چکیده

مدل‌ها و شاخص‌های مبتنی بر «تحقیق و توسعه (R&D)»، «پتنت» و «انتشارات علمی»، قدیمی‌ترین، شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین مدل‌ها و شاخص‌ها، به‌خصوص در میان سیاستگذاران کشورها بوده است که از مشهورترین آن‌ها می‌توان به راهنمای فراسکاتی اشاره کرد. سنگ بنای اصلی مدل‌ها و شاخص‌های مبتنی بر R&D و پتنت (به‌خصوص راهنمای فراسکاتی) را باید نظریه‌های موسوم به نظریه‌های خطی «فشار علم» محسوب کرد؛ اما نزدیک به سه دهه است که از طرف جامعهٔ دانشگاهی و پژوهشگران بزرگ حوزهٔ علم، فناوری و نوآوری، مانند ریچارد نلسون، ناتان روزنبرگ و کریس فریمن، انتقادهایی جدی به این مدل‌ها و شاخص‌ها وارد شده است. دستاورد این انتقادها، ظهور مدل‌ها و شاخص‌های دیگری در دو دههٔ گذشته بوده است که مهم‌ترین آن‌ها را باید پیمایش‌هایی تحت عنوان «پیمایش‌های نوآوری» دانست. مقالهٔ پیش‌رو به‌منظور معرفی همین مدل‌های نوظهور و درحال‌گسترش به نگارش در آمده است. در این مقاله، ابتدا مروری بر تاریخچهٔ تحولات نظری رخ‌داده در حوزهٔ علم، فناوری و نوآوری و انتقادهای وارد بر نظریه‌های خطی «فشار علم» صورت خواهد گرفت و سپس به مرور چگونگی ظهور پیمایش‌های نوآوری (تحت تأثیر همین تحولات نظری) پرداخته خواهد شد. سپس در ادامه، این مقاله به معرفی انواع پیمایش‌های نوآوری و همچنین معتبرترین و استانداردترین این پیمایش‌ها یعنی «پیمایش نوآوری اتحادیهٔ اروپا» (CIS)[1] خواهد پرداخت و در پایان نیز به‌طور مختصر، به میزان استقبال جامعهٔ دانشگاهی از این پیمایش‌ها اشاره خواهد شد. با توجه به گستردگی استفاده از پیمایش‌های نوآوری در سطح کشورهای جهان، توجه به این نوع پیمایش‌ها در کشورمان ایران نیز، به‌ویژه به‌عنوان مبنایی برای سیاستگذاری، ضرورتی روزافزون می‌یابد.

واژگان کلیدی: راهنمای فراسکاتی، فشار علم، تحقیق و توسعه (R&D)، پیمایش نوآوری، پیمایش نوآوری اتحادیهٔ اروپا (CIS).

تطور مدل‌های ارزیابی: از راهنمای فراسکاتی تا پیمایش‌های نوآوری

علی بابایی
کارشناس ارشد MBA از دانشگاه صنعتی مالک اشتر
پژوهشکدهٔ سیاستگذاری علم، فناوری و صنعت دانشگاه صنعتی شریف
ali1bbi@yahoo.com

ابراهیم سوزنچی کاشانی
دکترای سیاستگذاری نوآوری از دانشگاه ساسکس انگلستان
عضو هیأت‌علمی دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف
ebrahim.souzanchi@gmail.com

مقدمه

شاید اغراق نباشد اگر بگوییم تا قبل از سه دهۀ پیش، بسیاری از پژوهشگران و سیاستگذاران باور داشتند که فناوری و نوآوری، چیزی به‌جز محصول فرعی پژوهش‌های علمی و دانشگاهی نیست. به‌عبارت دیگر، همگان اتفاق نظر داشتند که رابطه‌ای «یک‌طرفه» میان پژوهش‌های دانشگاهی و نوآوری‌های فناورانۀ صنعتی وجود دارد: پژوهش‌های دانشگاهی، ابتدا به پژوهش‌های کاربردی تبدیل شده و سپس این پژوهش‌ها، توسعۀ بیشتری یافته و در نهایت به فناوری‌های صنعتی تبدیل می‌شود. این موضوع، در جوامع دانشگاهی، رابطۀ مشهور «فشار علم» خوانده می‌شود. از سه دهۀ قبل، پژوهشگران بزرگ و شناخته‌شده‌ای همچون گیبونز و جانستون (۱۹۷۵)، کلِوُریک و همکارانش (۱۹۹۵)، منزفیلد (۱۹۹۵)، فریمن (۱۹۸۲ و ۱۹۹۵)، پویت (۱۹۸۴)، روزنبرگ (۱۹۸۲)، کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، ون هیپل (۱۹۷۶ و ۱۹۸۸)، لاندول (۱۹۹۲)، روزنبرگ و نلسون (۱۹۹۴)، نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸)، فلر (۱۹۹۰)، و نارین و همکارانش (۱۹۹۷)، این رابطه خطیِ یک‌طرفه را به چالش جدی کشیده‌اند.[۲] در این مقاله سعی شده است تا ابتدا با استفاده از پژوهش‌های برخی از همین پژوهشگران شناخته‌شده، چگونگی به چالش کشیده‌شدن رابطۀ خطی فشار علم، به‌طور اختصار به تصویر کشیده شود؛ سپس تاریخچه‌ای مختصر از ظهور شاخص‌های مبتنی بر R&D و به‌خصوص راهنمای فراسکاتی (تحت تأثیر رابطۀ خطی «فشار علم») ارائه خواهد شد. پس از آن، مقاله به مروری کوتاه بر انتقادهای وارد بر شاخص‌های مبتنی بر R&D، به‌ویژه راهنمای فراسکاتی خواهد پرداخت. این انتقادها، در نهایت به شکل‌گیری و ظهور نسل جدیدی از مدل‌های ارزیابی تحت عنوان پیمایش‌های نوآوری منجر شد. از همین‌رو، در ادامۀ مقاله، انواع این پیمایش‌های نوآوری و همچنین معتبرترین و استانداردترین این پیمایش‌ها یعنی «پیمایش نوآوری اتحادیۀ اروپا (CIS)» معرفی خواهد شد. در پایان نیز به میزان استقبال جامعۀ دانشگاهی از این پیمایش‌ها اشاره‌ای کوتاه خواهد شد.

«علم» و «فناوری»؛ کدام‌یک پیشرو و کدام‌یک پیرو؟

جهان امروزی، با ظهور صنایعی مانند الکترونیک، مواد شیمیایی و هوافضا توصیف می‌شود: یعنی صنایعی که بیشتر نیروی انسانی فعال در آن‌ها، دانشمندان و مهندسان آموزش‌دیده در دانشگاه‌ها بوده و پژوهش‌های علمی و دانشگاهی نقش قابل توجهی در پیشبرد آن‌ها ایفا کرده است؛ برای همین به این صنایع در اصطلاح «صنایع علم‌محور» اطلاق شده است. باور عمومی در مورد این صنایع بر این است که «علم، در نهایت به ظهور فناوری‌های جدید منجر خواهد شد»؛ اما مطالعۀ تاریخ علم و فناوری نشان می‌دهد که این تصویر، تنها «بخشی» از حقایق موجود در این صنایع را نشان می‌دهد؛ به‌عبارت دیگر، ارتباط میان علم و فناوری در این‌گونه صنایع، دو وجه دارد:

- وجهی که به ایجاد باورهای رایج دربارۀ رابطۀ یک‌طرفۀ فشار علم منجر شده است؛
- وجهی که وجود این رابطه را به‌شدت نقض می‌کند.

از آنجاکه وجه اول، تا حد زیادی برای خوانندگان، آشنا و شناخته‌شده است، در این مقاله بیشتر به معرفی وجه دوم پرداخته خواهد شد. همان‌گونه که نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶) به‌خوبی نشان داده‌اند، در بسیاری از مواقع و برخلاف باور رایج، این ظهور یک فناوری جدید بوده است که به شکل‌گیری مطالعات «علمی» جدید

منجر شده است تا این‌که مطالعات علمی جدید، با مطالعهٔ بیشتر بر روی آن فناوری، زمینهٔ بهبود و ارتقای بیشتر آن فناوری را فراهم کنند. جالب این‌که حتی در برخی مواقع، ظهور یک فناوری جدید، به شکل‌گیری یک «رشته‌ی علمیِ» کاملاً جدید هم انجامیده است. برای مثال، مطالعات علمی «سادی کارنوت»[۳] در اوایل قرن نوزدهم (که شکل‌گیری رشتهٔ علمی جدید «ترمودینامیک» را در پی داشت)، بیشتر ناشی از علاقهٔ وافر او به چگونگی کار موتور بخار (که سال‌ها قبل از ظهور رشتهٔ علمی ترمودینامیک اختراع شده بود) بوده است؛ یا ظهور رشتهٔ علمی شیمی پلیمر در قرن بیستم را باید بیشتر برخاسته از پژوهش‌های انجام‌شده در آزمایشگاه‌های «بنگاه‌های صنعتی» و در پاسخ به نیازهای خاصِ آن زمانِ «صنایع» دانست.

در مورد رشتهٔ علمی «مهندسی شیمی» نیز با چنین شرایطی روبه‌رو هستیم زیرا این ظهور صنایع شیمیایی مدرن (و نیازهای خاص این صنایع) بوده است که موجب شکل‌گیری این رشتهٔ علمی جدید شده است: ایجاد یک کارخانهٔ تولید مواد شیمیایی بزرگ و مدرن، هرگز به‌معنای بزرگ کردن ابعاد لوله‌های آزمایش یا تجهیزات مورد استفادهٔ دانشمندان در آزمایشگاه‌ها نیست! برای ایجاد یک کارخانهٔ تولید مواد شیمیایی بزرگ و مدرن، به ابداع تجهیزات و فرآیندهای متفاوتی نیاز است. درواقع تبدیل تجهیزات شیشه‌ای و فرآیندهای مورد استفادهٔ دانشمندانی مانند کاروترز[۴] (کاشف پلیمر) در آزمایشگاه‌های شرکت دوپونت[۵] به یک کارخانهٔ بزرگ‌مقیاس اقتصادیِ تولید پلیمر، به سال‌ها تلاش و توسعهٔ جدی و فعالیت‌های فراوان دیگری نیازمند است و اینجا بود که رشته‌ای جدید تحت عنوان رشتهٔ «مهندسی شیمی» شکل گرفت.

در مورد صنایع هوافضا هم چنین وضعیتی مشاهده می‌شود: در اینجا هم بار دیگر ظهور یک «فناوری» جدید موجب شکل‌گیری یک رشتهٔ علمی کاملاً جدید (برای حمایت از آن فناوری) شده است. وسیلهٔ دست‌وپا شکسته‌ای که برادران رایت در سال ۱۹۰۳ موفق شدند تنها به مدت چند ثانیه آن را به یک شبه‌هواپیما تبدیل کنند، بدون وجود هرگونه اصل علمی طراحی شده بود اما امیدی که همین پرواز کوتاه‌مدتِ این شبه‌هواپیما (و وسایل پرندهٔ اولیهٔ بعدی) در دل‌ها ایجاد کرد، به شکل‌گیری رشتهٔ علمی جدید «ایرودینامیک» و «مهندسی هوافضا» انجامید.

جالب اینجاست که دربارهٔ الکتریسیته (یعنی مهم‌ترین سنگ بنای علم در قرن بیستم) نیز می‌توان مورد مشابهی را مشاهده کرد: تلاش‌های ادیسون، به‌عنوان فردی غیردانشگاهی و اهل فناوری، جهت بهبود عملکرد لامپ‌های رشته‌ای در سال ۱۸۸۳، توجه او را به جریان الکتریسیتهٔ درون لامپ (در خلأ موجود میان رشتهٔ داغ و سیم فلزی) جلب کرد. به‌عبارت دیگر، مدت‌ها قبل از آن‌که جامعهٔ علمی به «فرضیه‌سازی» دربارهٔ وجود الکترون‌ها بپردازد، ادیسون توانسته بود از نزدیک وجود آن‌ها را مشاهده کند؛ اما پس از آگاه شدن از وجود الکترون، این جامعهٔ علمی بود که به جنب‌وجوش افتاده و با مطالعات و فرضیه‌پردازی‌های خود، زمینهٔ به‌کارگیری آن در حوزه‌های دیگر را ممکن ساخت. به این ترتیب، همان‌گونه که پژوهشگران منتقد رابطهٔ خطی «فشار علم» بدان اشاره کرده‌اند، باید این عبارت را که «ظهور فناوری‌های جدید به شکل‌گیری رشته‌های علمی جدید منجر شده است»، حداقل به همان اندازهٔ عبارتِ «این علم بوده است که به ظهور فناوری‌های جدید منجر شده است» درست بدانیم. البته از نظر نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، عبارت بهتری نیز می‌توان یافت: «با ظهور فناوری‌های مدرن، بخش بزرگی از علم و بخش بزرگی از فناوری، با یکدیگر آمیخته شده‌اند»؛ و علت اصلیِ این‌که امروزه در بنگاه‌های صنعتی، انجام بخش عمده‌ای از فناوری این بنگاه‌ها، بر دوش افرادی با مدارک دانشگاهی است یا علت این‌که در بسیاری از صنایع، پژوهش‌های دانشگاهی از نقش مهمی در پیشرفت فناوری آن صنایع برخوردارند، نه به‌دلیل وابسته بودن صِرفِ فناوری بر علم، بلکه به‌دلیل همین «درهم‌آمیخته شدن» علم و فناوری در دهه‌های گذشته است.

«تحقیق و توسعه در دانشگاه» یا «تحقیق و توسعه در بنگاه»؟

همان‌گونه که فریمن (۱۹۹۵) نشان داده است، در دههٔ ۱۸۷۰، در کشور آلمان تحولی بزرگ به‌وقوع پیوست که آن را باید سرآغاز بسیاری از نوآوری‌های بزرگ در دهه‌ها و قرن بعدی دانست: بنگاه‌های صنعتی آلمانی، برای اولین بار در جهان، به تأسیس دپارتمان‌هایی در ساختار خود تحت عنوان دپارتمان‌های R&D اقدام کردند. درواقع این بنگاه‌های صنعتی آلمان در صنعت مواد رنگی[۶] بودند که برای اولین بار در جهان به این یافتهٔ مهم رسیدند که اگر تلاش‌های خود برای دستیابی به محصولات و فرآیندهای جدید را به‌صورت پژوهش‌های «منظم»، «نظام‌مند» و «حرفه‌ای» و درون

دپارتمان‌هایی «تخصصی» انجام دهند، قادر خواهند بود به سود بیشتری دست یابند. در میان این بنگاه‌ها، می‌توان به شرکت‌های Hoechst ،Bayer و BASF اشاره کرد. هم‌اکنون نیز این شرکت‌ها، به پیروی از این سنت دیرینه (که خود مبدع آن بوده‌اند) چندین هزار دانشمند و مخترع را درون آزمایشگاه‌های R&D خود به خدمت گرفته‌اند. بدون شک، بسیاری از اکتشافات و نوآوری‌های بزرگ (مانند رنگ‌های مصنوعی یا داروهای شیمیایی یا بسیاری از کودهای شیمیایی) تولید این شرکت‌ها و شرکت‌های مشابه آلمانی (مانند Haber-Bosch) در آن سال‌ها، اصلی‌ترین عامل در ایجاد موقعیت ممتاز و پیشرو این کشور در جهان، قبل و بعد از جنگ جهانی اول محسوب می‌شود. این سه شرکت (Hoechst ،Bayer و BASF) با ادغام خود در سال ۱۹۲۶ شرکت بزرگ IG Farben را تشکیل دادند، بر فعالیت‌های R&D خود افزودند و حاصل این R&Dها، خلق نوآوری‌های بزرگ و اثرگذاری همچون الیاف مصنوعی و انواع لاستیک‌ها (مانند PVC، پلی‌استرن و...) شد. این موفقیت بزرگ بنگاه‌های آلمانی در صنایع شیمیایی، به کپی‌برداری عنصر اصلی موفقیت آن‌ها (یعنی همان دپارتمان‌های R&D) توسط بنگاه‌های کشورهای دیگر (مانند سوئیس) منجر شد که می‌توان این رخداد را نوعی «نوآوری سازمانی یا اجتماعی» به‌واسطه‌ی این کشورها قلمداد کرد. سپس این کپی‌برداری (نوآوری اجتماعی) به صنایع دیگر جهان نیز نفوذ کرد و در دههٔ ۱۸۸۰، آزمایشگاه‌های R&D در صنایع الکتریکیِ دو کشور ایالات متحده و آلمان ظهور یافتند. به این ترتیب بود که به‌تدریج استقرار آزمایشگاه‌های R&D، به یکی از مشخصه‌های مهم بسیاری از بنگاه‌ها (به‌خصوص بنگاه‌های بزرگ) در بسیاری از صنایع تبدیل شد.

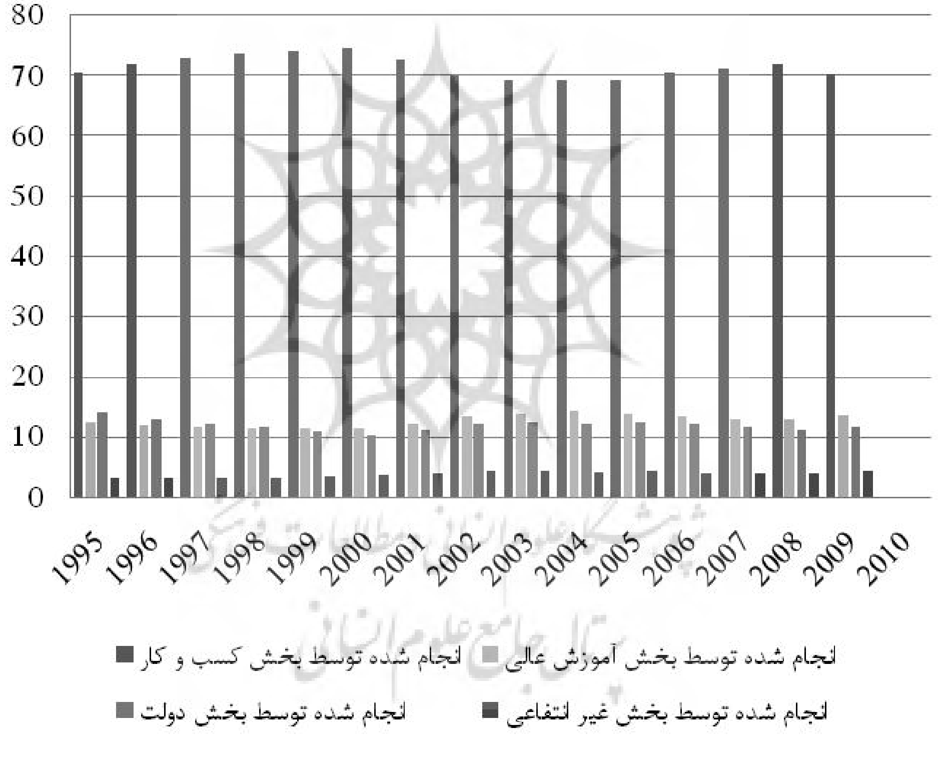
همان‌گونه که نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶) نشان می‌دهند، بیشتر این بنگاه‌های بزرگ، به‌تدریج آزمایشگاه‌های خود را پر از دانشمندان و مهندسانِ دارای تحصیلات دانشگاهی کردند؛ برای همین پس از مدتی، «کسب آموزش رسمی (در رشته‌های علمی)»، به یکی از شروط لازم برای فعالیت در این آزمایشگاه‌ها تبدیل شد تا جایی‌که تا سال ۱۹۱۰، دیگر روزهایی که نوابغ مدرسه‌نرفته‌ای مانند توماس ادیسون بتوانند خالق پیشرفت‌هایی شگرف باشند، به پایان خود نزدیک شد.

تا آغاز جنگ جهانی اول، روزبه‌روز بر اهمیت این آزمایشگاه‌های مستقر در بنگاه‌های صنعتی افزوده شد تا جایی‌که این آزمایشگاه‌ها، از طریق نوآوری‌های بزرگ و متعدد خود به هستهٔ اصلی پیشرفت‌های فناورانه در صنایع شیمیایی و صنایع تجهیزات الکتریکی تبدیل شدند. در ادامه، این آزمایشگاه‌ها به ایجاد ارتباطی نزدیک و تنگاتنگ با دانشگاه‌ها (که درواقع تغذیه‌کنندهٔ دانشمندان و مهندسان مشغول به‌کار در آزمایشگاه‌ها محسوب می‌شدند) اقدام کردند و نتیجهٔ همین ارتباط نزدیک و تنگاتنگ، شکل‌گیری پژوهش‌های موازی و مکمل در رشته‌های علوم کاربردی و مهندسی دانشگاه‌ها شد که حتی گاه موجب تعریف رشته‌های علمی جدید در دانشگاه‌ها هم می‌شد. این ارتباط نزدیک و تنگاتنگ، حتی در برخی موارد، جریان پژوهش‌ها در علوم پایه را نیز تحت تأثیر قرار می‌داد. برای مثال وقتی ترانزیستور در آزمایشگاهی متعلق به یک بنگاه صنعتی (AT&T) معرفی شد، به‌سرعت «فیزیک حالت جامد»[۷] از یک ریزموضوع کوچک علمی به بزرگ‌ترین مجموعهٔ رشتهٔ فیزیک تبدیل می‌شود.

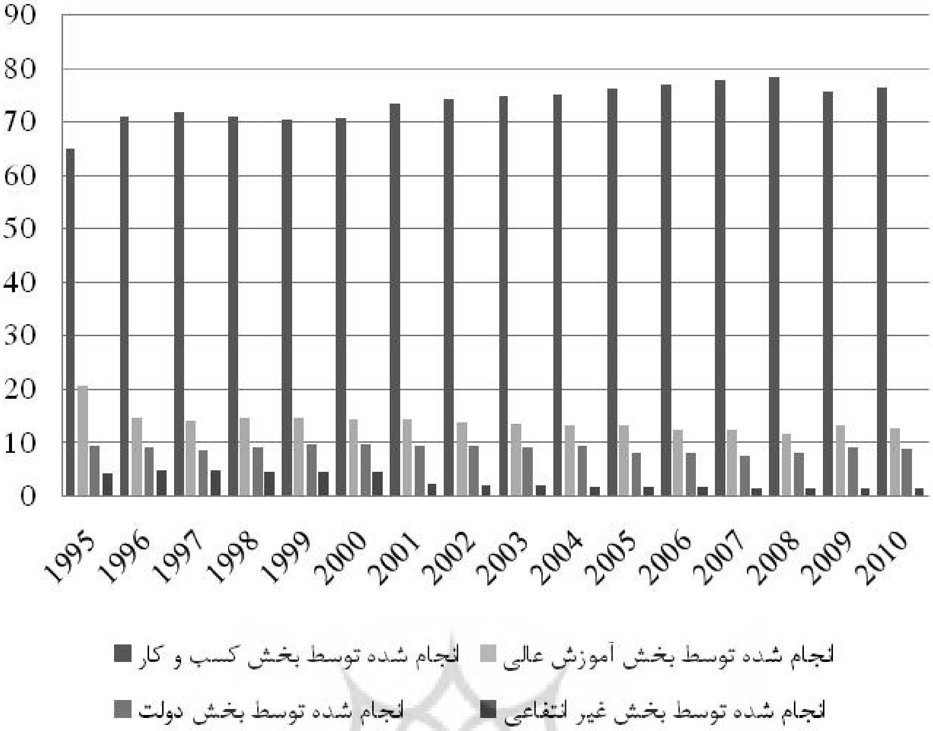
از نظر نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، مطالعهٔ تاریخ نوآوری‌های بزرگ نشان می‌دهد که به‌طور کلی در بسیاری از حوزه‌ها (و البته نه تمام حوزه‌ها) همین آزمایشگاه‌های مستقر در بنگاه‌های صنعتی بزرگ (و نه آزمایشگاه‌های مستقر در دانشگاه‌ها و نه آزمایشگاه‌های دولتی) را باید نیروی محرک اصلی نوآوری در صنایع موسوم به صنایع علم‌محور (مانند صنایع تجهیزات الکتریکی، صنایع شیمیایی و صنایع هوافضا) دانست که علل این موضوع را می‌توان به این صورت توضیح داد: برای توسعه و ارتقای یک فناوری در حال ظهور، حتی اگر این فناوری از طریق دانشگاه به صنعت معرفی شده باشد، به انجام پژوهش‌های بسیار بیشتری نیاز است؛ اما یافتن بهترین مسیر برای این پژوهش‌های بیشتر، دانشی عمیق و از نزدیک در مورد نقاط قوت و ضعف این فناوری و نیز نیازمند دانشی عمیق و از نزدیک از حوزه‌هایی از این فناوری است که در آینده از منافع اقتصادی زیادی برخوردار خواهد بود؛ اما نکتهٔ مهم اینجاست که این دانش عمیق و از نزدیک، بیش از هر کس در دستان استفاده‌کنندگانِ فناوری، یعنی بنگاه‌ها، مشتریان و تأمین‌کنندگان آن‌هاست. از طرف دیگر، در بسیاری از موارد، منتفع شدن از یک فناوری و به‌ثمر نشستن آن، مستلزم یکپارچه کردن فعالیت‌های R&D با فعالیت‌های دیگری مانند «تولید» و «بازاریابی» است و این یکپارچگی هنگامی با اثربخشی بیشتری ایجاد خواهد شد که هر سه فعالیت فوق، درون یک سازمان و به‌واسطهٔ مجموعه‌ای واحد صورت پذیرد. این مجموعه، درواقع همان چیزی است که «بنگاه» نامیده می‌شود.

این موضوع، به‌خوبی در مشاهده‌های تاریخدان بزرگ، آلفرد چندلر (۲۰۰۵ و ۲۰۰۹) نیز قابل مشاهده است: تجاری‌سازی یک دانش علمی جدید، نیازمند ترکیب این دانش علمی با فعالیت‌های طراحی محصول، تولید محصول، بازاریابی محصول و توزیع محصول، به شکلی یکپارچه است و این ترکیب یکپارچه، تنها در طول زمان و از طریق یک فرآیند یادگیری صورت می‌پذیرد؛ از همین‌رو پیشرفت‌های حاصل در صنایع علم‌محوری مانند «الکترونیک»، «شیمیایی» و «داروسازی»، حاصل تلاشِ تنها تعداد بسیار اندکی بنگاه (که توانسته‌اند به یادگیریِ یکپارچهٔ فوق دست یابند) بوده است. از نظر نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، به همین دلایل است که اگرچه در مراحل اولیهٔ تعداد قابل توجهی از فناوری‌ها، می‌توان رد پای مهمی از دانشگاه‌ها را مشاهده کرد اما توسعه و ارتقای آن فناوری، بیشتر توسط بنگاه‌های صنعتی و به‌خصوص آزمایشگاه‌های R&D مستقر در بنگاه‌های بزرگ صورت گرفته است.

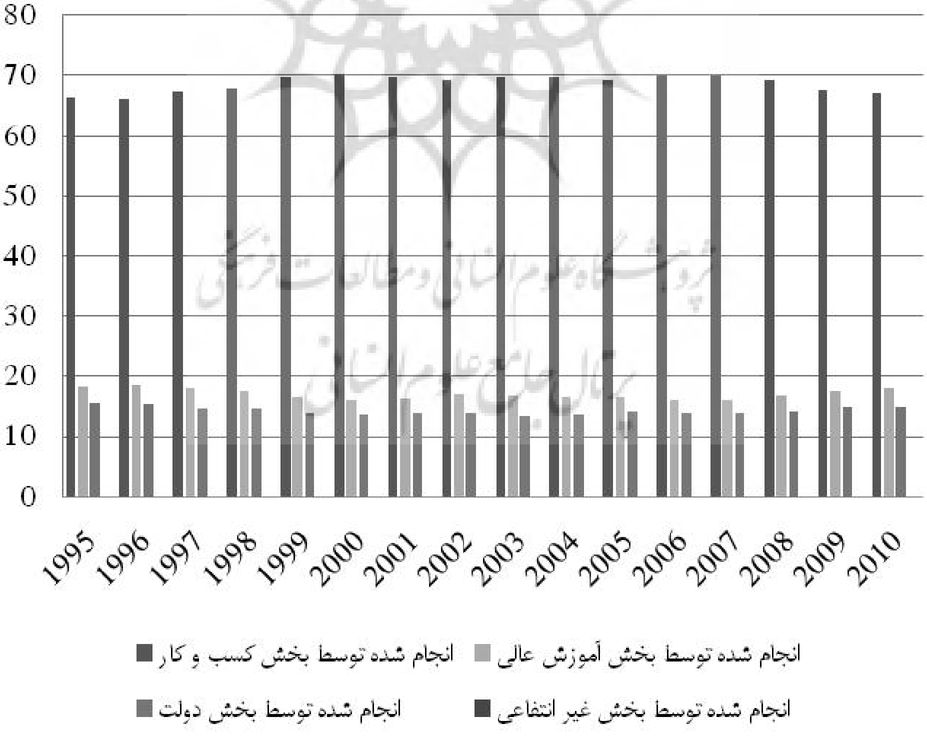
این موضوع را می‌توان به‌خوبی در آمارهای منتشرشده در مورد چگونگی اجرای R&D در کشورها نیز مشاهده کرد. نمودارهای ۱ تا ۵، چگونگی اجرای R&D در پنج کشور صنعتی جهان را (ایالات متحده، ژاپن، آلمان، کرهٔ‌جنوبی و انگلستان) از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ به تصویر کشیده‌اند. همان‌گونه که در این پنج نمودار نیز به‌خوبی مشخص است، در هر پنج کشور صنعتی فوق، این بنگاه‌ها هستند که بیشترین سهم را در اجرای R&D (اغلب بیش از ۷۰درصد) در کشور خود بر عهده دارند.



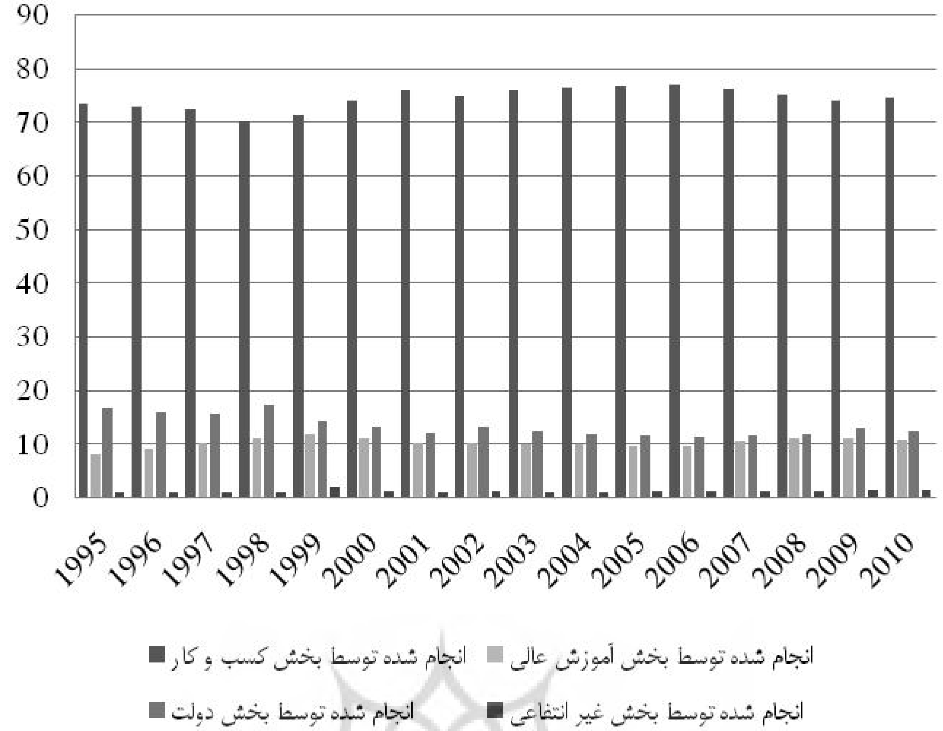
نمودار ۱. اجرای R&D در ایالات متحده (منبع: شاخص‌های کلیدی علم و فناوری OECD)



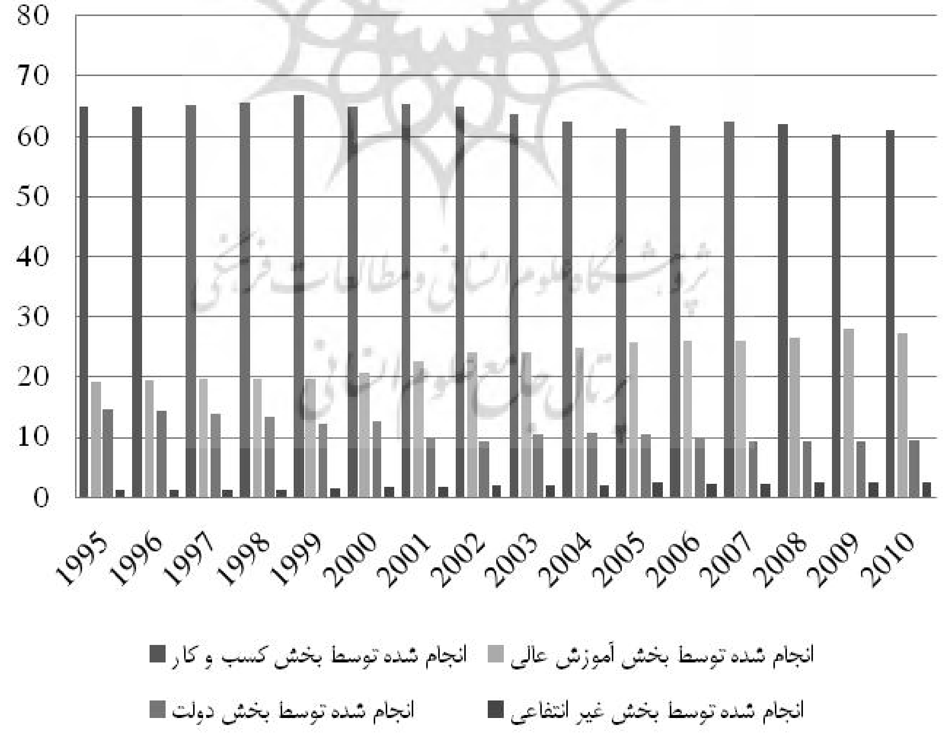
نمودار ۲. اجرای R&D در ژاپن (منبع: شاخص‌های کلیدی علم و فناوری OECD)



نمودار ۳. اجرای R&D در آلمان (منبع: شاخص‌های کلیدی علم و فناوری OECD)



نمودار ۴. اجرای R&D در کرۀجنوبی (منبع: شاخص‌های کلیدی علم و فناوری OECD)



نمودار ۵. اجرای R&D در انگلستان (منبع: شاخص‌های کلیدی علم و فناوری OECD)

نوآوری، فقط R&D نیست!

تا این‌جا به دو نکتهٔ مهم پرداخته شد:

اول این‌که رابطهٔ علم و فناوری، رابطه‌ای یک‌طرفه نیست بلکه رابطه‌ای درهم‌آمیخته و دوطرفه است.

دوم این‌که موتور محرک نوآوری در صنایع، حتی صنایع موسوم به صنایع علم‌محور، دانشگاه‌ها نیستند بلکه درحقیقت آزمایشگاه‌های مستقر در بنگاه‌های صنعتی‌اند.

اما نکتهٔ سومی هم وجود دارد: نوآوری، فقط معادل R&D و اختراعات رادیکال نیست؛ به‌عبارت دیگر، اگر نگاهی به بیشتر نوآوری‌های بزرگ در دنیای امروز بیندازیم متوجه خواهیم شد که بخش عمده‌ای از این نوآوری‌ها، حاصل بهبودهایی تدریجی است که در طول سالیان دراز و پس از آزمون و خطای بسیار حاصل شده است (حتی اگر منشأ این نوآوری‌ها، اختراعات رادیکال بوده باشد). همان‌گونه که نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶) نشان می‌دهند، این بهبودهای تدریجی، بیش از هر چیز خود را در فعالیت‌های «طراحی» (که بنگاه‌ها انجام می‌دهند) نمود می‌یابند: فعالیت طراحی، فعالیتی است که در آن، بنگاه تلاش می‌کند محصولی را طراحی کند که ضمن برخورداری از ویژگی‌های عملکردی مطلوب، «هزینهٔ» طراحی و تولید آن نیز از محدودیت‌های موجود فراتر نرود. موضوع بسیار مهم این‌جاست که دستیابی به توانمندیِ اجرای این‌گونه طراحی‌های مهندسی، اگر پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر از فعالیت‌های R&D آزمایشگاهی نباشد، کمتر از آن نیست. برای مثال، یکی از شرکت‌های بزرگ هواپیماسازی در دههٔ ۹۰، فقط هزینهٔ طراحی دوبارهٔ بال هواپیما برای یکی از هواپیماهای پهن‌پیکر جدید خود را در حدود یک میلیارد دلار برآورد کرده بود. همچنین ازآنجاکه اغلب اوقات، نتیجهٔ یک طراحی بزرگ، از قبل قابل پیش‌بینی نیست، طراحان چاره‌ای جز آزمودن مکرر طراحی خود ندارند. برای مثال، در صنایع شیمیایی، این‌گونه آزمون‌ها از طریق ساخت یک کارخانهٔ پایلوت صورت می‌گیرد. کارخانهٔ پایلوت، درواقع نوعی کارخانهٔ متوسط‌مقیاس است که در آن، تجهیزات و فرآیندهایی (به‌منظور دستیابی به تولید انبوه مواد شیمیایی) مورد آزمون قرار می‌گیرد که از قضا هیچ مشابهتی با آنچه پیشتر در آزمایشگاه‌های R&D بنگاه‌ها مورد استفاده گرفته است، ندارد؛ زیرا برای تولید انبوه‌مقیاسِ یک محصولِ اختراع‌شده در یک آزمایشگاه، هرگز نمی‌توان این کار را از طریق بزرگ مقیاس کردن لوله‌های آزمایش یا تجهیزات دیگر مورد استفادهٔ دانشمندان در آزمایشگاه، انجام داد و به تجهیزات، فرآیندها و به‌طور کلی یک طراحی کاملاً جدید نیاز است. برای کسب اطمینان از امکان‌پذیری فنی (فناورانه) و همچنین اقتصادیِ این طراحی جدید، راهی به‌جز آزمون آن از طریق کارخانه‌های پایلوت وجود ندارد. در صنایع هوافضا نیز طراحان از ماکت‌های اولیه[۸] برای آزمودن طراحی‌های خود بهره می‌برند. مهم‌ترین نکته این‌جاست که در طی ساخت همین ماکت‌های اولیه و کارخانه‌های پایلوت، دانش‌هایی جدید و نیز محصولات و فرآیندهایی کاملاً جدید، به‌طور غیرقابل برنامه‌ریزی‌شده خلق می‌شوند. درواقع همان‌گونه که در بخش‌های قبلی همین مقاله نیز اشاره شد، در بسیاری از موارد، این علم بوده است که تحت تأثیر همین دانش برآمده از همین تست‌ها و آزمون‌ها، پیرو فناوری شده است: ابتدا برادران رایت اولین ماشین پرنده را به پرواز درآوردند و سپس دانش ایرودینامیک برای توضیح علمیِ عوامل ایجادکنندهٔ نیروی برا (Lift) و نیروی پسا (Drag) در آن ماشین پرنده شکل گرفته است. نظریهٔ مشهور «حفره‌ها و الکترون‌ها»[۹] را ویلیام شاکلی[۱۰] زمانی مطرح کرد که او و همکارانش در حال تست و آزمون ترانزیستوری بودند که در آزمایشگاه‌های بل[۱۱] متعلق به بنگاه صنعتی AT&T طراحی کرده بودند.

ماشین پرندهٔ برادران رایت در سال ۱۹۰۳ را به‌سختی می‌توان چیزی بیش از «یک دوچرخهٔ بزرگ و بدقواره‌ای که به دو طرفش دو بال متصل شده بود» دانست؛ حتی اجزای مختلف این ماشین پرنده، با ابزارهایی ابتدایی مانند سیم و چسب به یکدیگر متصل شده بود و کل مسیری که این ماشین پرنده توانست طی کند تنها چندصد متر بود. درواقع تا دههٔ ۱۹۳۰ طول کشید تا ساختار هواپیماها به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شود که بتوانند از نظر استحکام، قدرت تحمل و سبُکی به حد قابل قبولی دست یابند و در نهایت با طراحی و ساخت هواپیمای DC-3 بود که هواپیما به وسیله‌ای مطمئن برای حمل‌ونقل تبدیل شد (میلر و سائرز، ۱۹۷۰). اما همچنان شاهد آن هستیم که میان ویژگی‌های عملکردی DC-3 (در ۵۰سال قبل) و هواپیماهای پهن‌پیکر امروزی (با موتورهای جت پرقدرت، تجهیزات الکترونیکی پیچیده و با قابلیت پرواز در شدیدترین وضعیت آب‌وهوایی) فاصله‌ای بی‌اندازه زیاد وجود دارد. بدین‌ترتیب، باید گفت که هر جزئی

از هواپیماهای پیشرفتهٔ امروزی، جز از طریق یک بهبود مستمر، تدریجی و انباشتی بر روی اجزای هواپیمای اولیهٔ سال ۱۹۰۳ برادران رایت در طول سالیان متمادی، حاصل نشده است.

از نظر نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸) و کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، این پدیدهٔ «بهبود مستمر و تدریجیِ مدل‌های اولیه»، دربارهٔ اغلب صنایع دیگر نیز صدق می‌کند. درواقع بیشتر فعالیت‌های R&D بنگاه‌ها در حال حاضر، نه بر روی اختراعات کاملاً رادیکال، بلکه بر محصولاتی (مانند هواپیما، اتومبیل، و دوربین) متمرکز است که مدت‌ها پیش پا به عرصهٔ وجود نهاده‌اند. حتی ترانزیستور نیز که به‌واقع آغازگر تحولی شگرف در نیمهٔ دوم قرن بیستم محسوب می‌شد، انواع اولیه‌ی آن از چهل سال قبل از کاربرد گستردهٔ آن در صنعت الکترونیک، برای بنگاه‌ها و جامعهٔ دانشگاهی شناخته شده بود؛ اما شکنندگی، نامطمئن بودن و قیمت بالای این ترانزیستورهای اولیه، مانع از به‌کارگیری گستردهٔ آن‌ها در دنیای صنعت شده بود. انقلاب ترانزیستور از دههٔ ۱۹۴۰ آغاز شد؛ زمانی‌که بهبودهای متوالی بر روی این ترانزیستورهای اولیه توانست مشکلات اساسی آن را به‌تدریج رفع کند. همین موضوع را در مورد خودرو نیز شاهد هستیم. به این ترتیب، می‌توان با قطعیت ادعا کرد که اهمیت نوآوری‌های تدریجی و مستمر (حاصل یادگیری و آزمون و خطا) اگر بیشتر از نوآوری‌های رادیکال (حاصل R&D) نباشد بی‌شک کمتر هم نیست.

همان‌گونه که فریمن (۱۹۹۵)، نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸)، کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، فاگربرگ (۲۰۰۶)، لاندول و همکارانش (۲۰۰۹) و نلسون (۲۰۰۸) نشان می‌دهند، این‌گونه یادگیری‌ها و آزمون و خطاها، در کشورهای درحال‌توسعه اهمیت دوچندانی می‌یابند. در کشورهای درحال‌توسعه، آنچه برای بنگاه‌های این کشورها یک نوآوری بزرگ محسوب می‌شود درواقع چیزی نیست مگر «یاد گرفتنِ» به‌کارگیری و آشنایی با طرز کار فناوری‌هایی که پیش از این، بنگاه‌های کشورهای پیشرفته به‌کار گرفته‌اند و این یادگیری جز از طریق صرف زمان زیاد برای بررسیِ از نزدیکِ آن فناوری‌ها و همچنین جز از طریق از هم جدا کردن قطعات و اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن فناوری‌ها (که مهندسی معکوس نامیده می‌شود) امکانپذیر نیست. علاوه بر این، همان‌گونه که فریمن (۱۹۸۲ و ۱۹۹۵)، پویت (۱۹۸۴)، کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، ون هیپل (۱۹۷۶ و ۱۹۸۸)، لاندول (۱۹۹۲)، نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸)، روزنبرگ و نلسون (۱۹۹۴) و کوهن و همکاران (۲۰۰۲) نشان می‌دهند بسیاری از این نوآوری‌های تدریجی و مستمر، تنها در خلال فعالیت‌های بنگاه مانند «ارتباط با بنگاه‌های خریدار، ارتباط با بنگاه‌های تأمین‌کننده، ارتباط با بنگاه‌های رقیب، آشنایی با تجهیزات جدید، فعالیت در بازارهای جدید و برخورد با یک مشکل در خط تولید» به‌وقوع می‌پیوندد؛ برای در نظر گرفتن اهمیت این‌گونه فعالیت‌ها همواره ضرورت دارد.

ظهور شاخص‌های مبتنی بر R&D: ترویج و گسترش راهنمای فراسکاتی

به‌این ترتیب، تا این بخش مقاله را می‌توان به‌صورت سه نکتهٔ زیر خلاصه کرد:

۱. رابطهٔ علم و فناوری، رابطه‌ای یک‌طرفه نیست بلکه رابطه‌ای از نوع درهم‌آمیختگی و رابطه‌ای دوطرفه است؛

۲. موتور محرک نوآوری در صنایع، حتی صنایع موسوم به صنایع علم‌محور، نه دانشگاه‌ها بلکه درحقیقت آزمایشگاه‌های مستقر در بنگاه‌های صنعتی است؛

۳. نوآوری، تنها معادل R&D و اختراعات رادیکال نیست بلکه بخش عمده‌ای از نوآوری‌ها، حاصل بهبودهایی تدریجی است که در طول سالیان دراز و پس از آزمون و خطای بسیار حاصل شده است.

با وجود این سه نکته، باید اذعان کرد که تا پیش از سه دههٔ قبل، باور رایج در میان سیاستگذاران و پژوهشگران، همان رابطهٔ خطی و یک‌طرفهٔ «فشار علم» بوده است. همان‌گونه که فریمن (۱۹۹۵) نشان می‌دهد، این باور، با وقوع جنگ جهانی دوم به‌شدت نیز تقویت شد زیرا پروژهٔ منهتن[۱۲] (پروژهٔ ساخت بمب اتم) و تأثیر آن در نتیجهٔ جنگ موجب شد تا علم (و به‌خصوص علمِ بزرگ‌مقیاس)[۱۳] در نظر همگان بیشتر قدرت‌نمایی کند. به‌این ترتیب، پس از جنگ جهانی دوم، پرستیژ و اعتبار آزمایشگاه‌های حرفه‌ای R&D در حد بسیار زیادی افزایش یافت و درنتیجه، در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، میزان فعالیت‌های R&D در تمام کشورهای صنعتی به‌شدت افزایش یافت (جدول ۱). تحت تأثیر این جریان، حتی کشورهای جهان سوم نیز شروع به تأسیس شوراهای علمی، آزمایشگاه‌های بزرگ و نهادهای علمی دیگر کرده و به‌خصوص بر فیزیک هسته‌ای (و حتی در برخی موارد بر سلاح‌های هسته‌ای) متمرکز شدند که از میان این کشورها

می‌توان به آرژانتین، هند، برزیل، اسرائیل و یوگوسلاوی اشاره کرد. بنابراین چندان نباید تعجب کرد که در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، شوراهای علمی به مشاوران «اصلی» دولت‌ها تبدیل شدند و مشاورهٔ آن‌ها به دولت‌ها نیز چیزی نبود مگر مدل خطی «فشار علم»:

علوم پایه (به‌خصوص فیزیک پایه) -> تأسیس آزمایشگاه‌های بزرگ‌مقیاس -> کاربرد علم و در نهایت تحقق نوآوری.

اوج این نوع مشاوره‌ها را می‌توان در گزارش مشهور (و تأثیرگذار بر جامعهٔ سیاستگذار ایالات متحده) وارنار بوش تحت عنوان «علم؛ مرزهای بی‌پایان»[14] مشاهده کرد.

جدول ۱. رشد سریع R&D نسبت به GDP در کشورها؛ در دو دههٔ ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ (منبع: فریمن، ۱۹۹۵)

کشور	۱۹۳۴	۱۹۶۷	۱۹۸۳	۱۹۸۳ (فقط R&D غیرنظامی)
ایالات متحده	۰,۶	۳,۱	۲,۷	۲,۰
کشورهای اروپایی	۰,۲	۱,۲	۲,۱	۱,۸
ژاپن	۰,۱	۱,۰	۲,۷	۲,۷
جماهیر شوروی	۰,۳	۳,۲	۳,۶	۱,۰

به این ترتیب در نظر همگان، این نظام R&D هر کشور بود که منبع و نیروی محرک نوآوری محسوب می‌شد. همان‌گونه که فریمن و سوئت (۲۰۰۹) نیز به‌خوبی نشان می‌دهند، سازمان‌های بین‌المللی آن زمان، مانند بنیاد علوم آمریکا (NSF[15]) و سپس OECD [16] این باور همگانی مشهور را تقویت و ترویج می‌کردند. نقطهٔ اوج این ترویج، تهیهٔ یک راهنمای استاندارد تحت عنوان «راهنمای فراسکاتی» به منظور سنجش سیاست‌های علم و فناوری کشورها بود که در سال ۱۹۶۳ و در شهر فراسکاتی ایتالیا و با حضور نمایندگانی از کشورهای عضو OECD به تصویب این کشورها رسید.[17] در این راهنما، اگرچه به این نکتهٔ مهم اشاره شده بود که پیشرفت فناورانه، تنها بر فعالیت R&D وابسته نیست اما آنچه در واقعیت و تحت تأثیر این راهنما رخ داد این بود که شاخص‌های مبتنی بر R&D تا حدودی به‌عنوان تنها شاخص سنجش و ارزیابیِ سیاست‌های علم و فناوری کشورها مورد پذیرش همگان قرار گرفت. اما این تأکید وسواس‌گونه بر شاخص‌های مبتنی بر R&D به‌تدریج موجب شد تا ابعاد مهم و دیگر نوآوری (که در بخش ۲ تا ۴ مقاله بدان‌ها اشاره شد) نادیده‌گرفته شده و یا حتی فراموش شوند. با تصویب راهنمای فراسکاتی، موجی از تهیهٔ گزارش‌های متنوع و رنگارنگ در میان کشورهای عضو OECD به راه افتاد. هدفِ تمامی این گزارش‌ها، که انتشار آن‌ها همچنان تا به‌امروز و بر همان بنیان‌های فکری دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ (به‌خصوص مفروضات راهنمای فراسکاتی) ادامه دارد، ارزیابی عملکرد کشورها بر مبنای یک خط‌کش یکسان بین‌المللی در دو حوزهٔ «نظام رسمی R&D هر کشور» و «نظام آموزش رسمی هر کشور در حوزهٔ فنی» بوده است.

ظهور انتقادهایی علیه شاخص‌های مبتنی بر R&D و راهنمای فراسکاتی

با گذشت زمان، علاوه بر موج پژوهش‌هایی که گیبونز و جانستون (۱۹۷۵)، کلِوُریک و همکارانش (۱۹۹۵)، منزفیلد (۱۹۹۵)، فریمن (۱۹۸۲ و ۱۹۹۵)، پویت (۱۹۸۴)، روزنبرگ (۱۹۸۲)، کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، روزنبرگ و نلسون (۱۹۹۴)، ون هیپل (۱۹۷۶ و ۱۹۸۸)، لاندول (۱۹۹۲)، نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸)، فلر (۱۹۹۰)، و نارین و همکارانش (۱۹۹۷) ایجاد کردند، وقوع دو اتفاق مهم در سطح بین‌المللی نیز باورهای قبلی دربارهٔ ضرورت تمرکزِ صِرف بر R&D رسمی را متزلزل کرد:

اتفاق اول) موفقیت چشمگیر ژاپن (و سپس کرهٔ‌جنوبی) در جهش اقتصادی، بدون داشتن ساختارهای رسمی R&D.

اتفاق دوم) سقوط اقتصاد اتحاد جماهیر شوروی با وجود داشتن ساختارهای رسمی R&D قدرتمند.

درواقع تجربهٔ اتحاد جماهیر شوروی به‌خوبی نشان می‌داد که اختصاص دادن منابع بیشتر (و باز هم بیشتر!) به R&D، به‌خودی‌خود به نوآوری‌های موفق و به تبع آن بهره‌وری بالاتر نخواهد منجر شد. در اتحاد جماهیر شوروی، اگرچه فعالیت R&D بسیار قابل توجهی در جریان بود اما بخش عمده‌ای (حدود سه‌چهارم) از آن، به حوزه‌های نظامی و فضایی اختصاص یافته بود بدون این‌که این R&D به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به اقتصاد غیرنظامی این کشور سرریز کند.

به‌عبارت دیگر، از ۴درصدی که از GNP این کشور به فعالیت‌های R&D اختصاص یافته بود (که حتی نسبت به ایالات متحده، یک درصد هم بیشتر بود) ۳درصد به R&D نظامی و تنها یک درصد به R&D غیرنظامی اختصاص یافته بود.

فریمن (۱۹۹۵) نظام نوآوری اتحاد جماهیر شوروی را به این صورت توصیف می‌کند: این آزمایشگاه‌های بزرگ R&D و نه بنگاه‌ها هستند که وظیفهٔ ارتقای فناوری و نوآوری را در این کشور بر عهده دارند. در نظام نوآوری فوق می‌توان شاهد آن بود که هر فعالیتی که به‌نحوی با فناوری و نوآوری در ارتباط بوده است، از بنگاه‌ها خارج شده و به نهادهای دیگر واگذار شده است: تأسیس مؤسسه‌های تحقیقاتیِ مستقر در نظام دانشگاهی[۱۸] برای انجام پژوهش‌های بنیادین؛ تأسیس مؤسسه‌های تحقیقاتی در هر بخش صنعت برایِ انجام پژوهش‌های کاربردی و در نهایت تأسیس مؤسسه‌هایی برای طراحی کارخانه‌ها و وارد کردن فناوری؛ حاصل این تشتت، چیزی نبود مگر ارتباط ضعیف میان این مؤسسه‌ها و بنگاه‌ها و درنتیجه، نرخ نوآوری اندک در میان بنگاه‌های اتحاد جماهیر شوروی (البته نبود ارتباط مناسب میان بنگاه‌ها و بازار را نیز باید بر این مورد افزود). در نظام نوآوری اتحاد جماهیر شوروی، وجود مشوق‌های منفی برای بنگاه‌ها (مانند الزام بنگاه‌ها به تحقق اهداف کمّیِ برنامه‌ریزی‌شدهٔ برنامه‌ریزان دولتی) بر نرخ پایین نوآوری در این بنگاه‌ها تأثیر زیادی برجای گذاشته بود. این درحالی‌است که در همان سال‌ها و در گوشهٔ دیگری از دنیا، دو کشور ژاپن و کرهٔجنوبی، از طریق یکپارچه کردن هر سه فعالیت «R&D»، «تولید»، و «واردات فناوری» حول محور خود بنگاه‌ها، توانسته بودند دینامیک نوآوری مناسبی را درون خود ایجاد کرده و حاصل این دینامیک نیز چیزی جز جهش فناورانه و اقتصادیِ این دو کشور نبود (تاکئوچی و نوناکا، ۱۹۸۶؛ فریمن، ۱۹۸۷).

در جدول ۲، ویژگی‌های نظام ملی نوآوری در دو کشور ژاپن و اتحاد جماهیر شوروی در دهۀ ۱۹۷۰ یعنی آغاز فروپاشی اقتصادی اتحاد جماهیر شوروی به تصویر کشیده شده است.[۱۹]

جدول ۲. ویژگی‌های نظام ملی نوآوری در دو کشور ژاپن و اتحاد جماهیر شوروی در دهۀ ۱۹۷۰ (منبع: فریمن، ۱۹۹۵)

ژاپن	جماهیر شوروی
نسبت R&D به GNP: زیاد (۲،۵درصد)؛ نسبت R&D نظامی به کل R&D: بسیار کم (کمتر از ۲درصد)	نسبت R&D به GNP: بسیار زیاد (۴درصد)؛ نسبت R&D نظامی به کل R&D: بسیار زیاد (بیش از ۷۰درصد)
انجام بخش قابل توجهی از R&D ملی در سطح بنگاه‌ها و تأمین مالی بخش قابل توجهی از R&D ملی توسط بنگاه‌ها (حدود ۶۷درصد)	انجام بخش بسیار اندکی از R&D ملی در سطح بنگاه‌ها و تأمین مالی بخش بسیار اندکی از R&D ملی توسط بنگاه‌ها (کمتر از ۱۰درصد)
از هم جدا بودن فعالیت‌های R&D، تولید و واردات فناوری و وجود ارتباط ضعیف میان آن‌ها	یکپارچه بودن فعالیت‌های R&D، تولید و واردات فناوری، حول محور خود بنگاه‌ها
وجود مشوق‌های قوی در سطح بنگاه‌ها جهت نوآوری	وجود مشوق‌های ضعیف یا حتی منفی در سطح بنگاه‌ها برای نوآوری (الزام بنگاه‌ها برای تحقق اهداف کمّی برنامه‌ریزی‌شدهٔ برنامه‌ریزان دولتی)
قرار دادن بنگاه‌ها در معرض رقابت موجود در بازارهای بین‌المللی	قرار نگرفتن بنگاه‌ها در معرض رقابت موجود در بازارهای بین‌المللی (به‌استثنای رقابت تسلیحاتی با ایالات متحده)
وجود ارتباط قوی میان بنگاه‌ها، بازار و بنگاه‌های دیگر	وجود ارتباط بسیار ضعیف میان بنگاه، بازار و بنگاه‌های دیگر

ظهور پیمایش‌های نوآوری

به دلیل همین کاستی‌ها و نارسایی‌های شاخص‌های مبتنی بر R&D (به‌خصوص راهنمای فراسکاتی) و به موازات مطالعات پژوهشگرانی مانند گیبونز و جانستون (۱۹۷۵)، کِلوُریک و همکارانش (۱۹۹۵)، منزفیلد (۱۹۹۵)، فریمن (۱۹۸۲ و ۱۹۹۵)، پویت (۱۹۸۴)، روزنبرگ (۱۹۸۲)، کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶)، روزنبرگ و نلسون (۱۹۹۴)، ون هیپل (۱۹۷۶ و ۱۹۸۸)، لاندول (۱۹۹۲)، نلسون و روزنبرگ (۱۹۹۸)، فلر (۱۹۹۰) و نارین و همکارانش (۱۹۹۷)، به‌تدریج ضرورت وجود یک سیستم سنجش و ارزیابی جدید که بتواند به‌غیر از فعالیت R&D، ابعاد دیگر و نادیده‌گرفته‌شدهٔ نوآوری را هم (که در بخش‌های قبل بدان‌ها اشاره شد) پوشش دهد، احساس می‌شد. به‌همین دلیل، در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، به‌تدریج پیمایش‌هایی تحت عنوان «پیمایش‌های نوآوری»[۲۰] در جهان ظهور یافتند که از مشهورترین این پیمایش‌ها در آن دو دهه می‌توان به پیمایش ییل (۱۹۸۳)، پیمایش SPRU (۱۹۸۳)، و پیمایش کارنگی‌ملون (۱۹۹۴) اشاره کرد.[۲۱]

دسته‌بندی پیمایش‌های نوآوری

به‌طور کلی پیمایش‌های نوآوریِ انجام‌شده در سطح جهان را می‌توان به دو دستهٔ کلی «فاعلی» و «مصداقی» دسته‌بندی کرد (اسمیت، ۲۰۰۵) (پیانتا و آرچیبوگی، ۱۹۹۶):

در پیمایش‌های «فاعلی» مانند پیمایش کارنگی ملون، اطلاعات پیمایش به‌طور مستقیم از طریق پرسش از خود بنگاه‌ها جمع‌آوری می‌شود. در این نوع پیمایش‌ها، از بنگاه‌ها دربارهٔ انواع فعالیت‌های نوآورانهٔ آن‌ها، ورودی‌های مورد استفادهٔ بنگاه‌ها برای نوآوری (چه R&D و چه غیر R&D)، و خروجی فعالیت‌های نوآورانهٔ بنگاه‌ها پرسش می‌شود. این‌گونه پیمایش‌ها از آن جهت «فاعلی» نامیده می‌شوند که نقطهٔ تمرکز خود را بر روی «فاعلِ» نوآوری یعنی خود بنگاه‌ها قرار می‌دهند؛ اما در پیمایش‌های مصداقی، پیمایش به‌جای تمرکز بر بنگاه‌ها، به بررسی «نوآوری‌های بزرگ و رادیکالِ» رخ‌داده در سطح کشور (یا منطقه) و بررسی چگونگی وقوع آن‌ها (مانند بزرگی بنگاه معرفی‌کنندهٔ نوآوری) می‌پردازد که این کار از طریق اخذ نظرات خبرگان یا مطالعهٔ مجلات تجاری صورت می‌پذیرد. این‌گونه پیمایش‌ها از آن جهت «مصداقی» نامیده می‌شوند که نقطهٔ تمرکز خود را بر روی مصداق‌های عینیِ فعالیت نوآوری بنگاه‌ها، یعنی خود نوآوری‌ها و فناوری‌ها قرار می‌دهند.

۲. پیمایش‌های مصداقی

شاید مهم‌ترین پیمایش مصداقی انجام‌شده تاکنون «پیمایش SPRU» باشد که دپارتمان SPRU (معتبرترین مرکز مطالعاتی در حوزهٔ نوآوری در اروپا) در دانشگاه ساسکس انگلستان به انجام رسانده است. در این پیمایش، با پرسش از ۴۰۰خبرهٔ مطلع در کشور انگلستان، ۴۳۰۰نوآوری بزرگ رخ‌داده در صنایع انگلستان (در همهٔ بخش‌ها) از پایان جنگ جهانی دوم تا سال ۱۹۸۳ جمع‌آوری شده و در کنار هر یک از این نوآوری‌ها، «منبع آغاز نوآوری» (مانند R&D دانشگاه یا R&D خود بنگاه)، «نوع نوآوری» (رادیکال یا تدریجی)، «ارتباط نوآوری با نوآوری‌های صنایع دیگر»، «تأثیر محیط پیرامونی بنگاه بر وقوع نوآوری» و مواردی مانند این گردآوری شده است. مطالعهٔ بسیار مشهور و پرارجاع پویت (۱۹۸۶) نیز با استفاده از داده‌های حاصل از همین پیمایش به نگارش درآمده است. پویت در مطالعهٔ مشهور خود به این یافتهٔ مهم رسید که می‌توان بنگاه‌ها را به چهار دستهٔ اصلی تقسیم کرد که از میان این چهار دسته، تنها یکی از آن‌ها یعنی «بنگاه‌های متکی بر علم»[۲۲]، فناوری خود را از علمِ تولیدشده در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهش‌هایی عمومی تأمین می‌کنند.

البته یک سال قبل از پیمایش SPRU، شاهد اجرای پیمایشی مشابه در کشور ایالات متحده در سال ۱۹۸۲، تحت عنوان «دیتابیس بنگاه‌های کوچک ایالات متحده»[۲۳] بودیم که البته بزرگی، بازهٔ زمانی مورد مطالعه و شهرت آن به‌اندازهٔ دیتابیس SPRU نیست. در این پیمایش، از طریق مطالعهٔ حدود ۱۰۰مجله در حوزه‌های تجاری، مهندسی و فناوری، نوآوری‌های معرفی‌شده به بازار توسط بنگاه‌های کوچک ایالات متحده (البته فقط در سال ۱۹۸۲) و چگونگی وقوع آن‌ها مشخص شد که کتاب مشهور «نوآوری و بنگاه‌های کوچک» نوشتهٔ اکز و آدرخ (۱۹۹۰) نیز حاصل داده‌های حاصل از همین پیمایش بود. بعدها پیمایش‌های مشابهی با استفاده از همین روش (مطالعهٔ مجلات تجاری یا پرسش از خبرگان) در دیگر کشورهای اروپایی و توسط والمارک و مک‌کوئین (۱۹۹۱)، کلین‌نخت و باین (۱۹۹۳)، سانتارلی و پیرجیووانی (۱۹۹۵) و کومبز و همکارانش (۱۹۹۵) صورت پذیرفت.

پیمایش مصداقی، نقاط قوت و نقاط ضعفی دارد (اسمیت، ۲۰۰۵) (پیانتا و آرچیبوگی، ۱۹۹۶). نقطهٔ قوت آن این است که ازآنجاکه هر نوآوری باید توسط مجموعه‌ای از خبرگان یا مجلات تجاری، مورد تأیید و تشخیص قرار گرفته باشد، تنها نوآوری‌هایی در پیمایش مصداقی مورد بررسی قرار خواهند گرفت که در نظر همگان از اهمیت بالایی برخوردار باشند؛ بنابراین در پیمایش‌های مصداقی، دیگر در مورد این‌که چه چیزی را باید نوآوری محسوب کرد و چه چیزی را نه، ابهامی وجود نخواهد داشت و برای پژوهشگران، مشکل «قضاوت شخصی بنگاه‌ها»، دیگر مسئله‌ساز نخواهد بود. اما در مقابل، پیمایش مصداقی این خطر را دارد که نوآوری‌های تدریجی ولی بسیار مهم را که چندان به شهرت نرسیده (و درنتیجه مورد توجه مجله‌های تجاری یا خبرگان صنایع قرار نگرفته‌اند) مورد پیمایش قرار نخواهد داد.

۳. پیمایش‌های فاعلی

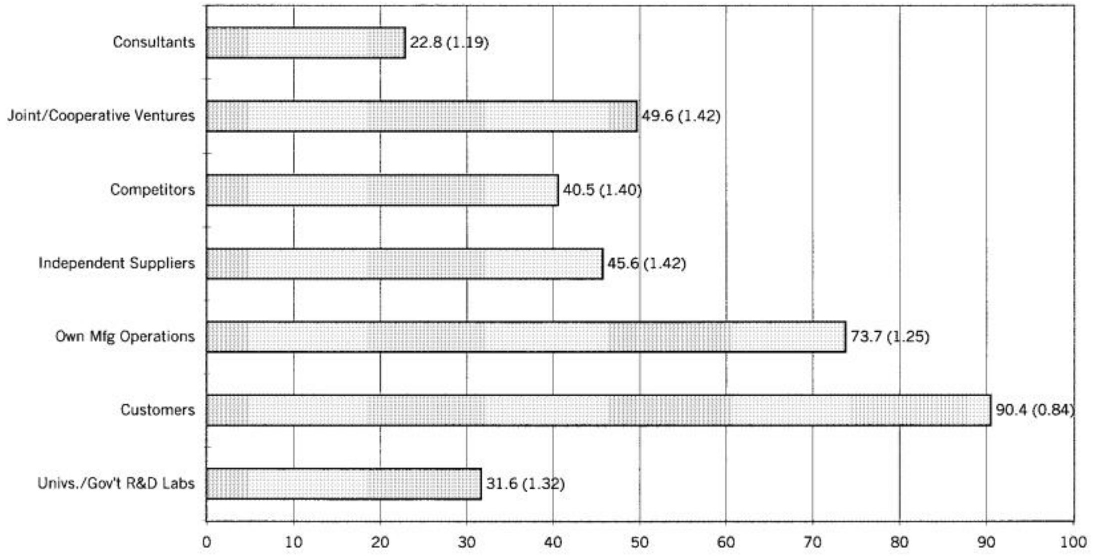
پیمایش ییل و پیمایش کارنگی‌ملون، در زمرۀ پیمایش‌های فاعلی قرار می‌گیرند. برای روشن‌تر شدن رویکرد این‌گونه پیمایش‌های فاعلی و تفاوت آن‌ها با دیگر رویکردها، در ادامه و به‌طور مختصر توضیحاتی در مورد پیمایش کارنگی‌ملون، بر اساس مطالعۀ مهم و پرارجاع کوهن و همکارانش (۲۰۰۲) ارائه می‌شود. این پیمایش به‌خوبی نشان می‌دهد که حتی در مورد R&D بنگاه‌ها، منابع دیگری به‌جز R&D دانشگاه‌ها هستند که از اهمیت بیشتری برخوردارند.

الف) پیمایش کارنگی ملون[۲۴]

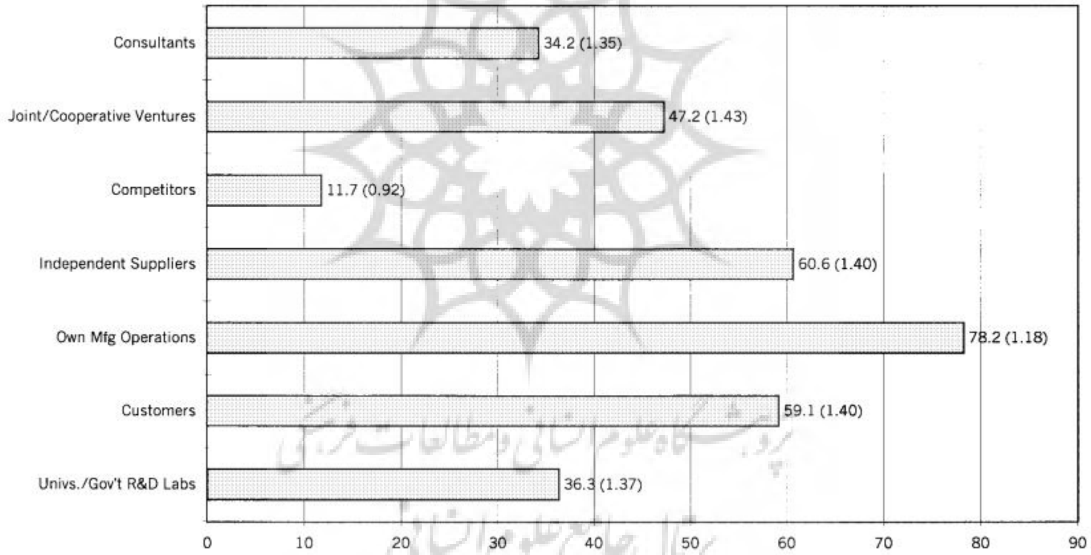
پیمایش کارنگی ملون، پیمایشی است که اساس کار خود را پرسش «مستقیم» از خود بنگاه‌ها قرار داده است. براساس مطالعۀ کوهن و همکارانش (۲۰۰۲)، در پیمایش کارنگی‌ملون از ۱۴۷۸ بنگاهِ مورد پیمایش، خواسته‌شده است تا تعیین کنند در فعالیت‌های R&D خود، کدامیک از هفت منبع دانشی ممکن (یعنی ۱. پژوهش‌های دانشگاهی و پژوهشگاه‌های دولتی؛ ۲. رقبا؛ ۳. مشتریان؛ ۴. تأمین‌کنندگان؛ ۵. مشاوران؛ ۶. سرمایه‌گذاری‌های مشترک با دیگر شرکت‌ها و ۷. فعالیت‌های عملیاتی و تولیدی خود بنگاه‌ها) بیشترین نقش را در «شروع» پروژه‌های R&D «جدید» و همچنین در «اتمام» پروژه‌های R&D «قبلی» آن‌ها ایفا کرده است. دو نمودار ۶ و ۷ نشان‌دهنده‌ی چگونگی پاسخ بنگاه‌ها به این پرسش است.

با وجود این‌که مدل خطی نوآوری معتقد است که پژوهش‌های بالادستی (به‌خصوص پژوهش‌های دانشگاهی) نقش آغازگر را در بروز نوآوری‌های صنعتی دارند، اما با توجه به این دو شکل می‌توان دریافت که بخش اعظم پروژه‌های R&D بنگاه‌ها، در پاسخ به اطلاعات کسب‌شده از مشتریان آغاز می‌شود (بیش از ۹۰درصد از پاسخ‌دهندگان). همچنین منبع دانشی مهم بعدی، فعالیت‌های عملیاتی و تولیدی خود بنگاه‌هاست (حدود ۷۴درصد از پاسخ‌دهندگان). با وجود این، تنها ۳۲ درصد از بنگاه‌ها، دانشگاه‌ها را منبع دانشی خود در آغاز پروژه‌های R&D دانسته‌اند. بررسی داده‌ها به تفکیک صنایع نیز نتایج مشابهی را نشان می‌دهد. در میان صنایع، تنها صنعتی که پاسخ‌دهندگان آن، نقش بیشتری را برای پژوهش‌های دانشگاهی در آغاز پروژه‌های R&D قائل شده‌اند، صنعت داروسازی (۵۸درصد از پاسخ دهندگان) بوده است. در مورد اهمیت هفت منبع دانشی در اتمام پروژه‌های R&D در حال اجرا نیز نقش پژوهش‌های دانشگاهی چندان پررنگ نیست؛ اگرچه اهمیت آن نسبت به مورد قبل (آغاز پروژه‌های R&D)، کمی افزایش یافته است (۳۶درصد). درواقع در اتمام پروژه‌های R&D درحال‌اجرا، فعالیت‌های عملیاتی و تولیدی خود بنگاه‌ها بیشترین نقش را داشته (۷۸درصد) و پس از آن، تأمین‌کنندگان (۶۰درصد) و مشتریان (۵۹درصد) قرار می‌گیرند. همچنین در صنایع دارویی، خودروسازی و کامیون‌سازی و هوافضا، اهمیت پژوهش‌های دانشگاهی در اتمام پروژه‌های R&D درحال‌اجرا بیش از صنایع دیگر بوده و دست‌کم ۵۵درصد از پاسخ‌دهندگان، آن را مهم‌ترین منبع دانشی خود دانسته‌اند.

در میان صنایع بررسی‌شده، صنعت داروسازی یکی از معدود صنایعی است که در آن، چه در آغاز پروژه‌های R&D و چه در اتمام پروژه‌های R&D درحال‌اجرا، پژوهش‌های دانشگاهی بیشترین اهمیت را دارد. به عبارت دیگر، این صنعت، تنها صنعتی است که بخش عمده‌ی پاسخ‌دهندگان، «مشتریان» را مهم‌ترین منبع دانشی در آغاز پروژه‌های R&D در نظر نگرفته‌اند. همچنین در این صنعت، تنها ۱۹درصد از پاسخ‌دهندگان، فعالیت‌های عملیاتی و تولیدی خود بنگاه‌ها را به‌عنوان منبع دانشی مهم در پروژه‌های R&D دانسته‌اند (شاید به این علت که در صنعت داروسازی، فرآیندهای عملیاتی، در طول تاریخ تا حدودی به شکل روتین درآمده‌اند). به‌عبارت دیگر، شاید بتوان صنعت داروسازی را تنها صنعتی دانست که در آن، مدل خطی نوآوری، تا حدودی به‌خوبی جاری است؛ اگرچه در این صنعت نیز، همچنان بازخورد از مشتریان (که در این صنعت، بیماران و پزشکان هستند) بر روی جهت‌گیری پژوهش‌های بالادستی (به‌ویژه پژوهش‌های دانشگاهی) تأثیرگذار است.



نمودار ۶. اهمیت هفت منبع دانشی ممکن در شروع پروژه‌های R&D جدید بنگاه‌ها
(منبع: کوهن و همکارانش، ۲۰۰۲)

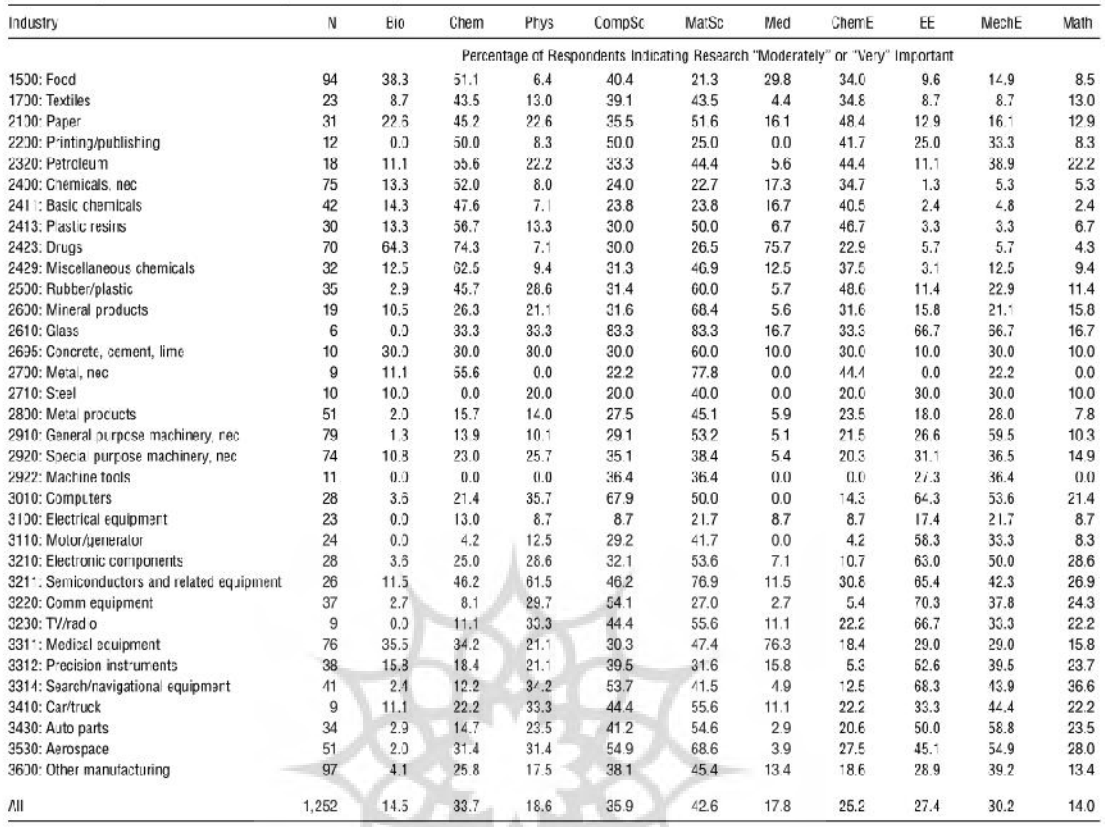


نمودار ۷. اهمیت هفت منبع دانشی ممکن در اتمام پروژه‌های R&D قبلی بنگاه‌ها
(منبع: کوهن و همکارانش، ۲۰۰۲)

همچنین بررسی داده‌ها به تفکیک رشته‌های دانشگاهی نشان می‌دهد که از میان رشته‌های علوم بنیادی، کاربردی و مهندسی (یعنی ده رشته‌ی بیولوژی، شیمی، فیزیک، رایانه، مواد، پزشکی، مهندسی شیمی، مهندسی برق، مهندسی مکانیک، و ریاضیات) بیشترین تأثیرگذاری پژوهش‌های دانشگاهی بر روی R&D صنایع، نه از طریق علوم بنیادی، بلکه از طریق علوم مهندسی و کاربردی (به‌خصوص مواد و رایانه) بوده است. همچنین در میان علوم بنیادی، تنها رشتهٔ شیمی تأثیر قابل توجهی بر روی R&D صنایع دارد (به‌ویژه در صنایع غذایی، نفت، فلزات و چندین صنایع شیمیایی مانند داروسازی).

جدول ۳، تأثیرگذاری علوم بنیادی، کاربردی و مهندسی، بر روی R&D صنایع را به تفکیک ده رشتهٔ دانشگاهی نشان می‌دهد.

جدول ۳. میزان اهمیت علوم بنیادی، کاربردی و مهندسی در R&D صنایع (کوهن و همکارانش، ۲۰۰۲)



Industry	N	Bio	Chem	Phys	CompSc	MatSc	Med	ChemE	EE	MechE	Math
					Percentage of Respondents Indicating Research "Moderately" or "Very" Important						
1500: Food	94	38.3	51.1	6.4	40.4	21.3	29.8	34.0	9.6	14.9	8.5
1700: Textiles	23	8.7	43.5	13.0	39.1	43.5	4.4	34.8	8.7	8.7	13.0
2100: Paper	31	22.6	45.2	22.6	35.5	51.6	16.1	48.4	12.9	16.1	12.9
2200: Printing/publishing	12	0.0	50.0	8.3	50.0	25.0	0.0	41.7	25.0	33.3	8.3
2320: Petroleum	18	11.1	55.6	22.2	33.3	44.4	5.6	44.4	11.1	38.9	22.2
2400: Chemicals, nec	75	13.3	52.0	8.0	24.0	22.7	17.3	34.7	1.3	5.3	5.3
2411: Basic chemicals	42	14.3	47.6	7.1	23.8	23.8	16.7	40.5	2.4	4.8	2.4
2413: Plastic resins	30	13.3	56.7	13.3	30.0	50.0	6.7	46.7	3.3	3.3	6.7
2423: Drugs	70	64.3	74.3	7.1	30.0	26.5	75.7	22.9	5.7	5.7	4.3
2429: Miscellaneous chemicals	32	12.5	62.5	9.4	31.3	46.9	12.5	37.5	3.1	12.5	9.4
2500: Rubber/plastic	35	2.9	45.7	28.6	31.4	60.0	5.7	48.6	11.4	22.9	11.4
2600: Mineral products	19	10.5	26.3	21.1	31.6	68.4	5.6	31.6	15.8	21.1	15.8
2610: Glass	6	0.0	33.3	33.3	83.3	83.3	16.7	33.3	66.7	66.7	16.7
2695: Concrete, cement, lime	10	30.0	30.0	30.0	30.0	60.0	10.0	30.0	10.0	30.0	10.0
2700: Metal, nec	9	11.1	55.6	0.0	22.2	77.8	0.0	44.4	0.0	22.2	0.0
2710: Steel	10	10.0	0.0	20.0	20.0	40.0	0.0	20.0	30.0	30.0	10.0
2800: Metal products	51	2.0	15.7	14.0	27.5	45.1	5.9	23.5	18.0	28.0	7.8
2910: General purpose machinery, nec	79	1.3	13.9	10.1	29.1	53.2	5.1	21.5	26.6	59.5	10.3
2920: Special purpose machinery, nec	74	10.8	23.0	25.7	35.1	38.4	5.4	20.3	31.1	36.5	14.9
2922: Machine tools	11	0.0	0.0	0.0	36.4	36.4	0.0	0.0	27.3	36.4	0.0
3010: Computers	28	3.6	21.4	35.7	67.9	50.0	0.0	14.3	64.3	53.6	21.4
3100: Electrical equipment	23	0.0	13.0	8.7	8.7	21.7	8.7	8.7	17.4	21.7	8.7
3110: Motor/generator	24	0.0	4.2	12.5	29.2	41.7	0.0	4.2	58.3	33.3	8.3
3210: Electronic components	28	3.6	25.0	28.6	32.1	53.6	7.1	10.7	63.0	50.0	28.6
3211: Semiconductors and related equipment	26	11.5	46.2	61.5	46.2	76.9	11.5	30.8	65.4	42.3	26.9
3220: Comm equipment	37	2.7	8.1	29.7	54.1	27.0	2.7	5.4	70.3	37.8	24.3
3230: TV/radio	9	0.0	11.1	33.3	44.4	55.6	11.1	22.2	66.7	33.3	22.2
3311: Medical equipment	76	35.5	34.2	21.1	30.3	47.4	76.3	18.4	29.0	29.0	15.8
3312: Precision instruments	38	15.8	18.4	21.1	39.5	31.6	15.8	5.3	52.6	39.5	23.7
3314: Search/navigational equipment	41	2.4	12.2	34.2	53.7	41.5	4.9	12.5	68.3	43.9	36.6
3410: Car/truck	9	11.1	22.2	33.3	44.4	55.6	11.1	22.2	33.3	44.4	22.2
3430: Auto parts	34	2.9	14.7	23.5	41.2	54.6	2.9	20.6	50.0	58.8	23.5
3530: Aerospace	51	2.0	31.4	31.4	54.9	68.6	3.9	27.5	45.1	54.9	28.0
3600: Other manufacturing	97	4.1	25.8	17.5	38.1	45.4	13.4	18.6	28.9	39.2	13.4
All	1,252	14.5	33.7	18.6	35.9	42.6	17.8	25.2	27.4	30.2	14.0

استاندارد شدن پیمایش‌های نوآوری و ظهور پیمایش CIS

مدرن‌ترین و جدیدترین نوع پیمایش‌های فاعلی، «پیمایش نوآوری اتحادیهٔ اروپا» (CIS)[۲۵] اســت. درواقع پس از ظهور پیمایش‌های اولیه‌ای مانند ییل[۲۶] و کارنگی‌ملون[۲۷] که کشــورهای عضو OECD به انجام رسـاندند، تصمیم گرفته شد پیمایشی استاندارد و یکسان برای سنجش نوآوری طراحی شود تا با این ابزار اندازه‌گیری یکسان، امکان مقایسهٔ بین‌المللی کشورها فراهم شود. برای همین در سال ۱۹۹۲، در شهر اسلو نروژ، با حضور شرکت‌کنندگانی از کشورهای عضو OECD و پس از ۱۵ ماه بحث و تبادل‌نظر، راهنمای جدیدی تحت عنوان «راهنمای اســلو» به تصویب رسـید که با راهنمای فراسکاتی تفاوت بسیاری داشت.[۲۸] به جرئت می‌توان گفت، مبنای نظری راهنمای اسلو، مقالهٔ مشهور و بسیار پرارجاع کلاین و روزنبرگ (۱۹۸۶) (به‌عنوان تأثیرگذارترین مطالعه از میان مطالعات مورد اشاره‌شده در بخش اول مقاله) است. در همان سال، ادارهٔ آمار اروپا (EUROSTAT) هم به‌عنوان مهم‌ترین مرکز تهیهٔ آمار در اتحادیهٔ اروپا، بر اساس یک همکاری نزدیک با OECD و بر مبنای همین راهنمای اسلو، به تعریف و اجرای پیمایشی تحت عنوان «پیمایش نوآوری در اتحادیهٔ اروپا» (CIS)[۲۹] اقدام کرد که اولین مورد آن در ســال ۱۹۹۳ و تحت عنوان CIS1 در کشــورهای عضو اتحادیهٔ اروپا به اجرا درآمد. پیمایش‌های CIS، تاکنون هر دو سال یک‌بار و در ۲۷ کشور عضو اتحادیهٔ اروپا و همچنین کشورهای نروژ، ایسلند و بسیاری از کشورهای خواهان عضویت در اتحادیهٔ اروپا (مانند کرواسی و ترکیه) به اجرا درآمده که آخرین مورد آن نیز در سال ۲۰۱۲ بوده است. همچنین باید گفت که پیمایش‌های CIS، تأثیر قابل توجهی نیز بر طراحی پرسشنامهٔ پیمایش‌های مشابه در کشورهای دیگر (شامل استرالیا، کانادا، چین، ژاپن، نیوزلند، روسیه، آفریقای جنوبی، سوئیس و حتی ایالات متحده) برجای گذاشتند. اعتبار این پیمایش به حدی است که در سال ۲۰۱۱، شش شاخص از ۲۵ شاخص مورد استفاده در «اسکوربرد نوآوری اروپا» (IUS)[۳۰] بر مبنای پیمایش CIS تعریف شده است. همچنین ضرورت همکاری کشورهای عضو اتحادیهٔ اروپا در اجرای پیمایش‌های CIS، در قانون شمارهٔ ۱۴۵۰/۲۰۰۴[۳۱] کمیسیون اتحادیهٔ اروپا تأکید

شده است[۳۲]. پرسشنامهٔ پیمایش CIS، حاوی پرسش‌هایی در پنج حوزهٔ زیر است و از هر بنگاه خواسته می‌شود تا به آن‌ها پاسخ دهد (اسمیت، ۲۰۰۵):

۱. ارزش پولیِ هریک از فعالیت‌های مختلفی که بنگاه در نوآوری‌های خود متقبل شده است (شامل R&D، آموزش مهارت‌های جدید به نیروی کار خود، طراحی و تست محصول، کشف بازارهای جدید، خرید تجهیزات و موارد دیگر). درواقع در این پیمایش، ورودی‌های دیگری به غیر از R&D هم مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌گیرند که ویژگی منحصربه‌فرد این پیمایش را نیز باید همین نکته دانست.

۲. نتیجهٔ حاصل از هر دو نوع نوآوری تدریجی و نوآوری رادیکال و میزان فروشی که در اثر این دو نوع نوآوری نصیب بنگاه شده است.

۳. منابعی که بنگاه، اطلاعات مورد نیازش برای نوآوری را از آن‌ها کسب کرده است (یعنی R&D دانشگاه‌ها، مشتریان، رقبا، تأمین‌کنندگان، مشاوران و فعالیت‌های عملیاتی و تولیدی خود بنگاه‌ها).

۴. میزان مشارکت فناورانهٔ بنگاه با بنگاه‌های دیگر یا سازمان‌های دیگر (مانند دانشگاه‌ها یا پژوهشگاه‌های دولتی).

۵. بزرگ‌ترین موانع پیش روی بنگاه در فرآیند نوآوری و همچنین بزرگ‌ترین عوامل تسهیل‌کنندهٔ نوآوری برای بنگاه.

در یک دههٔ گذشته، پیمایش‌های CIS، به‌شدت مورد توجه جامعهٔ دانشگاهی قرار گرفته است. برای مثال، از آخرین مطالعات معتبر و پرارجاعی که با استفاده از اطلاعات CIS تهیه شده است می‌توان به دالندر و گن (۲۰۱۰)، هاینرت و همکاران (۲۰۱۴)، دئسته و همکاران (۲۰۱۲)، باتیستی و استونمن (۲۰۱۰)، کاستوپولوس و همکاران (۲۰۱۱)، ریموند و همکاران (۲۰۱۰)، منشن (۲۰۱۱)، هورباچ و همکاران (۲۰۱۲)، دی‌مارچی (۲۰۱۲)، لچنمایر و روتامن (۲۰۱۱) اشاره کرد که برای نشان دادن میزان اعتبار هر یک از این مقاله‌ها، مجله‌ای که مقاله در آن به‌چاپ رسیده است و نیز تعداد ارجاعات به آن مقاله در جدول بعد قابل مشاهده است.

جدول ۴. فهرست آخرین مقاله‌های معتبر و پرارجاع؛ برگرفته از اطلاعات CIS (مرجع: نویسندگان)

مقاله	مجله	تعداد ارجاعات
دالندر و گن (۲۰۱۰)	Research policy	۵۴۵ ارجاع در ۳ سال
ریموند و همکاران (۲۰۱۰)	The Review of Economics and Statistics	۱۱۴ ارجاع در ۳ سال
دی‌مارچی (۲۰۱۲)	Research policy	۶۵ ارجاع در ۱ سال
هورباچ و همکاران (۲۰۱۲)	Ecological Economics	۷۹ ارجاع در ۱ سال
لچنمایر و روتامن (۲۰۱۱)	International journal of industrial organization	۶۵ ارجاع در ۲ سال
کاستوپولوس و همکاران (۲۰۱۱)	Journal of Business Research	۶۳ ارجاع در ۲ سال
منشن (۲۰۱۱)	Technovation	۴۸ ارجاع در ۲ سال
دئسته و همکاران (۲۰۱۲)	Research policy	۳۹ ارجاع در ۲ سال
باتیستی و استونمن (۲۰۱۰)	British Journal of Management	۴۹ ارجاع در ۳ سال
هاینرت و همکاران (۲۰۱۴)	Research policy	منتشرشده در سال ۲۰۱۴

سخن آخر

در این مقاله ابتدا نشان داده شد:

۱. رابطهٔ علم و فناوری، رابطه‌ای یک‌طرفه نیست بلکه رابطه‌ای از نوع درهم‌آمیختگی و دوطرفه است؛

۲. موتور محرک نوآوری در صنایع، حتی صنایع موسوم به صنایع علم‌محور، نه تنها دانشگاه‌ها بلکه درحقیقت آزمایشگاه‌های مستقر در بنگاه‌های صنعتی است؛

۳. نوآوری، تنها معادل R&D و اختراعات رادیکال نیست بلکه بخش عمده‌ای از نوآوری‌ها، حاصل بهبودهایی تدریجی است که در طول سالیان دراز و پس از آزمون و خطای بسیار و در خلال فعالیت‌های مختلف مانند «ارتباط با بنگاه‌های

خریدار»، «ارتباط با بنگاه‌های تأمین‌کننده»، «ارتباط با بنگاه‌های رقیب»، «آشنایی با تجهیزات جدید»، «فعالیت در بازارهای جدید» و «برخورد با مشکل در خط تولید» حاصل شده است.

سپس نشان داده شد که ظهور شاخص‌های مبتنی بر R&D و به‌خصوص راهنمای فراسکاتی، به‌شدت تحت تأثیر رابطهٔ خطی «فشار علم» بوده است و تجربهٔ شکست اتحاد جماهیر شوروی و موفقیت ژاپن، به‌خوبی ناقص بودن تکیهٔ صِرف بر شاخص‌های مبتنی بر R&D را نشان می‌دهد. با اوج‌گیری انتقادها نسبت به شاخص‌های مبتنی بر R&D، به‌تدریج نسل جدیدی از مدل‌های ارزیابی تحت عنوان «پیمایش‌های نوآوری» ظهور می‌کند.

به‌طور کلی، می‌توان پیمایش‌های نوآوری را به دو دستهٔ کلی «فاعلی»[۳۳] و «مصداقی»[۳۴] دسته‌بندی کرد:

در پیمایش‌های «فاعلی»، اطلاعات پیمایش به‌طور مستقیم از طریق پرسش از خود بنگاه‌ها جمع‌آوری می‌شود و از آن جهت «فاعلی» نامیده می‌شوند که تمرکزشان بر «فاعِل» نوآوری یعنی خود بنگاه‌ها است

در پیمایش‌های «مصداقی»، پیمایش به‌جای تمرکز بر بنگاه‌ها (با گرفتن نظر خبرگان یا مطالعهٔ مجلات تجاری)، به بررسی «نوآوری‌های بزرگ و رادیکالِ» رخداده در سطح کشور (یا منطقه) و بررسی چگونگی وقوع آن‌ها (مانند بزرگی بنگاه معرفی‌کنندهٔ نوآوری) می‌پردازد. این‌گونه پیمایش‌ها از آن جهت «مصداقی» نامیده می‌شوند که تمرکزشان بر مصداق‌های عینیِ فعالیت نوآوری بنگاه‌ها، یعنی خود نوآوری‌ها و فناوری‌ها قرار دارد.

معتبرترین و اِستانداردترین پیمایش‌های نوآوری در سال‌های گذشته را باید «پیمایش نوآوری اتحادیهٔ اروپا (CIS)» دانست که به‌شدت هم مورد استقبال جامعهٔ دانشگاهی قرار گرفته است. پیمایش‌های CIS، تاکنون هر دو سال یک‌بار و در ۲۷ کشور عضو اتحادیهٔ اروپا و همچنین کشورهای نروژ، ایسلند و بسیاری از کشورهای خواهان عضو در اتحادیهٔ اروپا (مانند کرواسی و ترکیه) به اجرا درآمده که آخرین مورد آن نیز در سال ۲۰۱۲ بوده است.

با توجه به این‌که هم‌اکنون حدود هفتاد کشور جهان در حال اجرای پیمایش‌های نوآوری هستند، ضرورت استفاده از این نوع پیمایش‌هابه‌ویژه به‌عنوان مبنایی برای سیاستگذاری، در کشور ما روزبه‌روز بیشتر احساس می‌شود.

کتابنامه

1. Acs, Z. J., & Audretsch, D. B. (1990). *Innovation and small firms*. Mit Press.

2. Pianta, M., & Archibugi, D. (1996).Measuring technological change through patents and innovation surveys. *Technovation*, (9), 451-468.

3. Arundel, A., & Smith, K. (2013).History of the community innovation survey.*Handbook of Innovation Indicators and Measure-ment. Edward Elgar, Cheltenham*, 60-86.

4. Battisti, G., & Stoneman, P. (2010). How innovative are UK firms? evidence from the fourth UK community innovation survey on synergies between technological and organizational innovations. *British Journal of Management*, 21(1), 187-206.

5. Beer, J. J. (1959). The Emergence of the German Dye Industry.

6. Bloch, C. (2007). Assessing recent developments in innovation measurement: the third edition of the Oslo Manual. *Science and Public Policy*, 34(1), 23-34.

7. Bush, V. (1960). *Science, the endless frontier* (p. 1). Washington, DC: National Science Foundation.

8. Chandler, A. D. (2005). *Inventing The Electronic Century* (Vol. 47). Harvard University Press.

9. Chandler, A. D. (2009). *Shaping the industrial century: The remarkable story of the evolution of the modern chemical and pharmaceutical industries* (Vol. 46). Harvard University Press

10. Cohen, I. B. (1948).Science, servant of man.

11. Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2002). Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management science*, 48(1), 1-23.

12. D'Este, P., Iammarino, S., Savona, M., & von Tunzelmann, N. (2012). What hampers innovation? Revealed barriers versus deterring barriers. *Research Policy*, 41(2), 482-488.

13. Dahlander, L., & Gann, D. M. (2010). How open is innovation?. *Research policy,39*(6), 699-709.

14. De Marchi, V. (2012). Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy*, 41(3), 614-623.

15. Dunsheath, P. (1962). *A history of electrical engineering* (p. 241). London: Faber & Faber.
16. Fagerberg, Jan. (2006) “Innovation: A guide to the literature.” In Fagerberg, J., Mowery, D. C., & Nelson, R. R. (Eds.).(2006). *The Oxford handbook of innovation*.Oxford Handbooks Online.
17. Feller, I. (1990). Universities as engines of R&D-based economic growth: They think they can. *Research Policy*, 19(4), 335-348.
18. Freeman, C. (1982). The Economics of Industrial Innovation (London: Frances Pinter; 1st edn., 1974, Harmondsworth. *Penguin).(1991),’Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues’, Research Policy, 20,* 499-514.
19. Freeman, C. (1987), Technology policy and economic performance: Lessons from Japan, London, Pinter Publishers.
20. Freeman, C. (1995). The ‘National System of Innovation’in historical perspective.*Cambridge Journal of economics*, 19(1), 5-24.
21. Freeman, C., & Soete, L. (2009). Developing science, technology and innovation indicators: What we can learn from the past. *Research Policy, 38*(4), 583-589.
22. Gibbons, M., & Johnston, R. (1974).The roles of science in technological innovation. *Research Policy, 3*(3), 220-242.
23. Godin, B. (2002). The rise of innovation surveys: Measuring a fuzzy concept.*Canadian Science and Innovation Indicators Consortium, Project on the History and Sociology of S& T Statistics, Paper,* (16).
24. Gomulka, S. (1990). The theory of technological change and economic growth.
25. Granstrand, O. (2005). Innovation and intellectual property rights in Fagerberg, J., Mowery, D. C., & Nelson, R. R. (Eds.).(2006). *The Oxford handbook of innovation*.Oxford Handbooks Online.
26. Griliches, Z. (1998). Patent statistics as economic indicators: a survey. In *R&D and productivity: the econometric evidence* (pp. 287-343). University of Chicago Press.
27. Grupp, H. (1994). The measurement of technical performance of innovations by technometrics and its impact on established technology indicators. *Research Policy, 23*(2), 175-193.
28. Grupp, H. (1998). *Foundations of the economics of innovation: theory, measurement, and practice*. E. Elgar.
29. Guellec, D., & Pattinson, B. (2000). Innovation surveys: Lessons from OECD countries’ experience. *STI-Science Technology Industry Review*, (27), 77-102.
30. Hansen, J. A. (2001). Technology innovation indicators. In Feldman, M. P., & Link, A. N. (Eds.).(2001). *Innovation policy in the knowledge-based economy* (Vol. 23).Springer.
31. Hienerth, C., von Hippel, E., & Berg Jensen, M. (2014). User community vs. producer innovation development efficiency: A first empirical study. *Research Policy, 43*(1), 190-201.
32. Horbach, J., Rammer, C., & Rennings, K. (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact—The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, 78, 112-122.
33. Kleinknecht, A., Van Montfort, K., & Brouwer, E. (2002).The non-trivial choice between innovation indicators. *Economics of Innovation and new technology, 11*(2), 109-121.
34. Klevorick, A. K., Levin, R. C., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research policy, 24*(2), 185-205.
35. Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986).An overview of innovation. *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth, 275*, 305.
36. Kortum, S., & Lerner, J. (1999). What is behind the recent surge in patenting?.*Research policy, 28*(1), 1-22.
37. Kostopoulos, K., Papalexandris, A., Papachroni, M., & Ioannou, G. (2011).Absorptive capacity, innovation, and financial performance. *Journal of Business Research, 64*(12), 1335-1343.
38. Lachenmaier, S., & Rottmann, H. (2011). Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis. *International journal of industrial organization, 29*(2), 210-220.

39. Lundvall, B. A. (1992). User-producer relationships, national systems of innovation and internationalisation. National *systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*, 45-67.
40. MaNSField, E. (1995). Academic research underlying industrial innovations. *The review of Economics and Statistics, 77*(1), 55-65.
41. Mention, A. L. (2011). Co-operation and co-opetition as open innovation practices in the service sector: which influence on innovation novelty?.*Technovation, 31*(1), 44-53.
42. Miller, R. E., & Sawers, D. (1970). *The technical development of modern aviation*. Praeger Publishers.
43. Moed, H. F., De Bruin, R. E., & Van Leeuwen, T. N. (1995). New bibliometric tools for the assessment of national research performance: Database description, overview of indicators and first applications. *Scientometrics, 33*(3), 381-422.
44. Narin, F., Hamilton, K. S., & Olivastro, D. (1997).The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy, 26*(3), 317-330.
45. Nelson, R. R.& Rosenberg, N. (1998).Technical Innovation and National Systems, in Nelson, R. R. National innovation systems. *Regional innovation, knowledge and global change*, 11-26.
46. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2005). *Oslo manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*. OECD publishing.
47. Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research policy, 13*(6), 343-373.
48. Pianta, M., & Archibugi, D. (1996).Measuring technological change through patents and innovation surveys. *Technovation*, (9), 451-468.
49. Raymond, W., Mohnen, P., Palm, F., & van der Loeff, S. S. (2010). Persistence of innovation in Dutch manufacturing: Is it spurious?. *The Review of Economics and Statistics, 92*(3), 495-504.
50. Rosenberg, N. (1982). Inside *the black box: technology and economics*. Cambridge University Press.
51. Rosenberg, N., & Nelson, R. R. (1994).American universities and technical advance in industry. *Research policy, 23*(3), 323-348.
52. Saviotti, P. (1996). *Technological evolution, variety, and the economy*. E. Elgar.
53. Saviotti, P. P. (2001). Considerations about a production system with qualitative change. *Frontiers of Evolutionary Economics. Competition, Self-Organization and Innovation Policy*, 197-227.
54. Smith, K. (2005), Measuring innovation, in J. Fagerberg, D. C. Mowery and R. R. Nelson (eds), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press: Oxford/New York, pp.148–177.
55. Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986).The new new product development game.*Harvard business review, 64*(1), 137-146.
56. Von Hippel, E. (1976). The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Research policy, 5*(3), 212-239.
57. Von Hippel, E. (1988). The sources of innovation.

پی‌نوشت‌ها

1. Community Innovation Survey.
۲. مقاله‌های پژوهشگران فوق، از بیشترین ارجاعات در حوزهٔ علم، فناوری و نوآوری برخوردار است.
3. Sadi Carnot
4. Carothers.
۵. اولین پلیمر در همین آزمایشگاه‌های شرکت دوپونت ساخته شد.
6. Dyestuffs.
7. solid-state physics.
8. Prototype.
9. theory of holes and electrons.
10. William Shockley.
11. Bell Labs.

12. Manhattan Project.
13. Big Science.
14. Science, the Endless Frontier.
15. National Science Foundation.

۱۶. OECD را باید مهم‌ترین سازمان‌مؤثر بر روندهای سیاستگذاری علم، فناوری و نوآوری در میان کشورهای جهان و به‌خصوص کشورهای عضو این سازمان دانست. برای همین، بررسی سیر تحول گزارش‌های منتشرهٔ این سازمان، به‌خوبی سیر تحول سیاستگذاری علم، فناوری و نوآوری جهانی در چند دههٔ گذشته را نشان می‌دهد.

۱۷. راهنمای فراسکاتی تاکنون شش بار مورد ویرایش قرار گرفته است که آخرین بار، سال ۲۰۰۲ بوده است.

18. Academy system.

۱۹. انتقادات مشابهی نیز بر شاخص‌های مبتنی بر پتنت وارد شده است. برای مثال، بسیاری از نوآوری‌ها به‌صورت پتنت در نمی‌آیند و بسیاری از پتنت‌ها نیز به نوآوری ختم نمی‌شوند و از ارزش فناورانه و اقتصادی کمی برخوردارند. برای اطلاعات بیشتر دربارهٔ شاخص پتنت و انتقادهای وارد بر آن مراجع کنید به گریلیچز (۱۹۹۸)، گرنسترند (۲۰۰۵)، کروتوم و لرنر (۱۹۹۹)، راهنمای پتنت OECD (۱۹۹۴)، و کلین‌نخت و همکاران (۲۰۰۲).

20. Innovation Survey.

۲۱. البته این مطالعات و پیمایش‌ها به‌تدریج توانست بر سازمان‌هایی مانند OECD هم تأثیر گذارد. این تأثیر به‌خوبی از تغییر رویکرد این سازمان در گزارش‌های آتی خود (در سال‌های ۱۹۷۱، ۱۹۸۰، ۱۹۸۸، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲) و به‌خصوص در انتشار گزارش‌هایی تحت عنوان «گزارش نوآوری» قابل مشاهده است. در این گزارش‌ها، اگرچه بر اهمیت بسیار زیاد علوم پایه همچنان تأکید شده، اما نکتهٔ مهم دربارهٔ این گزارش‌ها این است که در آن‌ها بیش از تمامی گزارش‌های گذشتهٔ OECD، دربارهٔ ابعاد مهم و دیگر نوآوری (به‌غیر از R&D) صحبت شده است.

22. Science based firms.
23. US Small Business Administration database.
24. Carnegie-Mellon.
25. European Community Innovation Survey.
26. Yale.
27. Carnegie-Mellon.

۲۸. راهنمای اسلو، در سال ۲۰۰۵، سومین ویرایش خود را تجربه کرده است. در ویرایش دوم و سوم این راهنما، الزامات مربوط به اندازه‌گیری نوآوری در بخش «صنایع خدماتی» نیز درنظر گرفته شده است.

29. Community Innovation Survey.
30. Europe’s Innovation Union Scoreboard.
31. Commission Regulation 1450/2004.

۳۲. برای آشنایی بیشتر با تاریخچهٔ CIS، مراجعه شود به هنسن (۲۰۰۱)، گوئلک و پتینسن (۲۰۰۰)، و اسمیت (۲۰۰۵).

33. Subject.
34. Object.