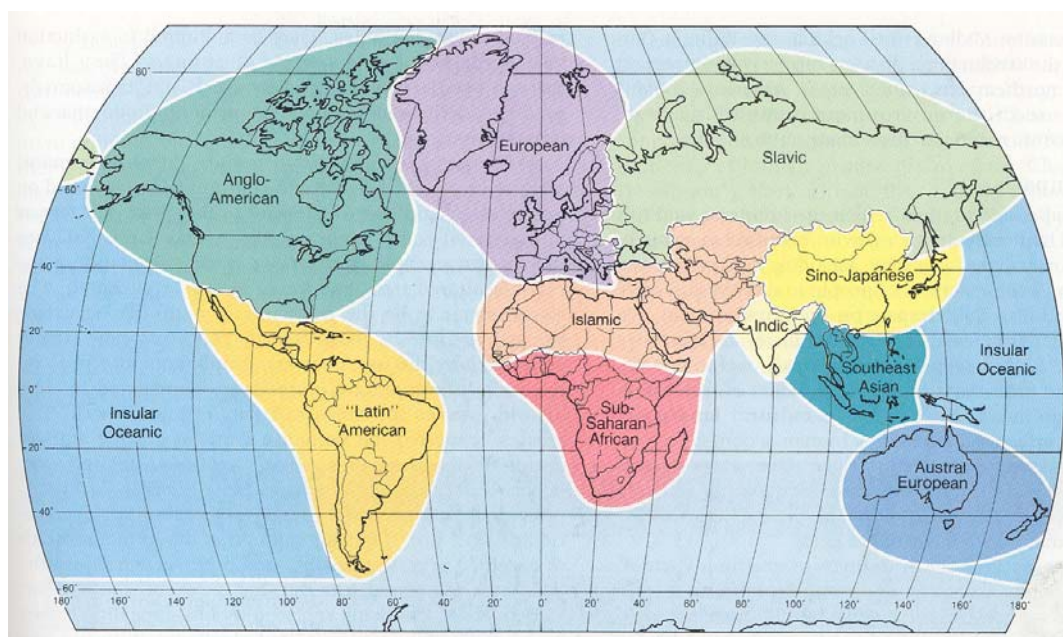


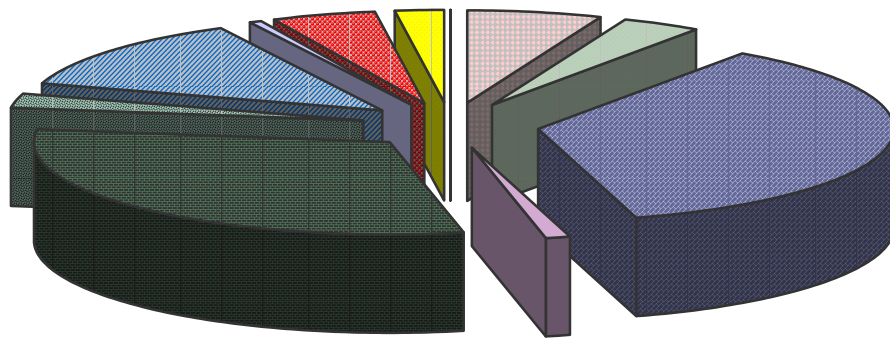
# تاریخچه ارزیابی علم و فناوری و ظهور شاخصهای علمی با تاکید بر کشور آمریکا



هیئت نظات و ارزیابی فرهنگی و علمی

پائیز ۱۳۸۳

# **History of Science and Technology Evaluation and the Emergence of Science Indicators**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تاریخچه ارزیابی علم و فناوری  
و ظهور شاخص‌های علمی  
با تاکید بر کشور آمریکا

هیئت نظارت و ارزیابی فرهنگی و علمی

پائیز ۱۳۸۳



تاریخچه ارزیابی علم و فناوری و ظهور شاخص‌های علمی

زیر نظر: معاونت علم و فناوری

تدوین: سلیمان ذوالفقارنسب

ویراستار: دکتر محمد حسین دیانی

مدیریت امور اجرایی: دفتر بررسی و تدوین هیئت

تمامی حقوق مخصوص هیئت نظارت و ارزیابی فرهنگی و علمی

شورای عالی انقلاب فرهنگی است.

## چکیده

معمولاً دولتها برای بازبینی عملکرد گذشته خود در راستای توسعه ملی و طرح سیاستگذاریهای آینده برای ابعاد مختلف جامعه ناگزیرند برآوردی واقع بینانه از راهی که پیموده اند داشته باشند. همین امر بود که برای اولین بار اندیشه شاخصها را در بین دانشمندان علوم اجتماعی و دولتهای غربی بوجود آورد و عملاً خود شاخصها در مسائل اقتصادی ظهور پیدا کردند. اگر چه اندیشه شاخص سازی از علم و فناوری در کشورهای OECD آغاز شد اما بنیاد ملی علوم آمریکا پس از ارزیابی های مقدماتی در دهه های ۳۰ و ۴۰ در دهه ۵۰ میلادی ارزیابی علم و فناوری در آمریکا را پایه ریزی کرد و تجربیات آنها زمینه ای برای تهیه دستورالعملهای مشابه در جمع آوری آمار و ارقام مربوط به علم و فناوری در کشورهای اروپایی و سایر نقاط جهان شده است. باید گفت علی رغم انتقاداتی که در اوائل بر شاخصها وارد بود، همچنان سند محکمی برای بازنمایی عملکرد گذشته دولتها در روند رشد و تکامل ملی و مبنایی برای مقایسه های بین المللی است. در این مقاله مروری بر چگونگی ظهور شاخصها و نقش آنها در ارزیابی وضعیت علم و فناوری خواهیم داشت و در ادامه اشاره ای کوتاه به تعاریف و کاربرد شاخص و آمار می کنیم.

## مقدمه

در دنیای کنونی نقش پژوهش و فناوری در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها برکسی پوشیده نیست. کشورهایی که در علم و فناوری نوین پیشقدم بوده اند نه تنها از ارزیابی مستمر شرکتها و مؤسسات و مراکز علمی خود غافل نبوده بلکه به اتکای ارزیابیهای خردمندانه به راهبردهایی مؤثر برای بهره وری از نیروی انسانی پژوهشگر، افزایش کیفیت تحقیقات و نتایج بدست آمده از آنها و زمینه سازی برای همکاریهای ملی و بین المللی این مراکز دست یافته اند. به احتمال زیاد انگیزه اولین ارزیابی های انجام شده در کشورهای مختلف، زاده نوعی حس ناسیونالیستی موجود در ذهن اندیشمندان و محققان این جوامع بوده است. آنها به دنبال درک چرایی و چگونگی حرکت رو به رشد کشورهای دیگر بوده اند. مروری بر سرگذشت ارزیابی علم و فناوری در کشور ایالات متحده آمریکا نشان می دهد که چگونه با همه ایرادات اولیه محققان، اندیشمندان و سیاستمداران آمریکایی آنرا فرصتی مغتنم شمردند و با ارزیابی مستمر عملکرد و وضعیت علم و فناوری در کشور خود توانستند زمینه های رشد و شکوفایی را فراهم کرده و اکنون در این زمینه سرآمد کشورهای دیگر شوند. امیدواریم مروری بر تاریخچه ارزیابی علم و فناوری در کشورهای جهان بتواند اهمیت این موضوع را در پیشبرد اهداف کشورمان ظاهر نماید.

## تاریخچه ارزیابی علم و فناوری

دولت آمریکا از اولین کشورهایی بود که به ارزیابی علم و فناوری روی آورد. بعد از ارزیابیهای مقدماتی در دهه ۳۰ و ۴۰، در اوایل دهه پنجاه بنیاد ملی علوم<sup>۱</sup> (NSF) عهده دار ارزیابی علم و فناوری شد. در سال ۱۹۶۲، سازمان

توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) با تهیه فهرستی از تعاریف و مفاهیم NSF، دستورالعملی راهبردی برای جمع‌آوری آماره‌های تحقیق و توسعه (R&D) کشورهای اروپایی فراهم کرد و به نوعی تجربیات NSF الهام بخش تهیه منوئل فراسکاتی در ۱۹۶۳ برای جمع‌آوری آمار و ارقام مربوط به علم و فناوری در کشورهای OECD شد.

در سال ۱۹۷۳، بنیاد ملی علوم آمریکا به ابتکار تازه‌ای دست زد و شاخص‌های علمی<sup>۱</sup> (SI) را که اولین تلاشها برای توسعه شاخص‌های مؤسسات علمی ایالتی در آمریکا بود، انتشار داد. هدف اصلی این گزارش تعیین نشانگرهایی بود که نقاط قوت و ضعف علم و فناوری در آمریکا را مشخص می‌کرد و به اصطلاح ظرفیت و عملکرد بخش داخلی [شرکتها و مؤسسات علمی پژوهشی] را در کمک و پشتیبانی به اهداف ملی آشکار می‌ساخت.

انتشار این شاخص‌ها توجه جهانی را جلب کرد و چندین کشور و سازمان این شاخص‌ها را به عنوان الگویی به کار بردند. در سال ۱۹۸۴ سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) مجموعه‌ای با عنوان «شاخص‌های علم و فناوری» منتشر کرد و در سال ۱۹۹۸ «شاخص‌های عمده علم و فناوری»<sup>۲</sup> را جایگزین آن کرد. اتحادیه اروپا نیز به پیروی از آن در سال ۱۹۹۴ «گزارش شاخص‌های علم و فناوری اروپا» را منتشر کرد و به دنبال آن فرانسه و کشورهای آمریکای لاتین مجموعه‌های مشابهی را گزارش کردند. اما عموماً فراموش شده که اندیشه شاخص‌سازی از علم و فناوری در آمریکا ظهور نکرده، بلکه اول بار در OECD ابداع شد. بی‌شک بنیاد ملی علوم آمریکا به طور قابل توجهی روش جمع‌آوری داده‌های علم و فناوری کشورهای OECD را در اوایل دهه ۶۰ تحت تأثیر قرار داد ولی باز این خود OECD بود که الهام بخش SI در آمریکا شد. افزون بر این، مباحث مربوط به شکاف بین اروپا و آمریکا در دهه ۱۹۶۰ فرصتی به کشورهای سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی داد تا اولین شاخص‌های جهانی علم و فناوری را ارائه دهند که در بین دیگر شاخص‌های ارائه شده مورد توجه SI قرار گرفت و ایده‌ای شد برای بنیاد ملی علوم آمریکا تا علم و فناوری را در ایالات متحده مورد ارزیابی قرار دهند. این مختصر تاریخی‌چه‌ای بود در مورد ظهور شاخص‌های علم و فناوری، اما شاخص‌ها در طول زمان چگونه تکامل پیدا کردند؟ معنای آن برای دولتها چیست؟ منظور از آمار و شاخص و همچنین تفاوت بین آنها چیست؟

### شاخص و آمار؛ تعاریف و کاربرد

آمارها ابزارهایی ریاضی برای پردازش داده‌های عددی هستند. قبل از کارهای کویت‌لتز<sup>۳</sup> (۱۷۹۶-۱۸۷۴) آمارها ابزاری برای گردآوری اطلاعات عددی بودند و نهایتاً برای محاسبه نسبت‌ها و میانگین‌ها از آنها استفاده می‌شد. بعد از کویت‌لتز آماره‌های پیشرفته‌تری (براساس اندازه‌گیری تغییرات) جانشین میانگین‌ها شدند. اکثر آماره‌های دولتی در ابتدا از این نوع بودند و فقط تعداد کل مقادیر و انتشارات را گزارش می‌کردند و آماره‌های پیشرفته‌تر

1-Science Indicators

2-Main Science and Technology Indicators

3- Quetlets

نظیر رگرسیون و همبستگی در آنها جایی نداشت. آمارهای علم و فناوری در اوایل همین راه را پیمودند، اما اندیشه و تصویر شاخص را اول بار دانشمندان علوم اجتماعی و دولت‌ها بوجود آوردند و خود شاخص‌ها در دهه ۱۹۳۰ در مسائل اقتصادی نظیر رشد، تولید، اشتغال و تورم ظهور پیدا کردند. اولین شاخص‌های اجتماعی نیز در همین دوران شکل گرفت ولی اصطلاح شاخص تنها در دهه‌های ۱۹۶۰ رایج شد. جنبش مربوط به شاخص‌های اجتماعی به طور قابل ملاحظه‌ای بر رشد آماره‌های مشابه در علم و فناوری اثر گذاشت. اولین ویرایش شاخص‌های علمی تحت تاثیر انجمن تحقیقات علوم اجتماعی<sup>۱</sup> (SSRC) که هیأتی بود برای بررسی شاخص‌های اجتماعی، قرار گرفت. SSRC در سالهای ۱۹۷۴ و ۱۹۷۸ دو کنفرانس را سازماندهی کرد که بانی آن NSF بود و متعهد شد که شاخص‌های کیفی علم را بهبود بخشد و شاخص‌های برون‌داد را بهتر تعریف کند.

اما چگونه می‌توان بین شاخص و یک آمار ساده تمایز قائل شد؟ نگاهی اجمالی به تعاریف می‌تواند به این سؤال کمک کند. در سال ۱۹۶۹ ال‌جانسون رییس جمهور وقت ایالات متحده از گروه بهداشت، آموزش و رفاه درخواست کرد که شاخصها و نشانگرهای مورد نیاز برای مشاهده نمودار پیشرفت اجتماعی را بیابند. گزارش بدست آمده در سال ۱۹۷۰ یک شاخص را اینچنین تعریف کرد:

شاخص «آمار معطوف به پدیده‌های اجتماعی آشکار است که اختصار و درک و قضاوت عادلانه در مورد شرایط و جنبه‌های عمده جامعه را تسهیل می‌کند و در همه موارد معیاری بلافصل از رفاه میباشد و تفسیری است از اینکه اگر این رفاه به مسیری صحیح سوق یابد در حالی که چیزهای دیگر ثابت نگه داشته شود، اوضاع و احوال مردم بهتر می‌شود و یا رفاه افزایش می‌یابد.»

به طور مشابه با تعریف قبل آر پارک<sup>۲</sup>، مدیر مرکز هماهنگی تحقیق روی شاخص‌های اجتماعی<sup>۳</sup>، در SSRC شاخص را اینگونه تعریف کرد: «آمارهای سری زمانی که تغییرات ابعاد با اهمیت جامعه را اندازه می‌گیرند» و در جایی دیگر مشخصاً عنوان کرد: «هدف اصلی از پرداختن به شاخص‌ها، درک ویژگیهای عمده جامعه و چگونگی ارتباط این ویژگیها با یکدیگر و نحوه تغییر آنها در ارتباط با یکدیگر می‌باشد.» هسته اصلی این تعریف آگاهی از تغییرات است. یک شاخص اجتماعی ابعاد یک پدیده را برای درک وضعیت جامعه اندازه می‌گیرد. ویژگی دوم شاخص اینست که می‌بایست [در زمانهای مختلف] تکرار شوند. به عبارت دیگر برای رفع نیاز [مقطعی] تغییرات را اندازه بگیریم. سوم اینکه شاخص‌ها معمولاً به عنوان گنجینه‌ای از آمارها ظاهر می‌شوند. به این معنی که یک آماره تنها به ندرت می‌تواند به عنوان یک شاخص پایا در نظر گرفته شود.

سرانجام یک شاخص براساس یک الگو است به این معنی که هر شاخص معمولاً برای یک اندازه‌گیری است که در آن بعضی از فرضیه‌ها، نظریه‌ها و تئوری‌ها به طور واضح و صریح آزمون می‌شود، در حالی که برای داده‌های صرف فرضیه‌های زیربنایی، نظریه‌ها و تئوری‌ها معمولاً مبهم باقی می‌مانند.

1-Social Science Research Councils

2-R.parke

3-Center for Coordination of Research on Social Indicators

پریس<sup>۱</sup> همین پیش نیازها را برای شاخص بیان کرد: «برای معنی‌دار بودن یک آمار [مرتبط با شاخص] باید هرطور شده ساختارهای درونی یا ارتباط آن با دیگر داده‌ها قابل پیش‌بینی باشد، به این معنی که باعث ایجاد مجموعه‌ای از قوانین نسبتاً ساده و بنیادی شود.»

همه این ویژگیها در تعاریف OECD که در سال ۱۹۷۶ ارایه شده وجود دارد و برطبق آن یک شاخص، «مجموعه‌ای از داده‌ها است که تلاش‌های علمی و تکنولوژیک یک کشور را اندازه می‌گیرد، انعکاس می‌دهد، نقاط قوت و ضعف آنرا آشکار می‌سازد و ویژگی در حال تغییر آنرا به منظور فراهم ساختن پیش‌آگاهی از وقایع و روندهایی که ممکن است ظرفیتها و قابلیت‌های آنرا در برآورده ساختن نیازهای یک کشور مورد آسیب قرار دهد، پی‌گیری می‌کند.»

به همان شکل انجمن ملی علوم<sup>۲</sup> NSB وابسته به بنیاد ملی علوم NSF آمریکا، خاطر نشان کرد که: «اهداف شاخص‌ها، اندازه‌گیری و انعکاس علم و دانش ایالات متحده، نشان دادن نقاط قوت و ضعف آن و پی‌گیری ویژگیهای در حال تغییر آن می‌باشد. شاخص‌های اینچنینی معمولاً آخرین گزارشات و تحولاتی هستند که می‌توانند از روندها و حوادثی که ممکن است به ظرفیت‌های علمی کشور در برآورده ساختن نیازهای ملی آسیب برسانند، پیش‌آگاهی فراهم کند.»

#### شاخص‌ها و انتقادات پیرامون آن

کنگره آمریکا در سال ۱۹۵۰ با گذراندن قانونی بنیاد ملی علوم (NSF) را ایجاد کرد. تحت این قانون، NSF متولی تأمین بودجه تحقیقات پایه شد و بنا به درخواست سازمان بودجه<sup>۳</sup> نقش سیاستگذاری در امر تحقیقات و همچنین ارزیابی آنرا عهده‌دار شد.

NSF بعدها درخواست کرد که به عنوان مرکزی برای ثبت پرسنل فنی و علمی نیز باشد و اداره‌ای مرکزی برای جمع‌آوری، تفسیر و تحلیل داده‌های علمی و فنی در ایالات متحده ایجاد کرد. در سال ۱۹۶۸ کنگره آمریکا طی ابلاغی صریح از NSF خواست تا موقعیت و چگونگی علم و فناوری در ایالات متحده را گزارش کند.

NSF نقش خود را در ارزشیابی، به عنوان جمع‌آوری کننده و نشر اطلاعات آماری به خوبی ایفا کرد و اظهار نظرهایی راجع به زمینه‌ها و شرایطی که برای پیشرفت علوم مطلوب بود، منتشر کردند. در اوایل ۱۹۵۳ که اولین تحقیقات پیمایشی در R&D صورت گرفت، NSF اعلام کرد:

«در این گزارش هیچ کوششی برای پیشنهاد یک سیاست کلی به عمل نیامده است. اما اطلاعاتی واقعی از کیفیت توسعه بوسیله این مطالعه فراهم شده که می‌تواند پایه‌های اولیه تدابیر و سیاستگذاری‌ها شود.» به سرعت افرادی که خارج از NSF بودند از این برداشت قیّم‌گونه NSF ناخرسند شدند و عده بسیار کمی تحلیلها و ارزیابی‌هایی از روی مصلحت برای همراهی با اعضاء NSF ارائه دادند. ای.تی. واترمن<sup>۴</sup> اولین مدیر NSF همیشه از این سازمان

1-Price

2-National Science Board

3-Bureau of Budget

4-A. T. Waterman



در مقابل این‌گونه انتقادات دفاع می‌کرد و مهمترین استدلال وی این بود که: «غیر واقع‌بینانه است انتظار داشته باشیم یک هیأت فدرال [NSF] برای همه عملکردهای سازمانهای دیگر تصمیم‌گیری کند». با وجود این SI [ اولین گزارش علم و فناوری آمریکا] نتیجه این انتقادات و دستورالعملی جدید برای دولت شد.

در سپتامبر ۱۹۷۰ نیکسون از اداره علم و فناوری<sup>۱</sup> (OST) و رئیس کمیته مشاوره علمی<sup>۲</sup> (PSAC) درخواست کرد هر سال در ماه می گزارشی در مورد وضعیت و چگونگی علم و فناوری ارائه دهند. این درخواست در حقیقت تذکری به بنیاد بود که به طور کامل به وظایف خود عمل نکرده است. افزون بر این کنگره آمریکا در سال ۱۹۷۶ درخواستی مشابه ارائه داد. انجمن ملی علوم نیز به دو سازمان فوق‌الذکر پیوست و در ماهیت آن گزارش سالانه، تجدید نظر کرد. نتایج این مطالعات دو گزینه بود؛ یکی انتشار گاهنامه‌ای رسمی در سیاستگذاری که مستقل از گزارشات سالانه بود و دیگری گزارش سالانه که شامل داده‌های خط پایه در هر سال و همچنین فصولی که وضعیت و چگونگی علوم را ارزیابی می‌کرد.

در فوریه ۱۹۷۱ NSB مباحثی راجع به توانایی‌های بالقوه گزارش SI و مصوب شدن «توسعه منظم داده‌ها و اطلاعات در رابطه با وضعیت و چگونگی شاخص‌ها و همچنین تکرار گزارشات سالانه براساس این داده‌ها و اطلاعات» ارائه داد و در پایان یک کمیته ویژه به ریاست راجروی هینز<sup>۳</sup> یکی از اعضاء بنیاد، رئیس دانشگاه کالیفرنیا و رئیس کمیسیون مشورتی آموزش آمریکا پایه‌گذاری شد. کمیته در ابتدا به فکر تهیه فهرستی طولانی (تقریباً پنجاه مورد) از شاخصها و سپس تقسیم‌بندی آنها به طبقه‌هایی نظیر، برونداد علمی، فعالیتها، آموزش علوم، نیروی انسانی و سپس درجه‌بندی شاخص‌ها براساس مقیاسی از یک تا پنج بود. تا ژانویه ۱۹۷۲ کارها خیلی پیش‌رفته و بنیاد تصمیم گرفت که پنجمین گزارش سالانه خود را براساس شاخص‌های علمی گزارش کند. بنیاد در ماه مارس شاخص‌های پیشنهادی را مورد بازبینی قرار داد و در سپتامبر یک پیش‌نویس از گزارش‌ها برای اظهار نظر پخش شد.

آخرین گزارش در نوامبر به وسیله قانون لازم‌الاجرا و به تصویب رسید همچنین برای بازبینی و بررسی به اداره علم و تکنولوژی (OST)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی<sup>۴</sup> (OMB) و سازمانهای دیگر رفت و در ماه سپتامبر ۱۹۷۳ SI رسماً به کنگره ایالات متحده آمریکا فرستاده شد.

یک ماه بعد بنیاد یازده‌هزار نسخه از آنرا تهیه و منتشر کرد بعلاوه آنرا تحت پوشش خبری مطلوبی قرار داد. وجهه و شهرت SI دوباره در سال ۱۹۸۲ هنگامی که کنگره قوانین NSF را اصلاح کرد و تنها گزارش دوسالانه از شاخص‌های علمی را خواست، به اثبات رسید.

برطبق اظهار نظر سی. فالک<sup>۵</sup>، فردی که چهره اصلی پشت SI بود، موفقیت این سند به خاطر پنج ویژگی بود: اول اینکه همه آمارهای پراکنده را تنها در یک کتاب جمع‌آوری کرد.

1-office of science and technology  
2-Presidents Science Advisory Committee  
3-Roger W. Heyns  
4- Office of Management and Budget  
5-C. Falk

دوم علم و فناوری را عمدتاً از طریق نمودار مورد بحث و بررسی قرار داد تا عدد و رقم.

سوم شامل نکات برجسته و مختصری در مورد تصمیم‌گیری و سیاستگذاری بود.

چهارم تحلیل‌های بسیار مختصری داشت همانطور که خواهیم دید این فلسفه NSF بود. بعلاوه پرسنل NSF به دایره حسابداری عمومی<sup>۱</sup> (GAO) اعتراف کردند که؛ «هدف اصلی این گزارش‌ها تأکید بر کمیت داده‌ها بوده و به هیچ‌وجه هدف ارزشیابی یا ارزیابی نداشته است»

و سرانجام اینکه هر ویرایش SI معمولاً حاوی چیزهای جدیدی در مورد اطلاعات و شاخص‌ها بود.

SI همچنان بوسیله NSB برای پاسخگویی به احکام و دستورات کنگره برنامه‌ریزی می‌شد و ارزیابی‌های مرتبی از علم و فناوری در کشور آمریکا انجام می‌داد. به عنوان مثال در سال ۱۹۷۶ هینز ۶ هدف و عملکرد را برای SI مشخص کرد که باید مد نظر قرار گیرد:

۱- بررسی و بازبینی چشمگیر از رشد و روند مؤسسات علمی از جمله انجام مقایسه‌های بین‌المللی

۲- ارزیابی و برآورد عملکرد آنها در تأثیرگذاری بر روند علمی در حال و آینده

۳- ایجاد یک سیستم ارزیابی منظم و جامع از علم در آمریکا

۴- ایجاد مکانیزم‌های جدید برای هدایت و رهبری علم و فناوری در سطح ملی

۵- تشویق به کمی‌کردن ابعاد کلی تدابیر علمی به منظور بهبود در تصمیم‌گیری‌های R&D در بین مؤسسات فدرال و دیگر نهادها

۶- تشویق دانشمندان علوم اجتماعی برای روش‌شناسی پژوهش در شاخص‌های علمی و همین‌طور در محدوده‌های مهمتری نظیر سیاستگذاری‌های ملی

حتی با چنین رویکرد مثبتی از سوی SI همه شخصیتها راضی و موافق نبودند. کارمندان دولت به همراه دانشگاهیان در گردهماییها و اجتماعات بحث‌های انتقادی زیادی راجع به این اسناد و مدارک ارائه دادند. انتقادات اصلی آنها متمرکز بود بر:

۱- «اصالت عمل<sup>۲</sup>» SI (به گفته دایره حسابداری عمومی)، به معنی گرایش به استفاده از داده‌های موجود به جای ارائه دادن یک مدل یا الگویی روشن که مبنای اندازه‌گیری از علم و فناوری باشد. در طول سالهای ۱۹۷۶ در جلسات رسیدگی به SI در کنگره، آر.آیز،<sup>۳</sup> معاون رئیس جمهور در روابط بین‌المللی علم و فناوری این دیدگاه را به صورت زیر خلاصه کرد. «شمارش تعداد جوایز نوبل کارآسانی است، اما چرا شما آنها را جمع‌آوری می‌کنید، هیچ نمی‌دانیم چون معنای دیگری دارد»

یکی از انتقادات مهم GAO این بود که: «زمانی این ملاکها انتخاب شدند که اکثر داده‌ها و ارقام در دست NSB بود.»

1-General Accounting Office

2-Operationatism

3-R.Ayres

البته این طبیعی بود که گزارش اولیه<sup>۱</sup> SI عمدتاً براساس یک رویکرد عملگرایانه باشد و شاخص‌ها را از داده‌های در دسترس که اهمیت یا ارزش آنها مورد تردید باشد، استخراج کند. این رویکرد محدودیت بررسی علم و فناوری را نیز در برمی‌گیرد و منجر به طرح و ایجاد شاخص‌هایی می‌شود که فرضیه‌های زیربنایی آنها یا کم اهمیت و یا نامعتبر است. اس.کوزنس<sup>۱</sup> رویکردی را به وجود آورد که در هر ویرایش از گزارش SI شاخص‌های جدیدی را اضافه کند.

۲- مدل درونداد/ برونداد در جایی که درونداد و برونداد با هم مرتبط می‌شوند به بدی نشان داده شده است: به عبارتی دیگر SI فاقد یک الگوی یکپارچه است که ارتباط بین علم، فناوری، اقتصاد و جامعه را به طور معنی دار نشان دهد و بتوان از ارتباط بین این مقوله‌ها آگاه شد. این محدودیت زیادی برای یک مدل درونداد برونداد است. در این رویکرد علم و فناوری به عنوان منابع ورودی هستند و نتایج حاصل، از یک «جعبه سیاه»<sup>۲</sup> [منظور همان گزارش SI است] خارج می‌شوند و تأکید بر دروندادها (هزینه‌ها و پرسنل) برای تعیین خروجی و نتایج، به عنوان مدلی غیر صریح از ارزیابی علم و فناوری، درست نیست.

۳- عدم وجود نسبی یک تحلیل از روندهای دراز مدت و ایراد سخنانی که از لحاظ سیاسی بی طرفانه است: «این سیاست بنیاد است که داده‌ها را به زبان خودشان تفسیر کنند».

در حالی که SEI<sup>۳</sup> [همان گزارش ارزیابی مورد بحث و مجادله است یعنی SI] یک مرجع آماری عالی است، اما از لحاظ تعیین خط مشی متن آن بی‌اثر است، متن آن خارج از ارزیابی‌های تجاری و بازرگانی است و از لحاظ گستره اطلاعات و سازماندهی، اطلاعات را جدا جدا انتقال می‌دهد تا اینکه یک بررسی اجمالی و ترکیبی داشته باشد.

۴- نگاه NSF به جهان: «موضوعاتی که از نظر NSF جالب بوده برای گنجانده شدن در گزارش تقدم بیشتری داشته و موضوعاتی که مد نظر دیگر مؤسسات بوده در این گزارش اولویتی نداشته‌اند» همچنین این انتقاد مطرح است که بیشتر اطلاعات مربوط به تحقیقات دانشگاهی است، مقدار کمی از اطلاعات مربوط به تحقیقات بنیادی در صنعت است و قسمتی جزئی از داده‌های درونداد (هزینه‌ها و پرسنل) مربوط به تحقیقات دولتی است»

۵- عدم توجه به جزئیات در روش‌شناسی پژوهش: «مشکلات رایج در تحلیل داده‌ها، فقدان توجه به چگونگی جمع‌آوری داده‌ها با توجه به محدودیت‌های آن و به طور کلی ساختار خطای نمونه‌گیری، انتخاب، اندازه‌گیری و دستکاری‌های بعدی<sup>۴</sup> است».

SI در طول سالهای بعد رشد محتوایی قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد. در حالی که در ویرایش سال ۱۹۷۲ حاوی ۹۳ صفحه و ۱۱۲ جدول بود این تعداد در سال ۱۹۸۹ به ۱۷۷ صفحه و ۲۵۸ جدول افزایش یافت و از سال ۱۹۸۷ شاخصهای علمی و مهندسی (SEI) نامیده شد. SEI در ویرایش سال ۲۰۰۰ برای اولین بار بصورت دو جلد

1-S.Cozzens

2-Black Box

3-Science and Engineering Indicators

4-Subsequent handling

انتشار یافت و شاخص‌ها هم در تعداد و هم در پوشش دهی ابعاد بیشتری از علم و فناوری را مورد بررسی قرار داد از جمله؛ منابع، نیروی کار، عملکرد اقتصادی، نتایج و ارزیابی‌ها، ثبت علمی و اعطای درجه، مقالات علمی، انتشارات، ارجاعات و همکاریهای تکنولوژیک و بین‌المللی.

#### نتیجه:

با نگاهی کوتاه به شاخص‌های R&D کشورهای پیشرفته چه در زمینه‌های کمی و چه در زمینه‌های کیفی متوجه می‌شویم که این کشورها به پشتوانه نیروی انسانی لایق و فراهم کردن زمینه‌های لازم برای بروز خلاقیت افراد توانسته‌اند سهم بسیار عمده‌ای در تولید علم و فناوری جهانی داشته باشند و با توجه به اینکه یک پنجم جمعیت جهان را دارا هستند اما ۹۷٪ از هزینه‌های R&D را متقبل شده‌اند و با برنامه‌ریزی‌های کلان و دراز مدت سعی در تسخیر جهان دارند. در این راستا اهداف اتحادیه اروپا برای رهبریت S&T شایسته سالاری اروپا در جهان و اقتصادی پویا بر مبنای علم تا سال ۲۰۱۰، بازسازی ساختار R&D اروپا بصورت یک واحد تحقیقاتی اروپایی و همچنین افزایش تخصیص پول از GDP تا ۳ درصد برای R&D تا سال ۲۰۱۰ می‌باشد و همراه این سیاستگذارها، متدهای کمی و کیفی بسیار قوی برای ارزیابی فعالیتهای خود تدارک دیده‌اند که به پشتوانه دسترسی به آمارهای به روز این امر امکانپذیر می‌شود.

یونسکو با توجه به کشورهای تازه صنعتی شده، معیارهایی را به عنوان شاخصهای وضعیت تحقیق و توسعه ملی قرار داده است. به عنوان مثال سطح مطلوب هزینه ای که یک کشور در حال توسعه باید به تحقیق اختصاص دهد ۱/۵ درصد از تولید ناخالص ملی (GNP) است و در هر یک میلیون نفر جمعیت باید ۳۸۰ دانشمند وجود داشته باشد. اکثر کشورهای در حال توسعه پایین تر از این استانداردها می باشند. این کشورها برای درجا زدن و حتی برگشت به سطوح پایین تر نیازمند تجدید نظر در برنامه‌های خود هستند ساختار نیروی انسانی خود را از نو تعریف کنند ارزیابی‌های کمی و کیفی مداومی از برنامه‌های خود داشته باشند، و در سیاستگذارهای کلان نقاط ضعف و قوت خود را پیش‌بینی کنند.

## منابع

- 1- Benoit Godin (2001) *The Emergence of science and Technology indicators: why did governments supplement statistics with indicators?* Ost canada paper no.g(2001)
- 2- Duan ahlton and Geoff (2003) *The us –Es Race for leadership of S&T: qualitative and quantitative Indicators*. Internation technology research Institute
- 3- Merl Tan and Marlene Ferido(2003) *public understanding of reserch in developing countries: challenges and opportunities*
- 4- R.D.shelton , J.B Mooney, Jr.Geoffrey M. Holdridge(2000) *American leadership of science and Technology: Reality or Myth?* Loyola college, 4501 N.Baltimore