم بزرگ مخالفت کرده‌اند. افزون بر این، رشته‌های علمی خاصی همچون فیزیک انرژی بالا و اخترشناسی نسبت به رشته‌هایی چون فیزیک ماده چگال، شیمی آبی یا زیست‌شناسی مولکولی وابستگی بسیار بیشتری به طرح‌های پژوهشی بزرگ دارند. این امر، پژوهشگران برخی از زمینه‌های علمی را به این ادعا کشانده است که سرمایه‌گذاری طرح‌های علمی بزرگ به هزینه خود آنان است.

پاسخ دادن به پرسش «علم بزرگ و علم کوچک چیست؟» همواره آسان نیست. برای مثال، کلان طرح‌هایی چون چشمه نور سنکروترونی در حمایت از طرح‌های علم کوچک اجرا شده به وسیله تعداد زیادی از پژوهشگران منفرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. آیا این گونه تسهیلات را باید برای بودجه علم کوچک یا علم بزرگ قائل شد؟

آنچه در ارتباط با مسأله محل تأمین وجوه طرح‌های علم بزرگ نقش بنیادین دارد، مفهوم بودجه «علمی» یا «پژوهشی» است. آیا دولت‌ها بودجه علمی ثابتی دارند؟ آیا در صورت لغو شدن پروژه‌های علم بزرگ، سرمایه آنها به علم کوچک اختصاص می‌یابد؟

کلان علم چیست؟

در این بخش، از اصطلاح کلان علم بهره می‌گیریم تا برنامه‌ها یا طرح‌های پژوهشی علمی بسیار بزرگ و عمدتاً پایه‌ای را دربرگیرد. طرح‌های فنی بزرگ، همچون ایستگاه فضایی که پژوهش پایه‌ای در آنها نقش درجه اول را ندارد، مشمول کلان علم نمی‌شوند. از آنجا که برخی از طرح‌های کلان علمی (کلان طرح‌ها) نیاز به ساخت و کاربرد ابزارهای بسیار گران و از نظر فنی، پیچیده دارند، ترسیم خط تمایز همواره آسان نیست. برای نمونه، یکی از کلان طرح‌های بسیار فنی، یعنی «واکنشگر تجربی گرما هسته‌ای بین‌المللی» (ITER)، در مرز بین علم و تکنولوژی قرار گرفته است زیرا دلیل علمی عملی بودن همجوشی گرما هسته‌ای کنترل شده و مداوم را، هنوز باید نشان داد. «ITER» چهار فعالیت پژوهشی بزرگ جهان در زمینه گرما هسته‌ای را به هم پیوند می‌دهد (ایالات متحده آمریکا و کانادا، اتحادیه اروپا، ژاپن و روسیه).

در این بخش، کلان علم لزوماً به آزمایشگاه‌های مجتمع و بزرگی چون «آزمایشگاه مینی بروکهیون» یا یکی از مؤسسه‌های ماکس پلانک برنمی‌گردد. مقیاس پژوهش در این آزمایشگاه‌ها یقیناً در حد بسیاری از کلان طرح‌هاست؛ اما آنها فاقد همسازی درونی و هدف‌های واحد کلان طرح‌های واقعی هستند.

ما به دو کلان طرح از دو نوع اساساً متفاوت اشاره می‌کنیم.

آیا بودجه علمی وجود دارد؟

بسیاری از دانشمندان به وجود «بودجه علمی» اعتقاد راسخ دارند و طرح‌های پژوهشی برای دریافت بخشی از آن بودجه با هم رقابت می‌کنند. این دانشمندان از آن بیم دارند که کلان طرح‌های جدید بخشی از بودجه‌های عرضه‌های علمی دیگر را، که مجموع آنها ثابت است، به خود اختصاص دهند.

محتمل‌تر این است که هر کلان طرح مستقل، با دلایل و حمایت‌های سیاسی متفاوت، توجیه شود. سرمایه‌های کلان طرح‌ها در گذشته غالباً از بودجه‌های موجود تحقیق و توسعه تأمین نشده‌اند بلکه هزینه فوق‌العاده بوده‌اند. هنگامی که کلان طرح‌ها پیش از تکمیل لغو شده‌اند - مانند آنچه در سال ۱۹۹۴/۱۳۷۳ در مورد «آیتر برخورد دهنده آیتر رسانا» در آمریکا اتفاق افتاده - هزینه خرج نشده از عرضه پژوهش خارج شد.

یو.برکوزین، رئیس شورای سرن و وزیر پیشین علم در فرانسه، این دیدگاه را در سال ۱۹۹۴/۱۳۷۳، در کنفرانسی درباره مؤسسات بزرگ در فیزیک جمع‌بندی کرد. وی گفت: «بخشی از دانشمندان معمولاً فکرمی‌کنند که با همان پول می‌توان کارهای دیگر زیادی را انجام داد. مسأله این است که همان مقدار پول همواره در اختیار نخواهد بود؛ اگر پول در یک زمینه علمی خرج نشود امیدی برای انتقال آن به زمینه دیگر وجود ندارد. پرسش مهم این است که آیا آینده همانند گذشته خواهد بود؟ پاسخ روشن نیست زیرا دولت‌ها با فشارهایی در زمینه بودجه مواجه هستند که شباهتی به فشارهای اعمال شده به دست کم دو نسل گذشته ندارند. در واقع، همکاری بین‌المللی در کلان علم را می‌توان همچون تنخواه گردانی برای طرح‌های علمی بزرگ در دورانی از سختی و ریاضت دانست.

■ کلان طرح متمرکز، همچون تلسکوپ فضایی و «تأسیسات اروپایی تابش سنکروترون»؛

■ کلان طرح نامتمرکز، همچون «برنامه‌های پژوهشی تغییر آب و هوای [هوای] جهانی» گوناگون و مرتبط با هم که «گروه بین‌المللی آژانس‌های تأمین بودجه برای پژوهش درباره تغییر آب و هوای [جهانی]» (IGFA) آنها را هماهنگ می‌کند و «شرح ژنوم انسانی».

کلان طرح‌های متمرکز

درک کلان طرح‌های متمرکز آسان است. آنها را می‌توان با محل جغرافیایی تشخیص داد و در آنها سرمایه‌گذاری ثابت قابل توجهی صورت می‌گیرد. مؤسسات وابسته به جا و فضا از نظر مکان تفاوت‌های آشکاری دارند، اما در عین حال در اصول یکسان هستند.

این کلان طرحهای متمرکز ممکن است به یک آزمایش خاص یا گروهی از آزمایشهای وابسته در یک زمینه محدود اختصاص یابند؛ چنان که یک شتابدهنده چنین خصوصیتی را دارد. برعکس، ممکن است کلان طرحهای متمرکز از دستگاههای خاصی، همچون چشمه‌های نورسنکروترونی و/یا چشمه‌های نوترونی، تشکیل شده باشد که پژوهشگران به طور گسترده‌ای از آنها در زمینه‌های علم کوچک سستی همچون فیزیک ماده چگالی و در دیگر رشته‌ها از قبیل شیمی و علوم پزشکی استفاده می‌کنند.

کلان طرحهای نامتمرکز

کلان طرحهای نامتمرکز، همان گونه که از نامشان برمی‌آید، وابسته به یک مکان جغرافیایی خاص نیستند. دانشمندان مؤسسات متعدد و از جاهای مختلف در آنها شرکت می‌کنند و بودجه مورد نیاز غالباً از منابع گوناگون تأمین می‌شود. چه بسا پژوهشگران از چندین رشته علمی در این طرحها به کار مشغول شوند همان گونه که در «برنامه‌های پژوهشی تغییر [آب و هوای] جهانی» دیده می‌شود.

یک کلان طرح نامتمرکز را چگونه می‌توان از مجموعه پژوهش در یک حوزه یا زیر حوزه علمی متمایز کرد؟ نخست اینکه در کار پژوهش، یک موضوع اصلی باهدفی عنمی یا اجتماعی، وجود دارد. در این مورد می‌توان مشخص کردن ژنوم انسانی یا تعیین میزان تغییر آب و هوای زمین و فهم آن را مثال زد. دوم اینکه، معمولاً یک یا چند گروه هماهنگ کننده برای پژوهش وجود دارد. این گروههای هماهنگ کننده می‌توانند دولتی باشند یا نباشند و می‌توانند هم مسائل علمی و هم مسائل مربوط به سرمایه را به عهده بگیرند. بسیاری از کلان طرحهای نامتمرکز - اگر نه بیشتر آنها - به ایجاد تمرکز در گردآوری اطلاعات نیاز دارند تا نتایج آزمایشهای گوناگون گردآوری و بایگانی شوند و مجامع علمی و مراکز سیاسی و اداری سراسر جهان بتوانند به آنها دسترسی داشته باشند.

گنجاندن کلان طرحها در دو گروه متمرکز و نامتمرکز همیشه آسان نیست. اقیانوس نگاری را معمولاً کلان طرح نامتمرکز می‌دانند؛ هرچند با افزایش سریع و بی‌رویه هزینه‌های کشتیهای آینده، در حال حاضر کشتیهای حفاری را بیشتر شبیه تجهیزات کلان علم به حساب می‌آورند؛ حتی شتابدهنده‌ها - که شاید کاملاًترین نمونه کلان طرحهای متمرکز باشند - بخش قابل توجهی از هزینه‌های خود را از بهره‌گیران گوناگون و اغلب بین‌المللی - که آزمایشهایی انجام می‌دهند و تهیه بسیاری از ابزارهای آزمایشی خود را برعهده می‌گیرند - تأمین می‌کنند.

رشد کلان علم

کلان علم پدیده‌ای کاملاً نوین نیست. در سده شانزدهم میلادی (سده دهم هجری شمسی)^۴، رصدخانه نجومی بزرگ «توکوبراهه» که حکومت دانمارک آن را بنا کرده بود، یکی از کلان طرحهای عنمی روزگار خود بود. سرمایه‌گذاری در این زمینه نتیجه خوبی داد، هر چند این نتیجه لزوماً برای حکومت دانمارک نبود. با مطالعات دستیار

داده‌ها

داده‌ها کلان طرحهای نامتمرکز و پخش شده را به همدیگر پیوند می‌دهند و عنصر افزایش یابنده‌ای از این گونه فعالیتها هستند که گاهی بر حسب تریاییت^۵ اندازه‌گیری می‌شوند. جمع‌آوری، ساماندهی، ارزیابی و توزیع داده‌ها در موفقیت این گونه کلان طرحها نقشی قاطع دارند. از جمله عرصه‌های عمل برای آینده می‌توان از معیارین‌سازی و کنترل کیفیت جمع‌آوری داده‌ها و داده‌پردازی و ایجاد شرایط لازم برای دستیابی همه پژوهشگران ذی‌صلاح سراسر جهان به آنها را نام برد.

براهه، یوهانس کیپلر، زمینه تدوین و گسترش جهان‌نگری نیوتنی که به مدت بیش از ۳۰۰ سال غالب بود، فراهم شد.

در ایالات متحده آمریکا شاید موفقترین طرح قدیمی در مقیاس کلان علم، سفر اکتشافی لوئیس و کلارک در اوایل سده نوزدهم بود. بیش از صد سال بعد، ارنست لاورنس دستگاهی را طراحی کرد که اتمها را می‌شکافت و هسته را می‌کاوید. سیکلوترون لاورنس، برای زمان خود، سرمایه ثابت و متغیر زیادی را هزینه کرد.

جنگ جهانی دوم نه تنها رابطه میان علم و دولت را تغییر داد، بلکه سرمایه‌هایی را نیز برای کلان طرحی واقعی فراهم ساخت. طرح مَهْتَن، با وجود آنکه علمی یا فنی بودن آن مورد چون و چراست، یقیناً گستره علم پایه را گسترش بخشید. حجم این طرح بی‌سابقه بود: هزینه‌ای برابر با دو میلیارد دلار آمریکا، در مقایسه با حدود ۷۰ میلیون دلار آمریکا هزینه دولت مرکزی برای کل بخش تحقیق و توسعه در سال ۱۳۱۹-۱۹۴۰.

برآورد هزینه کلان علم

هیچ‌گونه قاعده‌ای کلی که مقبول همه باشد برای محاسبه هزینه‌های کلان طرحها یا تشخیص کمیته‌تر از سرمایه‌گذاری برای آنکه یک طرح برجسب «کلان طرح» به دست آورد وجود ندارد. البته، عواملی مانند هزینه مطلق، هزینه نسبت به کل سرمایه دولتی همه بخشهای تحقیق و توسعه غیر نظامی یا کل بودجه زمینه علمی‌ای که کلان طرح در آن زمینه اجرا خواهد شد، وجود دارند. هزینه فوق‌العاده زیاد کلان طرحها مانع غیرقابل عبوری برای کشورهای کوچکتر برای تحقق بخشیدن یک کلان طرح در چهار چوب ملی است. اما حتی کشورهای بزرگتر نیز بر عهده گرفتن کلان طرح را بدون همکاری بین‌المللی روزبه‌روز دشوارتر می‌یابند. بسیاری بر این عقیده‌اند که سرمایه‌گذاری برای کلان طرحها نسبت به سرمایه‌گذاری برای پژوهش سرعت بیشتری یافته است. برای نمونه، نتیجه بررسی سرمایه‌گذاری کلان طرحها در آمریکا از سوی «اداره بودجه مجلس قانونگذاری آمریکا» و «اداره حسابداری کل» در سال ۱۳۷۱/۱۹۹۲ این بود که کلان طرحها از نظر بودجه پژوهشی، دیگر عرصه‌های

پژوهش را تحت فشار قرار می‌دهند. اما این نتیجه‌گیری فرض را بر این قرار داده است که بودجه پژوهشی ثابت است و پول را می‌توان از یک طرح یا زمینه علمی به طرح یا زمینه علمی دیگر منتقل کرد، در حالی که احتمالاً این چنین نیست.

چه مقدار از کل بودجه پژوهشی به کلان طرحها انتقال می‌یابد؟ تجزیه و تحلیلی از بودجه پژوهشی آمریکا از سوی «دایره پژوهش کنگره» نشان می‌دهد که کلان طرحها حدود ۱۰ درصد کل بودجه تحقیق و توسعه دولت مرکزی برای سالهای مالی ۱۹۹۵-۱۹۹۱ را به مصرف رسانده‌اند. اگر هفت کلان طرح غیر نظامی ای را که «دایره پژوهش کنگره» به رسمیت شناخته است بررسی کنیم و بودجه‌های آنها را با کل بودجه پژوهشی پایه‌ای دولت مرکزی بسنجیم، نسبتی که به دست می‌آید در حدود ۱۵ درصد است. بنابراین، برآورد معقول این است که کلان طرحها بین ۱۰ تا ۲۰ درصد از بودجه پژوهشی دولت مرکزی آمریکا را به مصرف می‌رسانند.

علل حمایت دولتها از کلان طرحها

دولتها به چندین علت از کلان طرحها حمایت می‌کنند. در روزگاران دور، بوالهوسی امپراتوران و شاهان اهمیت زیادی در این زمینه داشت. اقتصاد سوداگرانه محرک اکتشافهای جغرافیایی و علمی بود. در سالهای اخیر، حداقل تا پایان جنگ سرد، ملاحظات مربوط به امنیت ملی اهمیت بیشتری یافته است. اما مد و سلیقه روز در زمینه علمی هنوز تأثیر قابل توجهی دارد. مد ممکن است دیگر تأثیری در جو فکری «ورسای» یا «برلین» نداشته باشد اما هنوز هم در تبیین علت سرمایه‌گذاری در زمینه‌هایی خاص که ممکن است مورد حمله رسانه‌های گروهی قرار گیرند، به ما کمک می‌کند. قدرت گروههای فشار در اعمال فشار برای سرمایه‌گذاری در اموری خاص گاه می‌تواند مؤثرتر از هرگونه توجیه علمی عقلانی اولویت در نظر گرفته شده باشد. به همین سان، تغییراتی در مد می‌تواند دیدگاههای قبلاً پذیرفته شده درباره سودمندی کلان طرحها را ناگهان تغییر دهد و به کاهش بودجه‌های آنها بیانجامد، همان گونه که در مورد پژوهش فضایی چنین اتفاقی افتاده است.

امروزه، استدلالهایی که برای حمایت از کلان طرحها عرضه می‌شوند معمولاً بر ملاحظات علمی استوارند و در اغلب موارد، به «پرستیژ ملی» و دلایل سیاسی و اقتصادی متمسک می‌شوند تا منای علمی تحکیم شود. گستره مباحث و دلایل اقتصادی از کوتاه مدت (هزینه‌های مستقیم) تا دراز مدت (تقویت آموزش، صنایع بسیار پیشرفته و همکاری اقتصادی بین‌المللی) را در بر می‌گیرد.

روشن است که کلان علم خزانه دانش جهان را فزونی می‌بخشد و منابع معنوی، آموزشی و اقتصادی زیادی را در بردارد. بررسیهای کارشناسانه نشان می‌دهند که میزان بازدهی که از نظر اجتماعی می‌توان از این گونه پژوهشها انتظار داشت، بسیار بالاست. اما منافع درازمدت احتمالاً جهانی‌اند نه محلی یا ملی (همان گونه که در مورد رصدخانه براهه دیدیم). ارزیابی منابع درازمدت «خصوصی» یا حتی «ملی» دشوارتر است و بعد از ارزیابی معلوم می‌شود که غالباً منافع

سیرن: الگویی برای آینده؟

فکر یک «مرکز اروپایی برای پژوهش هسته‌ای» را «لویی دو بروی» یکی از پیشگامان آغازین مکانیک کوانتومی، در ۱۹۲۸/۱۳۲۸ مسطرح کرد. این فکر که رهبران علمی ای چون «پتر اوژه»، «ادوینارد و آمالدی» و «فرانسیس پرن» به سرعت از آن حمایت کردند، به صورت یک طرح از سوی «ایزیدور رابین» پیشنهاد شد و به عنوان یکی از طرحهای یونسکو مورد قبول قرار گرفت و به امضای قرارداد تأسیس سیرن در پاریس انجامید (۱۹۵۳/۱۳۳۲). به موجب یک پیمان، سیرن در ۱۹۵۴/۱۳۳۳ به وجود آمد و به دنبال آن در میزبان نزدیک جنوا، آزمایشگاهی دایر شد.

در چهل سال موجودیت سیرن تعداد اعضای آن از ۹ کشور به ۱۹ کشور رسیده است (سیرن تقریباً ۳۰۰۰ کارمند دارد و هرسال نزدیک به ۶۰۰۰ دانشمندان پژوهشگر از صدها دانشگاه و مؤسسه پژوهشی سراسر جهان میهمان آن هستند و در آزمایشهای شرکت می‌جویند که در بزرگترین آنها ۴۰۰ تا ۵۰۰ دانشمندان حضور دارند). بودجه سالانه تقریباً یک میلیارد فرانک سوئیس آن بین کشورهای عضو، عموماً به نسبت تولید ناخالص ملی آنها، تقسیم می‌شود.

چهار جایزه نوبل در دهه گذشته نصیب دانشمندان سیرن شده است و پنج برنده جایزه نوبل در آن مشغول پژوهش هستند. برنامه پژوهشی سیرن با تعدادی «ماشین» بسیار بزرگ دچار تحول شده است. در حال حاضر، طرح «برخورد دهنده بزرگ هادرونی» (LHC) - که بدیله برای «آبر برخورد دهنده آیس رساتا» (SSC) در امریکاست - در این مرکز در دست اجراست.

سیرن از این نظر که به موجب یک عهدنامه معتبر از تأمین بودجه پایدار و درازمدت برخوردار است منحصر به فرد است. مسأله‌ای که سیرن با آن مواجه است نه میزان بودجه آن به طور کلی، بلکه بهترین شکل تعیین سهم طرحهای رقیب از بودجه‌های پژوهشی است.

غیر مستقیم از قبیل منافع مرتبط با آموزش هستند.

نقش دانشمندان

همان گونه که انتظار می‌رود، محکمترین پشتیبان یک کلان طرح دانشمندان هستند که در زمینه پژوهشی مرتبط با آن کلان طرح کار می‌کنند. طرحهای پیشنهادی برای کلان طرحهای جدید از سوی دانشمندان - که معمولاً گروههای رسمی و باغیر رسمی را خارج از دولتها تشکیل می‌دهند - آغاز می‌شود. این طرحهای پیشنهادی

هیجان انگیزترین چالشهای علمی در زمینه‌ای خاص را مورد توجه قرار می‌دهند. در برخی موارد نیز این طرحها حاصل تلاشهایی هستند که برای اولویت‌بندی زمینه‌های پژوهشی سازمانهای علمی معتبر صورت می‌گیرند. برخی از طرحهای پیشنهادی نیز از نهادهای بین‌المللی ای سرچشمه می‌گیرند که مسؤول کلان طرح خواهند بود. هیچ قاعده دقیق و غیر قابل‌تغییری برای کسب حمایت از یک کلان طرح بالقوه وجود ندارد. شیوه معمول آن است که گروه علمی علاقه‌مند نقطه نظریات خود را به آژانس پژوهشی ملی‌ای که منبع اصلی تأمین بودجه برای زمینه پژوهشی مربوط است، عرضه کند. ممکن است بودجه اولیه‌ای برای بررسی مسأله عملی بودن طرح تخصیص یابد. آنچه در اجرای تصمیم تأثیر قاطع دارد عبارتند از برآوردهای هزینه و انتخاب محل و آیا پیمانکار. تصمیم را آژانس می‌گیرد و در مورد کلان طرحهای واقعاً بزرگ (بودجه‌های تشکیل دهنده بخش مهمی از کل بودجه تحقیق و توسعه آژانس برای زمینه علمی مرتبط با کلان طرح) در سطوح عالی دولت به تصویب می‌رسد. برآوردهای پایین از هزینه‌های اجرا امری غیرعادی نیست و در نهادهای گوناگون مرسوم است. خوش بینی افراطی و گاهی متعصبانه حامیان ممکن است موجب تصویب اولیه یک کلان طرح بزرگ شود. اما افزایش بیش از حد هزینه و تأخیر در کار اجرا به زودی موجب تردید نسبت به موجه بودن طرحهای آینده حتی در دیگر عرصه‌های علمی می‌شود. این مسأله با این واقعیت پیچیده‌تر می‌شود که متوقف کردن کلان طرحها هنگامی که بودجه آنها تأمین شده، دشوار است. چنین تصمیم‌گیری‌ای با نگرانی و زحمت بسیار همراه است.

دانشمندان در سالهای اخیر در حمایت از کلان طرحهای خاص از محدوده جامعه علمی و آژانسهای پژوهشی ذی‌ربط فراتر رفته‌اند. در امریکا، مردم با اعمال نفوذ در کنگره و تلاشهای تبلیغاتی پرخاشگرانه روبرو افزایش آشنایی دارند. در کشورهای دیگر وضع خیلی بهتر نیست. در ژاپن و اروپا گروههای فشاری که از کلان طرحهای خاصی با بودجه زیاد حمایت می‌کنند ممکن است افکار تصمیم‌گیران و همچنین اکثر دانشمندان فعال و زمینه‌مورد نظر را تحت تأثیر قرار دهند.

تغییر ایستارهای ملی

کلان طرحها به طور سنتی ابتکارهای ملی بوده‌اند. اطلاعات مربوط به کلان طرحهای برنامه‌ریزی شده در اختیار عموم قرار گرفته است و کشورها یا گروهی از کشورها با پرداخت سهم خویش در تأمین هزینه کلی کلان طرحها شرکت جسته‌اند. مقررات دستیابی دانشمندان به مؤسسات عموماً برپایه شایستگی و اعتبار بوده‌است و استفاده کنندگان تنها هزینه آزمایشهای، خود را می‌پرداخته‌اند. تبعیض جغرافیایی نیز اندکی مشهود بوده است.

این وضع در حال تغییر است. چندین علت بنیادین برای این تغییر وجود دارد. از جمله این علتها رشد سریع هزینه‌های کلان طرح از یک سو و ثابت ماندن یا کاهش بودجه‌های دولتی تحقیق و

واکنشگر تجزیه گرما هسته‌ای بین‌المللی (ITER)

فکر اصلی طراحی و ساخت نخستین واکنشگر گرما هسته‌ای در چندین گردهمایی سران - که با ملاقات میتران و گورباچف در پاریس (۱۹۸۵/۱۳۶۴) آغاز شد - مطرح گردید.

همکاری در حمال پیشرفت چهارجانبه (اتحادیه اروپا، ژاپن، روسیه و ایالات متحده امریکا) درباره یک «واکنشگر تجزیه گرما هسته‌ای بین‌المللی» (ITER)، زیر نظر «آژانس بین‌المللی انرژی اتمی» (IAEA)، نمونه منحصر به فردی از همکاری جهانی در زمینه علم بزرگ است. هدف این همکاری عبارت است از طراحی مهندسی کامل واکنشگر تا تیرماه ۱۳۷۷/ ژوئیه ۱۹۸۸ و شرکت در بخش «تحقیق و توسعه» آن. سپس کاملاً به اتحادیه اروپا پیوسته است و کانادا و قواستان به ترتیب از طریق امریکا و روسیه در این کلان طرح شرکت جسته‌اند.

هدف برنامه «واکنشگر تجزیه گرما هسته‌ای بین‌المللی» اثبات عملی بودن علمی و فنی استفاده از انرژی همجوشی برای مقاصد صلحجویانه است. انتظار می‌رود هزینه طراحی مهندسی این واکنشگر حدود ۱/۲ میلیارد دلار (با سهم مساوی اعضا) باشد که شش سال طول می‌کشد و مینایی استوار برای تصمیم‌گیری درباره ساخت خود واکنشگر فراهم می‌سازد. کار طراحی را یک تیم مشترک متشکل از بیش از ۲۰۰ متخصص و چهار تیم داخلی انجام می‌دهند. مراکز تیم مشترک در ژاپن، امریکا و آلمان قرار دارند. چهار طرف قرارداد، وظایف مربوط به تحقیق و توسعه پشتیبانی را مشترکاً بر عهده می‌گیرند.

برای مرحله ساخت بنا موافقتنامه جدیدی لازم خواهد بود. بر سر انتخاب جایگاه ساختمان، چون و چراي خاصی وجود دارد. ایجاد بنا می‌تواند در سال ۱۳۷۷/۱۹۹۸ آغاز شود و اتمام آن با هزینه‌ای در حدود ۶/۵ میلیارد دلار، حدود هشت سال به درازا خواهد کشید. واکنشگر تجزیه گرما هسته‌ای بین‌المللی، حدود ۲۰ سال کار خواهد کرد.

توسعه از سوی دیگر است. ایستارهای عمومی در برابر علم و پژوهش در کل تأثیر کمتری یافته است. روزه روز نسبت به مشکلاتی که کشورهای حامی و مسؤول در کسب منافع درازمدت از کلان طرحها دارند، وقوف بیشتری حاصل می‌شود. همچنین، پایان جنگ سرد مسأله تحقیق و توسعه بین‌المللی را با تغییر مواجه ساخته

و تأثیر استدلال‌های مبتنی بر امنیت را در حمایت از تقدم علمی ملی کاهش داده است. در عین حال، شرایط استفاده آزاد، بویژه هنگامی که مؤسسه با ظرفیت کامل مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، به صرفه‌تر است. سرانجام مصلحت‌گرایی اقتصادی از تأثیر استدلال مبتنی بر پرستیژ و اعتبار ملی کاسته است.

بین‌المللی کردن کلان علم

به مدت چندین قرن علم و تحقیق احتمالاً بین‌المللی‌ترین فعالیت انسان بوده است. برای دانشمندان، همکاری بسیار نزدیک با همکاری‌های بس دورتر از کسانی که در دانشگاهها و دیگر نهادهای پژوهشی متبوع کار می‌کنند، یک امر عادی است.

این همکاری مستقل از موقعیت مکانی در سالهای اخیر، بویژه از زمان جنگ جهانی دوم، به علت پیشرفت‌های تکنولوژی، آسانتر و ارزاتر شده است. ارتباطات آبی و تقریباً مجانی است. مسافرت سریع است و هزینه کمتری دارد و تشریفات و مقررات اداری آسان که در گذشته بود، پیچیده نیست. می‌توان نتیجه گرفت که محیط برای بین‌المللی کردن پژوهش آماده است و دست نامرئی بازار فعالیتهای پژوهشی مشترک را به حد کمال می‌رساند.

گرایشهای جاری و شرایط سیاسی

شواهدی برای افزایش همکاری پژوهشی برون‌مرزی، هم در زمینه علم بزرگ و هم در زمینه علم کوچک وجود دارد. تعداد موافقتنامه‌های علمی و فنی دو جانبه میان کشورها روند افزایشی داشته است. نوشتن مقاله‌های پژوهشی مشترک بین دانشمندان از کشورهای گوناگون در حال رشد است. آژانسهای تخصصی متعددی برای تسهیل همکاری بین‌المللی در زمینه پژوهش پدید آمده است که تعدادی از آنها در دستگاههای تابعه سازمان ملل فعالیت می‌کنند. در این میان، بویژه نقش یونسکو در توسعه همکاری علمی در سراسر جهان بسیار ارزشمند بوده است. علاوه بر اینها، موافقتنامه‌های همکاری بین دانشگاهها و انجمنهای علمی و مهندسی در کشورهای مختلف در حال افزایش است.

با وجود آنکه به دست آوردن رقمهای بالای بودجه دشوار است اما پیشتر ناظران معتقدند که همکاری در کلان علم با سرعتی بیش از سرعت همکاری در زمینه پژوهش، به طور کلی در حال افزایش است. اروپا، در مقایسه با امریکای شمالی و ژاپن، در رأس است. همکاری علمی در اروپا پیش از این مورد توجه افراد نسبتاً اندکی قرار گرفته بود و تلاشهای فزاینده‌ای به عمل آمد تا پیوند اقتصادی و سپس پیوند سیاسی با «جامعه اروپا» پدید آید. تعدادی سازمان بین‌الدولی، از قبیل «مرکز اروپایی پژوهش هسته‌ای» (CERN)، «رصدخانه جنوبی اروپا» (ESO) و «موسسه تابش سنکروترون اروپا» (ESRF) در حال حاضر نقشهای مهمی در کلان علم اروپا و جهان ایفا می‌کنند.

هرگاه نقش قاضی دانشمندان ماورای بحار را در طرح متهنن مستحکم کنیم، ایالات متحده امریکا، همانند ژاپن و روسیه، اخیراً وارد

همکاری بین‌المللی در زمینه کلان علم شده است. علت این امر تا اندازه‌ای حجم بودجه‌های پژوهشی ایالات متحده و کلان طرحهایی بود که بودجه‌های آنها تأمین می‌شد. ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی سابق، تحت تأثیر ضروریات جنگ سرد، به طور یک جانبه طرحهای کلان علم زیادی را با هدف صریح پیشی گرفتن از دیگری آغاز کردند. ژاپن، با سرمایه‌گذاری دولتی نسبتاً کم در امر پژوهش و سنت تأکید بر پژوهش مرتبط با اقتصاد، تنها در سالهای اخیر پای در عرصه کلان علم گذاشته است.

پایان جنگ سرد همچنین شاهد تغییراتی در شرایط سیاسی کلان علم بوده است. این نکته را بیش از هر جا در ایالات متحده امریکا بیان کرده‌اند؛ جایی که رقابت با اتحاد شوروی سابق دلیلی نیرومند برای تأمین بودجه کلان طرحهای علمی بود. در حال حاضر، کنگره و کاخ سفید به این نتیجه رسیده‌اند که بسیاری از کلان طرحها در چهارچوب بودجه‌های پژوهشی ایالات متحده بیش از اندازه هزینه دارند. مضاف بر اینکه بیان این نکته از سوی دولت ایالات متحده (اما نه لزوماً عمل بدان) نسبت به «آبر بر خورده دهنده آبر رسانه» بسیار زود صورت گرفت. اروپا و ژاپن، برخلاف امریکا، در گذشته با اصل سرمایه‌گذاری مشترک در کلان طرحها مسائل کمتری داشته‌اند. یکی از دشواریهایی که احتمالاً مانع حرکت بیشتر امریکا در جهت همکاری بین‌المللی بوده است، پیچیدگی روند تعیین بودجه در آن کشور است که تضمین حفظ تعهد در تأمین بودجه فعالیتهای مشترک را دشوار می‌سازد. شهرت امریکا به عنوان «شرکت غیر قابل اعتماد» همچنان بحثهای بین‌المللی مرتبط با همکاری در کلان علم را پیچیده خواهد کرد.

مسائل سیاسی بین مجامع علمی جهان - اگر وجود داشته باشند - پیچیده‌ترند تا در جوامع وسیعتر. متخصصان زمینه‌های گوناگون پژوهشی که کلان طرحها را پیشنهاد می‌کنند عموماً خواهان آن هستند که این طرحها، به عنوان طرحهای ملی محسوب شوند. علت این امر آن است که نقشهای این دانشمندان به عنوان رهبران برنامه علمی احتمالاً برجسته‌تر است. در حسرت جوایز نوبل، کلان طرحهای ملی برای دانشمندان یک کشور منبعی برای درآمد است.

سودها و زیانها

در بین‌المللی کردن کلان طرحها، سودها و زیانهایی نهفته است و این امر تعجب‌آور نیست. هرگاه سرمایه محدودی از برنامه‌های ملی در یک کلان طرح بین‌المللی وارد شود چه بسا در تأمین بودجه و صرفه‌جوییهای ناشی از زیاد شدن حجم سرمایه‌گذاری پایداری بیشتری پدید آید. ائتلاف فکری جهانی قویتر از ائتلافهای فکری ملی رقابت‌کننده خواهند بود. ضمن آنکه، در جهان پس از جنگ سرد، استدلالهای سیاسی برای همکاری، در ازدیاد گنجینه دانش برای کل بشر استدلالهایی جذابند. وانگهی، بین‌المللی کردن کلان طرحها، بهره‌گیری از استعدادها و علمی موجود در کشورهای کوچکتر و کشورهای در حال توسعه را ممکن می‌کند و عرصه تصمیم‌گیریها را نیز گسترش می‌بخشد. یکی دیگر از امتیازهای

این‌گونه همکاری علمی گسترده‌تر، در روند انتقال دانش و آموزش ضمن پژوهش که در چنین فعالیتی مستتر است، تجلی می‌یابد.

بین‌المللی کردن کلان طرح‌ها زیانناهی نیز به همراه دارد. نخست اینکه، هرگاه کلان طرح خاصی در سطح بین‌المللی به مرحله اجرا درآید، احتمالاً نهادهای اجرایی و نظارتی پیچیده‌ای پدید می‌آیند که از نهادهای ملی کارایی کمتری دارند. دستگاههای اداری بین‌المللی مخصوصاً پرهزینه‌اند و اداره کردن آنها با کارایی لازم دشوار است. با آنکه رقابت غیر ضروری ممکن است فی‌نفسه بد باشد اما رقابت می‌تواند نوآوری و افزایش کارایی را نیز موجب شود.

تلاشهای عموماً موفقیت‌آمیز برای بین‌المللی کردن کلان طرح‌ها در اروپا، عدم کاراییهای خاصی را همراه داشته است که عمدتاً به تشکیل جلسه، عقد قرارداد و تعیین سهم منافع اقتصادی بین‌کشورهای شریک مربوط می‌شده‌اند. اما، همان‌گونه که تجربیات اخیر ایالات متحده نشان می‌دهد، در این امر آنها تنها نیستند. در ارتباط با همکاریهای بین‌المللی موفقیت‌آمیز در اروپا، برای مثال در مورد سرن، هزینه بالاسری عموماً بیش از آن است که با ارزش افزوده حاصل جبران شود.

بین‌المللی کردن کلان طرح‌ها به این معنی نیست که هر کلان طرح خاص به صورت یک فعالیت بین‌المللی درآید. روش دیگر عبارت است از تقسیم مسؤلیت ساخت و مدیریت کلان طرح‌های خاص بین کشورها مطابق قاعده‌ای مناسب و مورد توافق، باحق استفاده متقابل. در گذشته، بخشهایی از این روش مورد استفاده قرار گرفته است اما به تازگی مسأله مثل و عوض در قرار دادها (quid Pro quo) مورد تأکید قرار گرفته است.

در حال حاضر، دولت‌ها و مدیران پژوهشی در آژانسهای حامی پژوهش، در بین‌المللی کردن کلان علم سودمندی دیگری رامی‌بینند؛ موافقتنامه‌های بین‌المللی برای حمایت از یک طرح پژوهشی خاص می‌تواند به عنوان وسیله‌ای برای کنترل بودجه سودمند باشد. در این رویکرد، تلاش برای یک کلان طرح خاص یا مجموعه‌ای از کلان طرح‌ها بر پایه‌ای سیاسی صورت می‌گیرد و وظیفه تصمیم‌گیری درباره سهمیه خاص سرمایه‌گذارها، به دانشمندان واگذار می‌شود. سرن نمونه خوبی از این گونه رویکرد اروپاییان است.

آینده

با آنکه گذشته همواره در پیدا کردن دید نسبت به آینده سودمند است با این حال در مورد بین‌المللی کردن کلان طرح‌ها احتمال دارد که آینده با شرایطی که از دهه ۱۹۶۰/۱۳۴۰ وجود داشته است بسیار متفاوت باشد. درحالی که محدودیتهای مالی نیروی محرکه اصلی روی‌آوری به همکاری بین‌المللی است اما تنها نیروی محرکه نیستند.

مسائل جهانی

در جهان امروز با انبوهی از مسائل جهانی مواجه هستیم که حل راسخین آنها تنها از طریق تلاشهای دسته جمعی و مرتبط باهم برای یافتن پاسخهای جهانی امکانپذیر است. نمونه‌های روشن را می‌توان

در علوم زیست محیطی یافت. قبل از هر چیز باید از مطالعات مربوط به تغییر آب و هوا و از میان رفتن لایه ازن در جو فوقانی نام برد اما در زمینه حفاری عمیق و اقیانوس‌نگاری نیز برنامه‌های مشترکی وجود دارد. کلان طرحهایی در این زمینه‌ها در دست اقدامند. اما در زمینه بسیار مهم غذا، درجهان، کارهای زیادی باقی مانده است.

رشد تولید کشاورزی در آسیای جنوبی و آسیای جنوب شرقی حرکت به سوی نقطه اوج را آغاز کرده است. با رشد سریع جمعیت نیاز به غذا غالباً مسأله توجیه به توان محیط را تحت الشعاع قرار می‌دهد. موفقیتهای علمی گذشته، بویژه «انقلاب سبز» دهه‌های ۱۹۶۰/۱۳۴۰ و ۱۹۷۰/۱۳۵۰، محدودیتهای خود را نشان می‌دهند. به وضوح نیاز به رویکردهای مناسبتری که هنوز باید تدوین شوند وجود دارد. باید خود را برای جهانی با ده تا دوازده میلیارد جمعیت آماده کنیم که کمتر از دو میلیارد نفر از آنان در شمال ثروتمند زندگی خواهند کرد. کلان علم می‌تواند امید اجتناب از فاجعه را عرضه کند. همکاری بین‌المللی موزون در کلان طرحهای هدفمند (نامتمرکز) با وحدت بخشیدن به واپسین پیشرفتهای علمی بویژه در رشته نوپدید کشت - زیست فن‌شناسی (agro-biotechnology)، سرمایه‌گذاری مشترک و بویژه سهم شدن در خطرکردنها، وظایف و اطلاعات می‌تواند دستیابی به راه حلها را بسیار آسانتر کند.

همکاری بین‌المللی عرصه‌ای است که در آن التزام دانشمندان منفرد همان قدر مهم خواهد بود که التزام دولتها و سازمانهای بین‌المللی. برای مثال، با استفاده از مراکز پست الکترونیکی و اینترنت، تشکیل گروه از طریق تابلو اعلانات الکترونیکی صورت می‌گیرد نه از طریق گفتگوی حضوری. این روش قطعاً انتخاب می‌شود تا علم بزرگ گسترش یابد و تغییرات لازم را پیدا کند. ممکن است کلان طرحهای آینده برای حل مسائل جهانی ابتدا از این طریق مورد توجه قرار گیرند.

شرایط مرزی جدید

شرایط مرزی شکل دهنده آینده احتمالاً متعدددند که از جمله آنان می‌توان موارد زیر را ذکر کرد:

- افزایش فرصت برای پیشرفت علمی از طریق کلان طرحها؛
- محدودیتهای شدید برای بودجه‌های «تحقیق و توسعه» ملی؛
- رقابت شدید برای دریافت وجوه تخصیص یافته برای «تحقیق و توسعه»، در حوزه‌های پژوهش و بین حوزه‌های پژوهش؛
- کاهش حمایت عمومی از پژوهش بنیادی؛
- فشارهای شدید برای «سهمیه بندی» وجوه لازم برای کلان علم؛
- نقشی متعزضانه‌تر برای مقامات دولتی «توسعه و تحقیق».

هم اکنون سازمانهای بین‌المللی ای وجود دارند که به تنظیم و اداره امور کلان علم علاقه‌مندند. از جمله این سازمانها می‌توان از «سازمان ملل» (بویژه در چهارچوب فعالیت‌های یونسکو که در ایجاد سرن نقشی محوری ایفا کرد و عهده‌دار چندین برنامه پژوهشی

جهانی است»، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» (OECD) و «اتحادیه اروپا» نام برد. در حال حاضر، «کمیسیون اروپا» نقش مهمی در تأمین بودجه کلان علم دارد. گروه‌های منطقه‌ای دیگر نیز ممکن است داخل این عرصه شوند. آژانس‌های مختلف سازمان ملل در اداره کردن زمینه‌های پژوهشی خاص تجربه خوبی دارند اما در عرصه کلان علم از تجربه اندکی برخوردارند. روشن نیست که آیا این آژانس‌ها، یا مراکز ویژه دیگری که ایجاد شوند، قادر به تأمین درازمدت منابع مالی لازم خواهند بود یا نه. اما ماهیت مسائل جهانی‌ای که باید در فعالیتی بین‌المللی بدانها پرداخت، می‌تواند توجه‌کننده پیشگامی و ابتکار خاص باشد. از سوی دیگر، «سازمان همکاری و توسعه اقتصادی» که ساختار کنونی آن تناسب خوبی با نیازهای مدیریت سیاست پژوهشی ندارد، ممکن است پایه مناسبی برای بنای یک مرکز تسویه و هماهنگی باشد تا تأمین بودجه از کشورهای ثروتمندتر جهان را در تلاشی مشترک به سود کل بشر هماهنگ کند. این اندیشه - که تنها چند سال پیش از این آرمانی و تخیلی تلقی می‌شد - اینک مورد توجه همه کسانی است که برای نقشی که طرح‌های علمی جهانی می‌توانند در آینده جهان ایفا کنند، ارزش قائلند.

انتخاب خط‌مشی

آینده کلان علم چگونه به نظر می‌رسد؟ چه نوآوری‌هایی در تصمیم‌گیری، سازماندهی، تأمین بودجه و مدیریت پدید خواهد آمد؟ یافتن پاسخ برای این پرسش‌ها آسان نیست، اما سه شیوه مختلف خلاصه شده در زیر شاید دید روشنی را عرضه کنند:

۱- وضع موجود

آینده شاید تا اندازه‌ای مانند گذشته نزدیک به نظر برسد که بین گروه‌های علمی ملی و درون آنها رقابتی شدید حاکم باشد، روند تأمین بودجه سیاسی‌تر شود و در سطح ملی تصمیمات متنون و نامنظمی اتخاذ شود. با توجه به شرایط مرزی مطرح شده در قبل، این شیوه برای سلامت علم جهان چندان مناسب نیست.

۲- افزایش همکاری طرح به طرح

ماهیت غیر رسمی همکاری در زمینه کلان طرح‌ها ادامه خواهد یافت و درون آن فشار دولتها افزایش می‌یابد، قدرت تبادل اطلاعات فزونی می‌گیرد و عرصه‌های مفید مذاکره گسترده‌تر خواهند شد. یکی از پیامدهای این امر، شاید تدوین بودجه مقدماتی برای کلان علم باشد و همراه با آن، کلان طرح‌ها براساسی عادلانه بین کشورها تقسیم شوند. از جمله مسائلی که در این زمینه وجود دارند باید از تعیین نقش کشورهای کوچک و قدان مقررات معتبر بودجه برای کشورهای خاص نام برد.

۳- عهدنامه یا موافقتنامه ماندگار

بودجه طرح‌های مربوط به کلان علم، یا دست کم نوع متمرکز آنها،

طی موافقتنامه‌ای بین کشورها با بیشترین صرفه‌جویی تأمین می‌شود. تا آنجا که به اعضای علاقه‌مند جامعه علمی مربوط می‌شود، بین تأمین بودجه پایدار از یک سو و سهمیه‌بندی بالفعل سرمایه‌گذاری از سوی دیگر ترکیبی ایجاد خواهند شد. دستیابی به چنین موافقتنامه جامعی دشوار خواهد بود. این موافقتنامه باید سهم عادلانه شرکا را از منافع اقتصادی مستقیم و منافع علمی کلان طرح‌ها ممکن سازد. همچنین، می‌تواند اصل «شاخص هزینه» کلان طرح‌ها را در نظر گیرد؛ کلان طرح‌هایی که برخی از آنها طرح‌های ملی‌ای خواهند بود که برای آنها کشور سرمایه‌گذار از دریافت «اعتبار» برخوردار خواهد شد. به طور قطع، بزرگترین برنامه‌ها، برنامه‌های بین‌المللی خواهند بود که از تأمین بودجه و مدیریت مشترک برخوردار خواهند شد.

دعوت از دانشمندان و دولتها

از دانشمندان و دولتها خواسته می‌شود چهارچوب بین‌المللی معتبر و انعطاف‌پذیری را برای حمایت از کلان علم در آینده به دقت تهیه کنند. این چهارچوب باید بازتاب مشکلات جهانی جاری در امر بودجه باشد و در عین حال، هم با مسائل واقعی جامعه جهانی و هم با همجان‌انگیزترین مسائل علمی حل نشده هماهنگی داشته باشد. ارزش علمی را باید پاسداری و محافظت کرد. عدالت در میان کشورها باید هم در هزینه‌ها و هم در منافع رعایت شود. این چالش‌ها است. عظیم اما پاداشی که داده خواهد شد، ارزش تلاش را دارد.

یادداشتها

- 1- Mega Science
- 2- Big Science
- 3- Small Science
- ۴- برای سهولت در مقایسه زمانها، تاریخهای میلادی به هجری شمسی نیز ذکر شده است.
- ۵- ۲۴۰ بابت که تقریباً یک تریلیون بابت است. م.
- 6- Market Basket

منبع:

WORLD SCIENCE REPORT, 1996

مأخذ

- 1- Blanpied, W., Bond, J.S. and Irvine, J., (eds) (1992) Megascience Projects: an emerging issue for the 21st century, in Equipping Science for the 21st Century, London: Elgar Press.
- 2- OECD (1993) Megascience: The OECD Forum, Megascience and its Background, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- (1995) What is the OECD Megascience Forum? Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- 3- President's Council of Advisors on Science and Technology (1992) Megaprojects in the Sciences, Washington, DC: US Government Printing Office.
- 4- US Congress, Office of Technology Assessment (1995) International Partnerships in Large Science Projects, Washington, DC: US Government Printing Office.