

مدیریت و سمت و سوی تحقیقات صنعتی در ایران نگاهی انتقادی به برنامه‌های موجود

غلامحسین دانشی

دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: گرچه ده‌ها هزار دانشجو به امر تحقیق مشغول‌اند و هزاران میلیارد ریال برای اجرای پروژه‌های تحقیقاتی هزینه می‌شود، ولی باز هم به وارد کردن فناوری و خرید دانش فنی در زمینه‌های عادی و ساده اقدام می‌شود و تحقیق که زیر بنای اصلی توسعه و پیشرفت است، جایگاه واقعی خود را در جامعه به دست نیاورده است. در اغلب کشورها سیاستمداران از تحقیقات به منظور دستیابی به مقاصد سیاسی استفاده می‌کنند. تحقیقات در کشورهای در حال توسعه مشکلات مخصوص به خود را دارد. در این مقاله در باره ضعف‌های مدیریت تحقیق و اتلاف بودجه‌های تحقیقاتی در کشورهای در حال توسعه در تقلید از پروژه‌های تحقیقاتی دنیای صنعتی و تکرار کارهای آنها با هدف‌های نمایشی و تبلیغاتی و نادیده گرفتن نیازهای واقعی ملی بحث شده است. تحقیقات بنیادی و صنعتی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. همچنین، نقش تحقیقات صنعتی در پیشرفت ملی بیان شده و اهمیت "سه‌م کشور در تولید فناوری جهانی" مورد توجه قرار گرفته است. اهمیت ایجاد تعادل بین تحقیقات بنیادی و عملی بررسی و پیشنهاد شده است که نیازهای کشور به دانش فنی از طریق تحقیقات مرتفع شود و تحقیقات عملی و صنعتی در چهارچوب قراردادهای قانونی اجرا شوند.

واژه‌های کلیدی: تحقیقات صنعتی، تحقیقات بنیادی، دانش فنی و مدیریت تحقیق.

۱. مقدمه

مطالعات تاریخی نشان می‌دهند که تحقیقات و تولید علم از مهم‌ترین عوامل مولد رفاه و قدرت در جامعه است و توسعه تحقیقات و تولید علم به شکوه و جلال ملی منجر می‌شود. در دوران قدرت و جلال مردم با سواد، دانشمندان زیاد، آثار هنری و فرهنگی فراوان و کشفیات علمی و اختراعات چشمگیر است.

تحقیق در تمام ادوار انجام شده است. تحقیقات در دوران گذشته در زمینه‌های کشاورزی، گیاه‌شناسی، پزشکی، ستاره‌شناسی، فلز‌شناسی، سم‌شناسی، ابزارسازی، اسلحه‌سازی و غیره بود و ایران در زمینه تحقیق، تولید فناوری و پیشرفت علم جهانی نقش بسزایی داشت. کشفیات باستان‌شناختی نشان می‌دهند که تحقیقات برنامه‌ریزی شده در ایران هزاران سال قدمت دارد. در سال ۱۳۵۴ بقایای یک آزمایشگاه مفرغ‌سازی مربوط به ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد در همدان کشف شد. بیش از ۴۰ کتاب باقیمانده از دانشمندان ایرانی نظیر جابر بن حیان، ابوریحان بیرونی، ابن سینا، زکریای رازی، حکیم عمر خیام و دیگران نشان می‌دهد که ایرانیان در ابداع فرهنگ تحقیق سهم بسزایی داشته و بسیاری از روش‌ها و نتایج حاصل از تحقیقات دانشمندان قدیمی ایرانی هنوز هم صادق و مورد استفاده‌اند.

تحقیقات در طول تاریخ همواره با شادی، یأس و مشکلات همراه بوده و به نتایج مفید یا نتایج فاجعه‌بار منجر شده است. دانشمندان و سیاستمداران از آن برای خدمت به خلق یا کسب در آمد استفاده کرده‌اند. تحقیق در زمینه‌های دارو، مواد و آلیاژهای قوی و محکم و تبدیل مس به طلا و قلع به نقره رایج‌ترین موضوع‌های تحقیقاتی سنتی هستند و چندین هزار سال قدمت دارند. بعضی از زمینه‌های تحقیقاتی مانند افزودن مواد به مس به امید تبدیل آن به طلا به قدری رایج بود که این مطالعات نام خاص یافتند و به کیمیاگری مشهور شدند و نام فلز مس با لغت کیمیا مترادف شد. دانشمندان در کشورهای مختلف در جستجوی طلا خاک‌ها را احیا و فلزها را اکسید کردند و هرچه در دسترس داشتند امتحان

کردند تا شاید به طلا و نقره مصنوعی دست یابند. تحقیق در زمینه کیمیاگری مرضی همه گیر بود. بسیاری از علما در شرق و کشیشان در غرب در زیر زمین دیرها آزمایشگاه‌ها بنا کردند و در کنار هدایت خلق به مطالعه در باره ساخت طلا پرداختند. در خلال این تحقیقات شناخت بشر از محیط اطراف افزایش یافت، فلزات جدید کشف شد و داروهای مؤثر^۱ و غیره ساخته شد.

نتایج این تحقیقات گرچه به طور غیر مستقیم مفید و در پیشبرد علم بشر مؤثر بود، ولی چون طلا حاصل نشد، محققان به مبلغان و علم کیمیاگری به علم حيله گری موسوم شد. در فرهنگ‌های مجموعه الفرس [۲]، برهان قاطع [۳] و فرهنگ جهانگیری [۴] می‌خوانیم:

- کیمیا: حیلست باشد.
- { کیمیا به معنی مکر و حيله باشد و عملی است مشهور نزد اهل صنعت که به سبب امتزاج، روح و نفس اجساد ناقصه را به مرتبه کمال رسانند؛ یعنی قلع و مس را نقره و طلا کنند و چون این عمل خالی از حيله و مکرری نیست از این جهت به این نام خوانند (برهان قاطع). در مفاتیح العلوم کیمیا را عربی می‌داند و می‌گوید از کمی یکی مشتق است، به معنی پوشیده و پنهان داشتن (ص ۲۴۳). در پاورقی برهان آمده که: از یونانی xemia به معنی اختلاط و امتزاج }

حبیب بن ابراهیم بن محمد تغلیسی در کتاب "بیان الصناعات" [۵] که در قرن ششم هجری تألیف شده است می‌گوید:

«و بسیار کس مال خویش اندر این صنعت خرج کنند و البته، هیچ به حاصل نتواند کرد و بیهوده رنج برند و مال خویش ضایع کنند و از بوی داروها و رنج تن و تفکر بسیار به بیماری‌های صعب افتند.»

محمد بن حسن طوسی مشهور به خواجه نصیرالدین طوسی در تنسوخ نامه ایلخانی [۶] که در سال‌های ۶۵۷-۶۵۴ هجری تألیف شده است می‌نویسد:

۱. به نوشته Jaroslav Hašek نویسنده چک پدر لئوناردو تولیت دیر Schtalhausen نتیجه تحقیقات خود را [که احتمالاً فلز آنتیموان بود] در غذای ۴۰ طلبه گرسنه امتحان کرد و فردا همگی را مرده یافت [۱].

"و زری که از کیمیا سازند، از خلاص برون نیاید و به حقیقت زر نباشد، بلکه مانند زر باشد. اگر چه کیمیاگران طرفی دعوی کنند که زر بسازیم که از خلاص بهتر باشد. اما این سخن حقیقتی و وزنی ندارد."

۲. اقتصاد و تحقیق

یکی از ویژگی‌های تحقیق کشف موضوع‌های از پیش ناشناخته و برنامه‌ریزی نشده است. کیمیاگران قدیم گرچه به طلا و نقره دست نیافتند، ولی در نتیجه تحقیقات آنها خواص بسیاری از مواد طبیعی شناخته شد، داروهای مؤثر کشف و مواد و آلیاژهای مفید تولید شد. رشید الدین فضل الله الوزير ابن عمادالدوله ابی الخیر بن موثق الدوله علی در کتاب "جامع التواریخ" [۷] در سنه ۷۰۴ هجری قمری می‌نویسد: «غازان خان فرمود "علم کیمیا جهت آن نمی‌آموزم تا زر و نقره سازم، چه می‌دانم که متعذر است، لیکن خواستم که صناعات باریک پاکیزه که در ضمن آن هست بدانم و آن را نیز بسازم، چه کمال در دانش است و آن را منزل ناکردن و از عملی به عملی دیگر ترقی دادن."

همان‌طور که دیده می‌شود، پیشینیان نیز می‌دانستند که گرچه تحقیقات همواره به جواب نمی‌رسند و منظورها و هدف‌های اولیه را برآورده نمی‌سازند، ولی باز یافت‌های جانبی تحقیق به قدری فراوان و سودآور است که از آن نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. امروزه، تحقیقات مهم‌ترین نماد ترقی جوامع است و پیشرفت جامعه با ارزیابی تولید علم و فناوری در کشور سنجیده می‌شود و کشورهای جهان از آن به عنوان یکی از منابع مهم تولید ثروت استفاده می‌کنند و جایگاه ویژه‌ای برای آن در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و صنعتی خود دارند.

مارگارت تاجر، رهبر حزب محافظه‌کار در دهه ۸۰ در انگلستان، در کنفرانس سالیانه حزب گفت: "ما باید در زمینه‌های پزشکی و فناوری‌های نوین سرمایه‌گذاری و تحقیق کنیم و انگلستان مرکز برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و صنعتی جهان شود." به عبارت ساده‌تر، آنها در نظر داشتند رهبری تحقیق، تفکر و مدیریت اقتصاد و صنعت جهانی را بر عهده

بگیرند و از این طریق بر دنیا حکومت کنند. انجام دادن کارهای ساده را به مردم جهان سوم محول کنند و مردم جهان سوم به عنوان کارگر در خدمت کشورهای صنعتی باشند. تنها راه مقابله کشورهای جهان سوم با این وضعیت دستیابی به علوم و فنون نوین و کسب استقلال علمی و صنعتی از طریق توسعه برنامه‌های علمی و تحقیقاتی است.

۳. مشکلات مشترک جهانی تحقیق

مشکلات تحقیق و مؤسسات تحقیقاتی در اغلب کشورهای جهان تقریباً به یکدیگر شبیه است.

لرد راثچایلد^۱ [۸] در گزارش مبسوط خود در ارتباط با هزینه‌های تحقیقات در کشورهای صنعتی می‌نویسد: "در بسیاری از کشورهای جهان میلیون‌ها دلار برای تحقیقات نمایشی و تبلیغاتی صرف می‌شود که نه حاصلی دارد و نه سودمند است. در مقابل تحقیقات مفیدی مانند آموزش، بهداشت و حمل و نقل به علت نداشتن بودجه متوقف می‌مانند. کمبود بودجه‌های تحقیقاتی در بخش صنعت آنها را در حالت عقب مانده نگه می‌دارد و نوآوری در آنها انجام نمی‌شود. فناوری‌های تولید با سرعت لازم گسترش نمی‌یابند و محصولات مورد نظر گران‌تر و با بازدهی کمتر تولید می‌شوند که در بازار جهانی خریدار ندارند. به طور خلاصه، دولت‌ها علاقه دارند وجهه خود را با ارائه پروژه‌های نمایشی مرفعی نشان دهند. در نتیجه، پروژه‌های مفید برای جامعه به فراموشی سپرده می‌شوند. نمونه این پروژه‌ها پروژه‌های فضایی آمریکا برای فرستادن انسان به ماه بود که جنبه نمایشی آن بیش از جنبه علمی آن بود. هدف‌های علمی این پروژه هیچ ارتباطی با قدم گذاشتن انسان بر روی سطح ماه نداشت."

سوراخ کردن پوسته زمین برای آگاهی از لایه‌های میانی، ساخت هواپیمای مافوق صوت کونکورد^۲، تحقیقات برای کنترل سرطان در پزشکی و غیره گرچه در پیشبرد علم

1 . Lord Rothchild

2 . Concorde

مؤثر بودند، ولی چون هدف تبلیغاتی داشتند بیش از آنکه برای مردم مفید باشند، در خدمت شرکت‌های تبلیغاتی و پر کردن زمان برنامه‌های رادیو و تلویزیون قرار گرفتند و خیلی زود و در مدت کوتاهی به دلیل غیر واقعی بودن کنار گذاشته شدند.

بعضی از دانشمندان به دلایل اقتصادی منافع خود و تأمین کنندگان بودجه را در نظر می‌گیرند و نتایج مغایر با منافع خود را منتشر نمی‌کنند. بعضی از موضوع‌های تحقیقاتی، به خصوص در زمینه‌های اجتماعی، هدف‌های سیاسی دارند و به منظور اثبات نظریه سیاسی خاص اجرا می‌شوند. دخالت سیاستمداران در امر تحقیقات و سوء استفاده از علم و تحقیق به منظور پیشبرد نظریه‌ها و تبلیغ مقاصد سیاسی جنبه جهانی دارد و تقریباً در کلیه کشورها رایج است. برای مثال، رسانه‌های گروهی در چند ماه اخیر از مسکوت گذاشتن نتایج تحقیقات در زمینه گرمایش زمین توسط سیاستمداران آمریکا و اروپای غربی خبر داده‌اند.

۴. مشکلات تحقیق در کشورهای در حال توسعه

مسائل کشورهای در حال توسعه نیز مشابه مسائل کشورهای صنعتی، ولی شدید تر از آنهاست. در این کشورها نیز تحقیقات در زمینه‌های علوم و فناوری کلید اصلی در رشد اقتصادی محسوب می‌شود، ولی چون مسائل تبلیغاتی و نمایش ظاهری پیشرفت همه چیز را تحت الشعاع قرار می‌دهد، داشتن آزمایشگاه‌های تحقیقاتی نیز مانند داشتن خطوط هوایی، تلفن و تلویزیون ارزش تبلیغاتی برای نشان دادن پیشرفت نسبی جامعه دارند و در برخی موارد با تقلیدی نادرست از آزمایشگاه‌های کشورهای پیشرفته و ایجاد آزمایشگاه‌های غیر ضروری، تصویری عوامفریبانه از قابلیت‌های علمی و تحقیقاتی مجعول به نمایش گذاشته می‌شود.

دکتر ساباتو^۱، استاد متالورژی در دانشگاه‌های کشورهای آرژانتین، برزیل، شیلی، مکزیک، آمریکا و انگلستان، در مقاله‌ای مفید [۹] با استفاده از تجربه‌های خود در این کشورها به تحلیل سیاست‌های تحقیقاتی کشورهای در حال توسعه پرداخته و نوشته است:

1 . Sabato

"تحقیقات دولتی در کشورهای در حال توسعه به پیروی از هدف‌های روزمره مدیران جامعه دارای سه مرحله متمایز است:

در مرحله اول و بلافاصله پس از تصویب طرح مرکز تحقیقاتی، ماه عسل آغاز شد. گرچه کاری انجام نمی‌شود، ولی پول مانند آب به جریان می‌افتد. مدیری برای مرکز تعیین می‌شود. کادر تحقیقاتی و اداری استخدام می‌شوند. وسایل و تجهیزات تحقیقاتی گرانقیمت خریداری می‌شود و مرکز با شکوه و جلال فراوان توسط مقامات عالی رتبه مملکتی افتتاح شود. آموزش کادر تحقیقاتی نیز با صرف هزینه‌های زیاد در داخل و خارج از کشور انجام می‌شود. سرمایه‌گذاری اولیه معمولاً بسیار سنگین و چندین برابر هزینه‌های جاری بعدی است. محققان و مسئولان دولتی با اعتقاد و باور کامل در امر توسعه پروژه همکاری می‌کنند و به خصوص در زمان افتتاح و مراسم مربوط به آن هیچ‌گونه کمبود مالی و مانع اداری وجود ندارد.

پنج تا هشت سال بعد طرح در مرحله دوم قرار دارد. در این مرحله محققان مرکز با همفکران خود در خارج از کشور ارتباط برقرار می‌کنند، دانشجویان اعزامی به خارج با شور فراوان و عقاید نو و آماده برای خدمت به کشور باز می‌گردند و تربیت کادر فنی کمکی نیز به پایان می‌رسد. افراد و ماشین‌آلات در محل خود مستقر می‌شوند و شرایط برای اجرای تحقیقات مهیا و تحقیقات به آهستگی ولی با اطمینان آغاز می‌شود."

دکتر ساباتو می‌گوید: "متأسفانه، در پایان این مرحله پروژه ارزش تبلیغاتی خود را از دست داده است و مسئولان دولتی اشتیاق چندانی به ادامه آن ندارند، زیرا نه ساختمانی برای افتتاح وجود دارد و نه ماشین جدیدی برای تهیه فیلم و گزارش خریداری شده است. هزینه‌های جاری کل هزینه‌های مرکز را تشکیل می‌دهند و چون هزینه‌های جاری بازده نمایشی ندارند، مورد توجه نیستند و پروژه وارد مرحله سوم می‌شود. مقررات دست و پاگیر اداری برقرار می‌شود و برای خرید جزئی‌ترین ماده مصرفی باید ده‌ها نفر سند را امضا کنند و مدت‌ها وقت صرف شود. در نتیجه، سرعت امور کم می‌شود، برنامه‌ها قطع و وصل می‌شوند. یأس، ناامیدی و تلخکامی جای اشتیاق اولیه را می‌گیرد و فرار مغزها آغاز

می‌شود. مرکز که روزی نور چشم همه بود به گورستان لوازم گرانیقیمت تبدیل می‌شود و سکان کارها به کارمندان جزء که بجز دریافت حقوق آخر ماه به چیز دیگری فکر نمی‌کنند، واگذار می‌شود. در پاره‌ای مواقع نیز مرکز در مرحله دوم به دلایل سیاسی و حزبی بسته می‌شود و مسئولان دولتی با هدف تبلیغات جدید موضوع دیگری را انتخاب می‌کنند و همان نمایش تکرار می‌شود."

سازمان جهانی یونسکو نیز در دهه ۸۰ میلادی گزارشی مشابه گزارش دکتر ساباتو را منتشر و تحقیقات نمایشی را عامل هدر رفتن بودجه‌های تحقیقاتی در کشورهای جهان سوم معرفی کرد.

سال‌ها قبل وزیر صنایع ایران هنگام افتتاح یک کارخانه اطاقسازی اتوبوس در پاسخ به یکی از حاضران که گفته بود ما به پیچ و مهره و بلبرینگ و صنایع مادر بیشتر نیاز داریم، گفته بود که می‌خواهید بگویند فلانی پیچی کوچک ساخته است؟ من اتوبوسی بزرگ ساخته‌ام!

برنارد دیکسون^۱ [۱۰] می‌گوید: "برنامه‌های تحقیقاتی - نمایشی در کشورهای صنعتی نیز وجود دارد، ولی شدت آن در کشورهای در حال توسعه بیشتر است."

۵. برنامه‌های تحقیقاتی

متولی تحقیقات کیست و مسئولیت تعیین خط‌مشی تحقیقات کشور و تقسیم بودجه‌های تحقیقاتی بر عهده کدام سازمان است؟

در پاسخ به این سؤال لرد رانچایلد در گزارش تکان دهنده خود در باره چهار چوب برنامه تحقیق و توسعه دولتی در انگلستان می‌نویسد "دانشمندان هر قدر که با هوش و برجسته باشند نمی‌توانند شخصاً نیازهای جامعه و اولویت‌های آن را تعیین کنند و به جای مسئولین اجرائی تصمیم‌گیری نمایند. این امر به خصوص در امر تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای که برنامه‌های توسعه کشور بدان وابسته است، اهمیت فراوان دارد. دولت

1 . Bernard Dixon

اولویت‌های برنامه توسعه اقتصادی-اجتماعی را با توجه به شرایط کلی مملکت مشخص می‌کند و در مجلس به تصویب می‌رساند. تحقیقات فردی و متعدد و پراکنده شرایط لازم را برای تصمیم‌گیری صحیح ایجاد نمی‌کنند." نظریه راثچایلد گرچه حاوی نکات بسیار مثبت و قابل قبولی در ارتباط با تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی است و ولی رهنمودهای آن شامل تحقیقات بنیادی و تحقیقاتی که توسط نابغه‌ها انجام می‌شود نمی‌گردد.

افراد جامعه قابلیت‌های مختلف دارند؛ عده‌ای نیروی بدنی و عده‌ای نیروی فکری زیاد دارند؛ درصدی نیز در اصطلاح نابغه هستند. نابغه‌های قدرت‌های فکری استثنایی دارند و مسائل را قبل از دیگران درک می‌کنند و راه حل‌های بدیع ارائه می‌دهند و منشأ اختراعات، نوآوری‌ها و جهش‌های علمی و فناوری در جامعه هستند. نظریه‌های نابغه‌ها معمولاً بر خلاف مسیرهای فکری حاکم بر جامعه است و در بسیاری از موارد به سادگی پذیرفته نمی‌شوند و دیگران و حتی دانشمندان نیز در برابر آنها مقاومت می‌کنند. میزان مقاومت ممکن است چنان شدید باشد که نظریه در همان ابتدا در نطفه خفه شود.

مدعیان نبوغ فراوان هستند و در گذشته نیز رنج‌های زیادی برای بشریت به وجود آورده‌اند. از آنجا که مسئولیت اشتباهات مدعیان نبوغ برعهده جامعه است، پس نباید نسبت به آن حساس بود. شناخت نابغه‌ها، تفکیک آنها از محققان عادی و مبلغان علمی و ایجاد شرایط کاری مناسب برای آنها و استفاده از افکار و نظریه‌های آنها بسیار مشکل و پیچیده است. موضوع‌ها و هدف‌های طرح‌های تحقیقاتی بدیع نابغه‌ها معمولاً توسط خود آنها تعریف و ارزیابی می‌شود و چون سابقه قبلی ندارند، همگان آنها را درک نمی‌کنند و نمی‌توانند در تدوین برنامه تحقیقاتی آنها شرکت یا آن را به خوبی ارزیابی کنند؛ به عبارت ساده‌تر، بعضی از موضوع‌های تحقیقاتی نابغه‌ها باید توسط خود آنها تعریف شود و در مواردی که نابغه‌ها در اجرای موضوع تحقیقاتی خاص با فشاری می‌کنند، نباید مانع تراشی کرد. ایجاد مانع در راه تحقیقات نو برای نابغه‌ها مانند ایجاد سد در راه پیشرفت جامعه است. نابغه‌ها می‌توانند و باید در اجرای موضوع‌های تحقیقاتی عادی جامعه نیز شرکت داشته باشند.

محققان عادی نیز در زمینه تخصصی خود صاحب نظر و جزو مطلع ترین افراد جامعه هستند و باید در تعیین خط مشی های تحقیقاتی مشارکت نمایند. لرد راثچایلد بر این عقیده است که محققان و مدیران تحقیقات جامعه باید تحقیقات را هدفدار و هماهنگ سازند. بی هدف بودن و پراکندگی بیش از حد موضوع های تحقیقاتی، باعث تولید نتایج منفصل و غیر قابل استفاده می شود و بودجه های تحقیقاتی را به هدر می دهد.

تحقیقات نیز مانند سایر شاخه های علوم دارای مراحل و طبقات مشخص است. پروژه های تحقیقاتی سطح فناوری و علمی جامعه را نشان می دهند و در مرزهای علمی جامعه حرکت می کنند. همان طور که نمی توان قبل از پایان دوره متوسطه تحصیلات عالی را شروع کرد، قبل از پایان تحقیقات زیر بنایی و کسب دانش فنی در زمینه های پایه نیز نمی توان به تحقیقات عالی پرداخت. گر چه از نظر کلی اجرای تحقیقات پیشرفته در زمینه های مختلف میسر است، ولی چون ساختار زیر بنایی استفاده از آن در صنعت وجود ندارد، این تحقیقات در خدمت مردم نخواهد بود و منافع آن عاید کشورهای صنعتی می شود.

۶. تقسیم بندی موضوع های تحقیقاتی

موضوع های تحقیقاتی در یک طبقه بندی کلی به دو گروه کلی بنیادی و عملی و در یک طبقه بندی دیگر که مقبولیت جهانی نیز دارد، به سه گروه بنیادی، توسعه ای و کاربردی تقسیم می شود. تحقیقات بنیادی اغلب در زمینه های فرهنگی هستند و بازده اقتصادی زود هنگام ندارند. موضوع های مورد بحث در این قبیل تحقیقات عبارت اند از:

فلسفه وجودی جهان هستی و ماورای آن و قوانین مربوط به آنها، ریاضیات، قوانین حاکم بر طبیعت و محیط زندگی (فیزیک)، کنترل طبیعت و محیط زندگی، شناخت انسان و سایر جانداران از دیدگاه قابلیت های جسمی و روحی و چگونگی استفاده بهینه از قابلیت های ذاتی، قوانین حاکم بر روابط انسان و طبیعت، فرهنگ ها و تمدن ها و غیره.

ایجاد شرایط لازم برای زندگی بهتر، تهیه غذا، پوشاک، مسکن، بهبود سلامت، تهیه مواد اولیه، مباحث اقتصادی، انرژی، حمل و نقل، ارتباطات، محیط زیست، اکولوژی و غیره نیز زمینه‌های تحقیقات کاربردی را تشکیل می‌دهند.

بعضی از دانشمندان تحقیقات بنیادی را لازمه تحقیقات کاربردی می‌دانند و می‌گویند که بدون تحقیقات بنیادی نمی‌توان تحقیقات کاربردی را انجام داد. این نظریه گرچه عمومیت ندارد، ولی در موارد خاص تا حدی صحیح است. برنامه‌های تحقیقات بنیادی که برای افزایش دانش عمومی انجام می‌شوند نیز ممکن است به نتایج مهم عملی و صنعتی منجر شوند [۱۱].

ایجاد تعادل بین میزان تحقیقات بنیادی و کاربردی از چالش‌های بزرگ مدیران جامعه است و دانشمندان در کشورهای مختلف جهان هنوز به رقم واحدی در این مورد دست نیافته‌اند. در کشورهای صنعتی مؤسسات غیر دولتی سهم مهمی از بار تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای را بر عهده دارند. بودجه پروژه‌های بنیادی و توسعه‌ای و قسمتی از بودجه پروژه‌های کاربردی از منابع دولتی تأمین می‌شود. متأسفانه، نقش جنبه‌های تبلیغاتی و سیاسی و نمایشی در تقسیم بودجه‌های دولتی در سراسر دنیا بسیار زیاد است و بودجه‌های تحقیقاتی به طور منطقی هزینه نمی‌شوند. برای مثال، در دو سال اول دهه ۶۰ میلادی به منظور دستیابی به هدف‌های سیاسی بودجه ناسا^۱ در حدود ۸۹ درصد و ۱۰۴ درصد افزایش داشت، در حالی که افزایش بودجه سالیانه در حال حاضر در حدود ۳ درصد است. گرچه نسبت بودجه‌های تحقیقاتی کشورهای صنعتی را نمی‌توان به ایران تعمیم داد، ولی از آنجا که ظرفیت دوره‌های علوم نظری در ایران و دنیا در حدود بیست درصد دوره‌های آموزش عالی است، بنابراین، به تبعیت از کشورهای صنعتی تخصیص بیست درصد از بودجه تحقیقاتی کشور به علوم نظری منطقی به نظر می‌رسد.

۷. مدیریت تحقیقات

تحقیقات در اکثر کشورهای جهان در زیر مجموعه‌های، کشاورزی، پزشکی، آموزش، صنعت، محیط زیست و غیره تحت نظر شوراهایی با همین عناوین هدایت می‌شود. طرح‌های تحقیقاتی یا از سوی محققان پیشنهاد یا در چهارچوب برنامه‌های توسعه توسط شوراهای تحقیقاتی عرضه می‌شوند. تحقیقات پیشنهادی از طرف محقق چنانچه در چهارچوب هدف‌های برنامه‌های توسعه باشد، به تصویب می‌رسد.

چون هدف‌های اکثر طرح‌های کاربردی از قبل مشخص است، لذا، بهترین روش اجرای آنها استفاده از قراردادهای حقوقی با هدف خاص و زمان‌بندی مشخص است؛ کارفرما موضوع قرارداد را تعریف می‌کند و نتایج حاصل از آن را ارزیابی و از آن استفاده می‌کند. البته؛ استثناهایی نیز در این زمینه وجود دارد؛ مثلاً برای معالجه سرطان نمی‌توان قرارداد حقوقی منعقد کرد و محقق را مجبور ساخت تا برای درمان سرطان راه حل ارائه دهد. این نوع تحقیقات باید در چهارچوب تحقیقات بنیادی انجام شود.

تحقیقات بنیادی و نظری بازدهی زود هنگام ندارند و نتایج آنها را نمی‌توان به سادگی ارزیابی کرد. اجرای این طرح‌ها در چهارچوب قراردادهای حقوقی بسیار مشکل است. نتایج تحقیقات بنیادی اغلب بحث‌انگیز است و موافقان و مخالفان بسیاری دارد. تحقیقات توسعه‌ای که برای پاسخگویی به نظریه‌ای خاص و به منظور ارتقای سطح علم یا فناوری انجام می‌شوند، در وسط قرار دارند و در بسیاری از موارد می‌توان آنها را در چهارچوب قراردادهای حقوقی اجرا کرد.

در حال حاضر، محققان کشور شخصاً نوع تحقیق خود را تعیین می‌کنند و مصالح جامعه و بازدهی بودجه تحقیقاتی نقشی در تخصیص بودجه‌ها ندارد. مراکز تحقیقاتی نیز بی‌برنامه و بدون هدف تحقیق می‌کنند و نتایج حاصل از تحقیقات آنها بیش از آنکه به‌حال مردم این کشور مفید باشد، در خدمت فناوری کشورهای صنعتی است. این وضعیت مطلوب نیست و باید تغییر کند و تحقیقات، چه از نظر موضوعی و چه از نظر تأمین بودجه،

زیر نظر شوراهای انجام شود. تحقیقات توسعه ای و کاربردی باید در زمینه‌هایی انجام شود که کشور به آن نیاز دارد و در آن زمینه‌ها دانش فنی خریداری می‌کند. از آنجا که بودجه تحقیقات توسط دولت تأمین می‌شود، نتایج و سود حاصل از آن نیز به دولت تعلق دارد. مسئولیت ارزیابی بازدهی و سودآوری تحقیقات بر عهده شوراهای تحقیقاتی است. شوراهای تحقیقاتی به نمایندگی از طرف دولت به عنوان کارفرما و تأمین کننده بودجه باید مسیر و هدف‌های پژوهش را در کشور تعیین و سهم بودجه هر رشته را معین کنند. نقش شوراهای تحقیقاتی در تعیین ارتباط موضوع تحقیق با نیازهای کشور و منافع ملی بسیار مهم و حیاتی است. قسمت اعظم تولید علم باید در خدمت جامعه باشد. تولید علم و فناوری اگر در داخل کشور کاربرد نداشته باشد و صنایع کشور نتوانند از آن استفاده کنند، مفید نیست. شوراهای باید نیاز سنجی کنند و پس از تشخیص نقاط قوت و ضعف، زمینه‌های مورد نظر را در چهارچوب طرح‌های تحقیقاتی مشخص به محققان پیشنهاد و بودجه آن را نیز تأمین کنند.

۸. تحقیقات صنعتی در ایران و خرید دانش فنی

تولید و صنعت دو مقوله جداگانه هستند و هر یک مشکلات مخصوص به خود را دارند [۱۲]. تولید تحت لیسانس و با استفاده از دانش فنی خریداری شده به تحقیق نیازی ندارد. هر چه کشور صنعتی تر و از نظر فنی مستقل تر می‌شود، نیاز به دانش فنی نیز بیشتر می‌شود؛ به عبارت دیگر، میزان تولید دانش فنی نشان‌دهنده استقلال صنعتی کشور است. نداشتن برنامه‌های تحقیقاتی مدون و کمبود پروژه‌های تحقیقاتی کاربردی نشان می‌دهند که کشور هنوز در مرحله تولید تحت لیسانس است و به مرحله صنعتی وارد نشده است. در حالی که بودجه‌های فراوانی در امور تحقیقاتی هزینه می‌شود، باز هم همه ساله مبالغ زیادی برای خرید دانش فنی در زمینه‌های نفت، پتروشیمی، تصفیه و پالایش فرآورده‌های نفتی، ذوب فلزات، نساجی، خودرو، صنایع غذایی و غیره صرف می‌شود. این مشکل از سوء مدیریت در هزینه بودجه‌های تحقیقاتی و نداشتن صنعت واقعی ناشی می‌شود.

بودجه‌های تحقیقاتی باید در زمینه‌هایی هزینه شوند که کشور به آن نیازمند است و در آن زمینه‌ها دانش فنی خریداری می‌شود. ما نمی‌توانیم در زمینه‌ای دانش فنی بخریم ولی تحقیق نداشته باشیم و در زمینه‌ای تحقیق کنیم که به آن نیازی نداریم. تخصیص بودجه‌های تحقیقاتی باید متناسب با هزینه‌های خرید دانش فنی باشد. هرچه بودجه خرید دانش فنی بیشتر می‌شود، بودجه‌های تحقیقاتی نیز باید بیشتر شود.

از آنجا که در مسائل تحقیقاتی در زمینه ایجاد دانش فنی هدف و نتیجه از قبل معلوم است و این تحقیقات را می‌توان در چهار چوب قراردادهای حقوقی اجرا کرد، پس قراردادهای تحقیقاتی کاربردی باید جایگزین قراردادهای خرید دانش فنی شوند. پروژه‌های تحقیقاتی کاربردی باید مانند پروژه‌های صنعتی در چهارچوب قراردادهای مشخص با موضوع و هدف معین تعریف و اجرا شوند و قراردادهای خرید دانش فنی از خارج باید به قراردادهای خرید دانش فنی داخلی تغییر یابند. موضوع قرارداد، تهیه دانش فنی مورد نیاز کارفرماست که پس از پایان قرارداد به کارفرما تحویل می‌شود. نتایج قرارداد و مزایای حاصل از آن نیز به کارفرما تعلق دارد. در این خصوص شرکت‌های طراحی مهندسی نقش مهمی دارند؛ این شرکت‌ها که اغلب با هدف کسب دانش فنی تشکیل می‌شوند و در چند سال اخیر و به تعداد زیاد در ایران فعالیت خود را آغاز کرده‌اند، سعی می‌کنند با مطالعه و تجربه و با شناسایی امکانات موجود و بالقوه شرایط لازم برای ایجاد دانش فنی و ساخت را در کشور فراهم کنند و کشور را از خرید دانش فنی در رشته مورد نظر بی‌نیاز سازند.

شرکت‌های طراحی مهندسی در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در کسب دانش فنی در زمینه‌های پل سازی و سد سازی و راه سازی داشته‌اند. مهندسان این شرکت‌ها ساختمان‌های بلند و قسمت‌هایی از نیروگاه‌ها را طراحی کرده و در سایر رشته‌ها نیز موفقیت‌هایی به دست آورده‌اند. در مقابل، آنها در بعضی زمینه‌ها چون خودرو، با وجود هزینه کردن میلیاردها دلار، متأسفانه به دلیل نداشتن برنامه و مدیریت صحیح پیشرفتی معادل سرمایه مصرفی نداشته‌اند. مصرف سوخت خودروهای تولیدی همچنان بالاست.

ایمنی خودروها ضعیف است و سازمان محیط زیست هر روز راجع به آلودگی هوا اطلاعیه صادر می‌کند. واحدهای تحقیقاتی در این شرکت‌ها جنبه نمایشی دارند و اغلب تبعیدگاه کارکنان مغضوب هستند. در برخی موارد این شرکت‌ها به خرید دانش فنی نیز اقدام می‌کنند و کارکنان این شرکت‌ها آنها را دلالتی مهندسی می‌نامند.

از آنجا که محققان ایرانی اطلاعات زیر بنایی مورد نیاز برای تحقیق را در اختیار ندارند و باید آن را از طریق تحقیقات جداگانه به دست آورند، هزینه اجرای تحقیقات در کشور معمولاً از هزینه خرید دانش فنی بیشتر است. تصمیم‌گیری در خصوص خرید فناوری در مقابل کسب آن از طریق تحقیق مشکل است. خرید از نظر اقتصادی ارزان‌تر و سریع‌تر از تولید دانش فنی است و زودتر به جواب می‌رسد. ولی تحقیق راه را برای آینده هموار می‌کند و نیاز به خرید مجدد دانش فنی را از بین می‌برد. به منظور استفاده بهتر از امکانات دولت و کسب بازدهی بیشتر از هزینه‌های تحقیقاتی باید موانعی به شرح زیر در راه خرید بی‌رویه دانش فنی ایجاد شود.

- ۱- باید قانونی به تصویب برسد که طبق آن خرید دانش فنی منوط به تأیید عدم امکان ایجاد آن در کشور باشد؛
- ۲- شرکت‌ها باید موظف شوند معادل هزینه خرید دانش فنی در امر تحقیقات هزینه کنند؛
- ۳- شرکت‌های طراحی مهندسی از خرید دانش فنی منع شوند و فقط در زمینه تولید دانش فنی فعالیت نمایند؛

در سال‌های اخیر، آمار زیادی در باره سهم ایران در تولید علم در جهان ارائه شده، ولی در این آمار از سهم ایران در تولید دانش فنی در سطح جهانی سخنی به میان نیامده است. آیا ما به همان اندازه که به تولید علم اهمیت می‌دهیم به تولید فناوری هم اهمیت می‌دهیم؟ آمار تولید دانش فنی و علم را چه کسی تهیه و بررسی می‌کند. ایران کشوری نفت خیز است. تعدادی مؤسسه تحقیقات صنایع نفت در این کشور وجود دارد. سهم ایران در تولید دانش فنی در زمینه صنایع نفتی چقدر است؟ سهم تحقیقات در کاهش مقدار خرید دانش فنی در صنایع لوازم خانگی چقدر است؟ آیا بودجه مصروفه برای خرید دانش فنی

در صنایع پارچه بافی، سیمان، قند، راه آهن و غیره کم می‌شود یا رو به افزایش است؟ چرا پس از ۵۰ سال تولید لوازم خانگی و یخچال هنوز طرح اولیه از خارج خریداری و یا کپی می‌شود و طرح ایرانی جایگزین ایجاد نشده است؟ کشور ایران از نظر منابع معدنی غنی است. فرآوری مواد معدنی باید به گونه ای باشد که خط تولید از معدن به مصرف پیوسته و بدون انقطاع باشد. اکتشاف معدن، معدنکاری، تغلیظ و احیا و تصفیه کانی‌ها و صنایع فلزی مربوط به آنها باید در داخل کشور انجام شود. احیا و تسویه سنگ معدن در خارج از کشور به صلاح نیست و خط تولید را منقطع و وابسته می‌سازد، در حالی که کارگران ایرانی بیکار هستند و سنگ معدن قبل از احیا صادر می‌شود. آیا تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است؟

تحقیقات صنعتی گسترده، هدفدار و سرمایه محور است. مشکلات صنعتی در چهارچوب طرح‌های دانشگاهی محدود با بودجه‌های ناچیز قابل حل نیستند. حل مشکلات صنعتی بر عهده شرکت‌های بزرگ طراحی مهندسی است که با داشتن پشتوانه مالی قوی می‌توانند با همکاری دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به این مهم پردازند.

تحقیقات دانشگاهی در ایران

بر طبق آمار منتشر شده از طرف وزارت علوم، تحقیقات و فناوری [۱۳] تعداد دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد در سال تحصیلی ۸۳-۱۳۸۲ بالغ بر ۴۲۷۱۹ نفر و در سال تحصیلی ۸۴-۱۳۸۳ بالغ بر ۵۰۲۲۶ نفر بوده است. تعداد دانشجویان دوره دکتری تخصصی نیز در این دو سال به ترتیب ۱۳۳۵۸ و ۱۴۱۵۷ نفر گزارش شده است. از آنجا که تمام دانشجویان دوره‌های دکتری و کارشناسی ارشد باید یک پروژه تحقیقاتی را به ثمر برسانند، تعداد ۶۴۳۸۳ نفر محقق در سال تحصیلی ۸۴-۸۳ در امر تحقیقات شرکت داشته‌اند. حضور چند ده هزار نفری محققان در دانشگاه‌ها ایجاب می‌کند که به امر تحقیقات با دقت بیشتری توجه و تحقیقات قانونمند و هدفدار شود. افکار جدید که آینده کشور به آن وابسته است، فرصت تحقق یابند و امکانات لازم برای دانشمندان و

پژوهشگران برای پیشبرد مرزهای علم و فناوری فراهم شود و همزمان با آن، بازده هزینه‌های تحقیقاتی نیز بررسی و دانشمند از مدعی مجزا و تحقیقات مفید از غیر مفید تفکیک شود.

مسائل پژوهشی دانشگاه‌های ایران را نمی‌توان با معیارهای کشورهای صنعتی حل کرد. دوران تحقیقات بی‌هدف برای ارضای کنجکاوی‌های محقق و تکمیل پرونده ارتقا و ایجاد آمار سهم کشور در تولید علم جهانی به سر آمده است. تحقیقاتی که به زبان انگلیسی و در خارج از کشور چاپ می‌شوند، اکثراً ادامه‌ای از تحقیقات دوره دانشجویی محقق در خارج از کشور هستند و برای خارجی‌ها مفیدتر و با سطح علمی جهان صنعتی بیش از سطح علمی کشور هماهنگی دارند. در برخی موارد استادان پروژه‌های تحقیقاتی دوره دانشجویی خود را ادامه می‌دهند و دانشجویان آنها نیز همان مسیر را دنبال می‌کنند.

افزایش سهم ما در تولید علم جهانی مسلماً نشان‌دهنده شرکت دانشمندان ایرانی در تولید علم و فناوری جهانی و آرزوی تمام مردم و محققان است. ولی تا زمانی که فاصله علمی کم نشود و فناوری خریداری شود، بهره‌مندی از نتایج تحقیقات مشکوک به نظر می‌رسد و این سؤال پیش می‌آید که چه کسی از نتایج تحقیقات بهره می‌برد. آزمایش برای تهیه اطلاعات مورد نیاز و حل مشکلات کشورهای صنعتی با بودجه تحقیقاتی کشور با عنوان تولید علم به صلاح نیست.

همان‌طور که علم هدف نیست و فقط وسیله‌ای در جهت ارتقاء کیفیت زندگی و حرکت به سوی تعالی است، تحقیق نیز هدف نیست و چنانچه به نتیجه ملموس و مفیدی منجر نشود، مطلوب نیست. هدف از تحقیقات ایجاد سرگرمی و ارضای تمایلات شخصی محقق نیست. قسمت عمده‌ای از تحقیقات دانشگاهی باید در زمینه‌های تولید علم، تولید فناوری و تولید دانش فنی و در خدمت فرهنگ، سلامت و صنعت کشور باشد. در وضعیت فعلی موضوع‌های تحقیقاتی توسط محقق و برای استفاده مصرف‌کننده موهوم تعریف می‌شوند، که مسلماً مطلوب نیست.

تحقیقات دانشگاهی باید در چهارچوب قراردادهایی با هدف مشخص منعقد شوند.

توصیه می‌شود که قراردادهای خرید دانش فنی در چهارچوب قراردادهای تحقیقاتی به دانشگاه‌ها واگذار شود. گرچه ممکن است هزینه تحقیقات از هزینه خرید دانش فنی بیشتر باشد، ولی اضافه هزینه توجیه پذیر است و باید دولت آن را تأمین کند.

در فرم‌های پروژه‌های تحقیقاتی دانشگاهی موضوع‌های تحقیقاتی به سه گروه بنیادی، توسعه‌ای و کاربردی تقسیم شده است. اولین قدم در راه هدایت تحقیقات دانشگاهی تقسیم بودجه تحقیقاتی بین این سه گروه است.

سهم تحقیقات بنیادی به تعداد محققان رشته‌های علوم پایه و نسبت آنها به کل محققان دانشگاه بستگی دارد و به نظر نویسنده باید دارای سقفی در حدود ۳۰-۲۰ درصد کل بودجه تحقیقاتی دانشگاه باشد.

پروژه‌های کاربردی با هدف حل مسائل صنعتی کشور و تولید دانش فنی برای صنایع کشور باید به طور گروهی در دانشکده‌ها انجام شوند. گروه‌ها باید به صورت شبه شرکت عمل کنند و بودجه پژوهشی را طبق مقررات شرکت‌های طراحی مهندسی هزینه سازند.

ارزیابی کارهای تحقیقاتی باید مناسب و دقیق باشد. گرچه انتشار آثار علمی در مجلات بین‌المللی در شناساندن قابلیت‌های جوانان ما ارزشمند است، ولی این جاذبه نباید باعث سوق دادن جوانان به سوی تحقیقات غیر ملی شود.

تحقیقات بنیادی را می‌توان با توجه به چاپ و نشر مقاله در نشریات داخلی و ISI خارجی ارزیابی کرد، ولی استفاده از معیار نشریات ISI خارجی برای تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای مسیر تحقیقات را به سمت حل مشکلات کشورهای صنعتی سوق می‌دهد. مادام که حل مشکلات صنعت ما جذابیت لازم برای چاپ در مجلات بین‌المللی را پیدا نکرده است، این وضعیت ادامه دارد. بهترین معیار برای ارزیابی تحقیقات کاربردی مقایسه هزینه‌های صرفه جویی شده در راه خرید دانش فنی است که باید دارای ارزشی معادل چاپ مقاله در نشریات بین‌المللی داشته باشد.

توسعه فرهنگ نگارش و ضبط نتایج برپایی کنفرانس‌های تخصصی و ارج نهادن به شرکت در این کنفرانس‌ها در همسو کردن فعالیت‌های تحقیقاتی نقش مؤثری دارند. جلد

کردن پروژه‌های دانشجویان و نگهداری آنها در کتابخانه‌ها، وابسته کردن اخذ مدارک عالی به چاپ مقالات علمی و وابسته کردن ارتقای مرتبه علمی استادان به نتایج کارهای تحقیقاتی از اقدامات مفید چند سال گذشته در ارتقای فرهنگ تحقیق بوده است.

۹. نقش محقق

تحقیق قوانین خاص خود را دارد. امروزه، این قوانین کاملاً شناخته شده هستند. محققان نیز مانند سایر تخصص‌ها تربیت می‌شوند و پس از آموزش اصول تحقیق به کار تحقیق می‌پردازند. محقق یکی از افراد جامعه است و قسمتی از بار مشکلات جامعه را بر دوش می‌کشد. او نیز در آرزوهای کلی جامعه شریک است و کمبودهای فردی نیز در او دیده می‌شود. به جز در موارد استثنایی، تقریباً تمام محققان انسان‌هایی معمولی هستند که وقت خود را در آزمایشگاه به طرح آزمایش، اجرای آن، بررسی نتایج و تهیه گزارش می‌گذرانند. در خارج از آزمایشگاه نیز آنها مانند بقیه مردم با مشکلات زندگی دست و پنجه نرم می‌کنند.

حقوق و مزایای محققان نیز مانند سایر قشرهای جامعه تابع قانون عرضه و تقاضاست و برحسب شرایط کار تعیین می‌شود و باید به میزانی باشد که بتوان نیروی انسانی لازم برای تحقیق را جذب کرد.

۱۰. نتیجه گیری

استقلال کشور و سعادت جامعه به خود اتکایی در زمینه‌های علمی و فناوری بستگی دارد. عدم دستیابی به این مهم ما را به کارگران جهان صنعتی تبدیل خواهد کرد. به منظور بهره‌گیری صحیح از هزینه‌ها، امکانات و نیروی انسانی و دستیابی به هدف‌های علمی و فناوری لازم است:

۱. تحقیقات قانونمند و تحت مدیریت شوراهای تحقیقاتی انجام شوند؛
۲. تحقیق باید در خدمت جامعه و رفع نیازهای آن باشد و از اجرای تحقیقات نمایشی و تبلیغاتی پرهیز شود. موضوع‌های تحقیقاتی باید همسو باشند و از پراکنده کاری ممانعت به

عمل آید؟

۳. قسمت عمده بودجه‌های تحقیقاتی باید به موضوع های کاربردی و زمینه‌هایی که در آنها دانش فنی خریداری می‌شود، اختصاص یابد. سهم بودجه تحقیقات بنیادی به کل بودجه تحقیقاتی باید مشخص و دارای سقف معین باشد؛
۴. تحقیقات کاربردی با هدف ایجاد دانش فنی باید تشویق شود و مورد حمایت قرار گیرد؛
۵. شرکت‌ها باید موظف شوند معادل بودجه خرید دانش فنی، در امر تحقیق در باره موضوع دانش فنی مورد نیاز سرمایه گذاری کنند؛
۶. قراردادهای تحقیقاتی باید جایگزین قراردادهای خرید دانش فنی شوند؛
۷. تحقیقات کاربردی در جوامع صنعتی شکوفا می‌شوند و مقدار آنها نشان‌دهنده میزان صنعتی بودن کشور است.

مراجع

1. Venetsky, " On Rare and Scattered Metals" , Mir Publishers, Moscow, 1983.
۲. ابوالعلاء عبدالمومن جاروتی معروف به صفی کحال، فرهنگ مجموعه الفرس، به تصحیح عزیزالله جوینی، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، ۱۳۵۶.
۳. محمد حسین خلف تبریزی معروف به برهان، برهان قاطع، به اهتمام محمد معین، مؤسسه انتشارات امیر کبیر، چاپ پنجم، تهران ۱۳۶۲.
۴. میر جمال الدین حسین بن فخرالدین حسن انجو شیرازی، فرهنگ جهانگیری، ویراسته رحیم عقیفی، انتشارات دانشگاه مشهد، چاپ دوم، ۱۳۵۹.
۵. حبیب بن ابراهیم بن محمد تفلیسی، بیان الصناعات به تصحیح ایرج افشار، مجله فرهنگ ایران زمین، جلد پنجم، ۱۳۳۶.
۶. محمد بن محمد بن حسن طوسی، مشهور به خواجه نصیرالدین "تسنوخ نامه ایلخانی"،

با مقدمه و تعلیقات مدرس رضوی، انتشارات اطلاعات، ۱۳۶۳.

۷. رشیدالدین فضل الله الوزير ابن عماد الدوله ابی الخیر بن موفق الدوله علی، جامع التواریخ به کوشش بهمن کریمی، شرکت نسبی حاج محمد حسین اقبال و شرکاء، تهران، ۱۳۳۸.

8. Rothschild, Lord, "A Framework for Government Research and Development", Cmnd 4814.

9. Sabato, J., "Application of Science in the Third World", Impact, Vol. 20, p.183, 1970.

10. Dixon, B. "What is Science For", Pelican Books, Hammond worth, Middlesex, England, 1976.

11. Moonman, E. Editor, "Science and Technology in Europe", Penguin Books, Hammond worth, Middlesex, England, 1968.

۱۲. غلامحسین دانشی، عوامل مؤثر در ساختار صنعتی، مجله مهندسی متالورژی، شماره ۵، پاییز ۱۳۷۸.

۱۳. آمار معاونت آموزشی وزارت علوم و آموزش عالی، سالهای تحصیلی ۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۵/۳)