

تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

رضا مهدی^۱

چکیده: بر پایه دو انقلاب بزرگ علمی، نظام دانشگاهی علاوه بر مأموریت آموزشی دارای مأموریت‌های پژوهشی، فناوری و کارآفرینی علمی شده است. همچنین، بر پایه الگوی پیچش سه جانبه دولت - دانشگاه - صنعت، کارکردهای دولت، دانشگاه و صنعت متحول و انتظار از نظام دانشگاهی برای فناوری، کارآفرینی علمی و جریان سازی و تغذیه نظام ملی نوآوری مضاعف شده است. در این مقاله وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر اساس مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری در سه حوزه ظرفیت، کارایی و اثربخشی با دو رویکرد اسنادی و پیمایشی بررسی و تحلیل شده است. بر پایه تحلیل‌های این پژوهش ظرفیت، کارایی و اثربخشی گروه فنی - مهندسی با یکدیگر متوازن و متناسب نیست. به طوری که ظرفیت گروه فنی - مهندسی بالاتر از کارایی و کارایی آن بالاتر از اثربخشی است. از این رو، باید اثربخشی و کارایی گروه فنی - مهندسی بیش از ظرفیت آن پایش شود و افزایش یابد و نظام علمی در گروه فنی - مهندسی با توجه همزمان به اصول ظرفیت، کارایی و اثربخشی سیاستگذاری و مدیریت شود.

واژه‌های کلیدی: گروه فنی - مهندسی، مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری، تولید علم، پژوهش، فناوری، آموزش عالی.

۱. دانش آموخته دکتری برنامه ریزی توسعه آموزش عالی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۱. مقدمه

عصر حاضر عصر جوامع، اقتصادها و نهادهای مبتنی بر دانش است و توسعه ملی و ارتقای جایگاه کشورها در رقابتهای جهانی در گرو تولید و به کارگیری دانش است [۱]. از منظر دیگر، تولید علم سطح مشخص و معینی ندارد [۲] و برای دستیابی به منافع و فواید رقابتی آن به حداقل سطح کمی به نام مقدار بحرانی^۱ تولید علم نیاز است تا کیفیت مورد انتظار از درون کمیت حاصل شود. همچنین، یک طیف نادقیق برای استفاده از منافع و توانمندسازیهای علم و دانش وجود دارد که دو سر انتهای این طیف شامل ۱. تولید علم و عرضه آن با توان حداکثری و بهره‌گیری از فشار تولید انبوه علم و دانش برای استفاده در عرصه‌های مختلف (فشار دانش^۲)، ۲. تولید علم بر اساس تقاضا و کشش بازار و عرصه‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی به صورت کنترل شده و بهینه (کشش بازار - فناوری^۳) است [۳].

با توجه به سطح توسعه یافتگی و میزان مشاکت در تولید علم جهانی برای جوامع در حال توسعه از جمله کشور ایران، ترکیبی از حالت‌های ۱ و ۲ می‌تواند کارایی بهتری داشته باشد [۴]، چرا که زمینه‌ها و نهادهای لازم برای کشش طبیعی علم و فشار تولید انبوه علم وجود ندارد یا اینکه در صورت وجود داشتن، به اندازه لازم به سطح توسعه یافتگی و بلوغ کافی نرسیده‌اند تا بتوانند کشش و فشار مناسب ایجاد کنند. از این رو، توقف کامل در صف انتظار ایجاد تقاضا برای تولید علم یا انتظار برای ایجاد فشار تولید انبوه علم ممکن است به کارآمدی و موجودیت نهادهای تولیدگر و مصرف کننده علم ضربه بزند و توسعه یافتگی و بلوغ نسبی آنها را نیز به تعویق بیندازد. در هر حال، واقعیت حاکی از آن است که برای دستیابی به توسعه پایدار ملی به سطحی از تولید علم نیاز است که این سطح بسیار بالاتر از سطح کنونی تولید علم در ایران باشد.

واقعیت این است که در کشور ایران آنچه به عنوان رشد علم و فناوری در سطح نظام دانشگاهی و مراکز علمی و پژوهشی مطرح می‌شود با آنچه در سطح جامعه و اثرگذاری و پیامدهای علم و فناوری در اقتصاد و ثروت کشور وجود دارد، قدری متفاوت است. تفاوت و شکاف بین علم و کاربرد آن در جامعه نماد مناسبی برای مطالعه و تحلیل وضعیت تولید علم و موقعیت گروه‌های مختلف علمی به خصوص گروه فنی - مهندسی است. از سوی دیگر، در کشور ما به سبب گشودگی مرزهای کشور بر روی محصولات و مصنوعات آماده خارجی و مختصات فرهنگ عمومی، فرصتهای پژوهش و تولید علم به طور با واسطه یا بی واسطه به مراکز پژوهشی کشورهای دیگر منتقل می‌شود.

-
1. Critical Mass
 2. Knowledge Push
 3. Technology-Market Pull

بررسیها نشان می دهد که مطالعه و پژوهش مستقلی در زمینه تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی انجام نشده است. تعداد محدودی پژوهش مرتبط با بررسی و تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور انجام شده است [۴] که عبارت است از: ۱. مطالعه شورای پژوهشهای علمی وقت و تصویب شورای عالی انقلاب فرهنگی با عنوان «موانع پژوهش و نوآوری در ایران»؛ ۲. دو مرتبه ارزیابی کلان علم و فناوری توسط هیئت نظارت و ارزیابی فرهنگی و علمی شورای عالی انقلاب فرهنگی؛ ۳. مطالعه تدوین سند توسعه بخش پژوهش و فناوری در برنامه چهارم توسعه کشور بر اساس موضوع بند الف ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی وقت؛ ۴. پژوهش فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران در زمینه توسعه علم و فناوری در علوم مهندسی کشور؛ ۵. مطالعات تدوین سند توسعه فناوریهای نانو و زیستی توسط ستاد ویژه فناوری نانو و شورای زیست فناوری؛ ۶. مطالعات تدوین نقشه جامع علمی ایران؛ ۷. مطالعات تدوین برنامه‌های توسعه کشور در حوزه علم و فناوری نظیر برنامه سوم، برنامه چهارم و حتی برنامه پنجم. همچنین، در کشورهای دیگر مرکز تحلیل خط مشی نوآوری^۱ اروپا [زیر نظر کمیسیون اروپایی] گزارشهای تحلیل خط مشی نوآوری اروپا را از سال ۲۰۰۳ بر پایه روش ترازبایی با ۳۹ کشور شامل اتحادیه اروپا، هند، ترکیه، برزیل، کانادا، چین، ژاپن، ایالات متحده و چند کشور اروپایی دیگر ارائه می کند. از مرور اجمالی مهم ترین سوابق پژوهشی نتیجه گیری می شود که موضوعات پژوهشهای انجام شده به صورت عام بوده است و مختص گروه فنی - مهندسی نیست [۴].

در این پژوهش بر پایه مدل هنجاری نظام علم و فناوری نظیر سبکهای تولید دانش، انقلابهای بزرگ علمی، نظام ملی نوآوری، الگوی پیچش سه جانبه^۲ صنعت - دولت - دانشگاه و رویکرد سیستمی، وضعیت گروه فنی - مهندسی بر اساس مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری بررسی و تحلیل شده است. در این مقاله ابتدا مبانی نظری پژوهش بر پایه مطالعات اسنادی بررسی و تدوین شده است. سپس، بر پایه مبانی نظری و داده های اسنادی و ثبتی موجود، وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور به صورت کل نگر در چارچوب مدل سایبرنتیک بررسی و مرور شده است. همچنین، در بخش پنجم، وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه پیمایش و نظرخواهی از جامعه آماری در ابعاد ظرفیت، کارایی و اثربخشی مطالعه و تحلیل شده است. در بخش نتیجه گیری نیز بر پایه جمع بندی مطالعات اسنادی و پیمایش، پیشنهادهای مناسب برای سیاستگذاری و مدیریت وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور ارائه شده است.

1. PRO INNO EUROPE

2. Triple Helix Model

۲. روش پژوهش

روش پژوهش دارای ماهیت ترکیبی شامل مطالعه اسنادی، فراتحلیل کیفی مطالعات قبلی، تراز یابی محدود و پیمایش بوده است [۵ و ۶]. در این مقاله منظور از گروه فنی - مهندسی آن دسته از رشته‌های علمی، پژوهشی و فناوری است که نتایج کار و فعالیت آنها به حوزه طراحی صنعتی، طراحی مهندسی، ساخت و تولید صنعتی، تجهیزات صنعتی و نظایر آن مربوط می‌شود [۷]. از این رو، گروه فنی - مهندسی شامل رشته‌ها و گرایشهای مهندسی دانشگاهها، گروههای پژوهشی غیر علوم پایه مراکز پژوهشی مهندسی، واحدها و شرکتهای پژوهشی و فناوری مستقر در مراکز رشد و پارکها و شهرکهای علمی و تحقیقاتی و نیز مراکز و واحدهای تحقیق و توسعه حوزه مهندسی بنگاههای تولیدی است. بنابراین، منظور از گروه فنی - مهندسی آن دسته از فعالیتهای و رشتههای علمی و پژوهشی است که فعالیت علمی آنها در یک تقسیم بندی کلی در حوزه مهندسی و فناوری قابل جایابی است. با توجه به محدودیتهای و حیطه پژوهش، در فرایند مطالعه میدانی و نظرخواهی از جامعه آماری سه حوزه اصلی شامل گروههای فنی - مهندسی دانشگاههای صنعتی، گروههای فنی - مهندسی مراکز پژوهشی و واحدها و شرکتهای مستقر در مراکز رشد و پارکها و شهرک علمی و تحقیقاتی زیر مجموعه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری پوشش داده شده است.

انتخاب نمونه‌ها با رعایت اصول علمی نمونه‌گیری به روش خوشه‌ای، طبقه‌ای، تصادفی، نسبتی و تعیین حجم نمونه با معیارهای ۹۵٪ اطمینان و حداکثر ۱۰٪ خطای مجاز است. بر اساس فرمول محاسبه حجم نمونه‌ها برای متغیرهای کیفی ($n = z^2pq / d^2$)، حجم نهایی نمونه‌ها ۹۰ نفر شده است [۸]. نتیجه محاسبات تعداد نمونه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

در فرمول مذکور، N : کل جمعیت واجد شرایط جامعه آماری، n : تعداد نمونه‌های نهایی در کل جامعه هدف، z : مقدار متغیر نرمال متناظر با ضریب اطمینان ۹۵٪ و d : میزان اشتباه مجاز است.

جدول ۱: جامعه آماری و تعداد نمونه‌های پژوهش

ردیف	طبقات جامعه	تعداد افراد واجد شرایط نمونه‌گیری (جمعیت به نفر)	تعداد نمونه (نفر)	درصد نمونه
۱	گروه فنی - مهندسی دانشگاهی	۷۴۰	۴۲	۴۷
۲	مراکز پژوهشی فنی - مهندسی	۴۰۰	۲۴	۲۶,۵
۳	واحدهای فناوری فنی - مهندسی	۴۰۰	۲۴	۲۶,۵
	جمع کل (نفر)	۱۵۴۰	۹۰	۱۰۰

ابتدا وضعیت گروه فنی - مهندسی به تفکیک حوزه های ظرفیت، کارایی و اثربخشی بر پایه اسناد، فراتحلیل کیفی مطالعات قبلی و ترازایی محدود بررسی و تحلیل کیفی شده است. سپس، وضعیت گروه فنی - مهندسی بر مبنای دیدگاههای نمونه های آماری پژوهش تحلیل کمی شده است. سنجش نگرش نمونه های آماری بر اساس پرسشنامه با طیف سه مقیاسی لیکرت (ضعیف معادل ۱، متوسط معادل ۲ و خوب معادل ۳) انجام شده است. سؤالات و گزاره های پرسشنامه مقدماتی بر پایه نتایج مطالعات اسنادی، مبانی نظری و فراتحلیل مطالعات قبلی طراحی و تدوین شده است. برای تأمین روایی^۱ پرسشها (پرسشنامه مقدماتی) از نظرهای مشورتی ۲۱ نفر (حدود ۲۳٪ کل نمونه های آماری) از جامعه آماری پژوهش استفاده شده است. همچنین، برای سنجش پایایی^۲ پرسشنامه ۱۰ نمونه آزمایشی توسط ۱۰ نفر از اعضای جامعه آماری تکمیل و ارزیابی شده است. ارزیابی پایایی پرسشنامه با استفاده از روش آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS درجه پایایی بالای ۰,۸۰ را نشان داده است. بنابراین، در مجموع، روایی و پایایی پرسشنامه در سطح استاندارد و خوبی تشخیص داده شده و قابل اعتماد و معتبر برای اخذ دیدگاههای جامعه آماری ارزیابی شده است [۹].

برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون t تک نمونه ای با ضریب اطمینان ۹۵٪ ($\alpha \leq 0/05$) و ارزش آزمون ۲ (حد متوسط امتیاز گزینه های پاسخ) استفاده شده است. برای تحلیل داده ها، میانگین دیدگاههای جامعه آماری (m) با استفاده از آزمون t با حد متوسط مقیاس لیکرت در پرسشنامه (μ) با ضریب اطمینان ۹۵٪ مقایسه شده است. در واقع، فرض برابری میانگین دیدگاههای جامعه آماری با حد متوسط مقیاس لیکرت در پرسشنامه پژوهش آزمون شده است.

۳. مبانی نظری پژوهش

۳.۱. سبکهای تولید دانش

تاکنون تولید دانش دارای چهار مرحله تحولی عمده و سبک^۳ بوده است:

سبک ۰: در این سبک، تولید دانش به طور عام و غیررشته ای توسط فلاسفه و اطبا صورت می گرفته است. امروزه، با توجه به قاعده مندیهایی ایجاد شده و فراوانی تقاضا و نیاز به دانش علمی، تولید دانش به این سبک به دلیل عدم امکان پاسخگویی به نیازها و جزئی نگری و بین رشته ای شدن همزمان پژوهشهای علمی، دارای جایگاه و سهم چندانی در تولید دانش نیست.

-
1. Validity
 2. Reliability
 3. Mode

۶ تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

سبک ۱: جامعه شناسی علم در قرن بیستم، از نظر مفاهیم و شیوه تفسیر فعالیتهای علمی دارای دو دیدگاه متمایز بوده است. تا قبل از نشر اندیشه گیبونز [۱۰]، رأی مرتون [۱۱] جریان اصلی جامعه‌شناسی علم بوده است. سبک مرتون علم را فعالیتی مستقل و نهاد علم را مستقل از سایر نهادهای اجتماعی می‌داند. ساختار هنجاری نهاد علم حاصل عملکرد فعالیتهای مستقل دانشمندان بوده است و معیارهای رفتار در این نهاد را تشکیل می‌دهد. هر گاه این ساختار با ساختار هنجاری جامعه یا نهادهای سیاسی و اقتصادی سازگاری داشته باشد، فعالیتهای علمی شرایط مناسبی برای رشد پیدا می‌کنند و در صورت ناسازگاری، توسعه علمی به مخاطره می‌افتد. در این سبک، دانش در درون رشته‌های علمی انفرادی در دانشگاهها و مؤسسات علمی دیگر تولید می‌شود. محرک اصلی توسعه دانش در سبک ۱ کنجکاوی و جستجوی علم جدید به دلیل ذات و خود علم است.

سبک ۲: در سبک ۲ (سبک گیبونز) بر ارتباط فعالیتهای علمی با نهادهای سیاسی و اقتصادی تأکید می‌شود. این سبک الگوی مرتون (سبک ۱) را بدون نفی، متعلق به دوره علم دانشگاهی می‌داند که اکنون جای خود را به علم پسادانشگاهی داده است [۱۲]. این سبک فعالیتهای علمی را دستخوش یک تحول بنیادی می‌داند، به طوری که نهاد علم بر روی نفوذهای اجتماعی باز و با رشد جامعه اطلاعاتی، شکل بازتری از علم و دانش نمایان شده است. گیبونز این سبک تولید علم را سبک دو نامیده که در مقابل سبک سنتی تولید علم قرار گرفته است [۱۳]. در سبک ۲ دانش به شیوه پژوهشها و تولیدات چندرشته‌ای یا فرارشته‌ای در نهادهای متنوع صنعت، دانشگاه و ... عمدتاً در زمینه‌های کاربردی زیر نفوذ مستقیم نیازهای اقتصادی و اجتماعی تولید می‌شود.

سبک ۳: این سبک از تولید دانش را ایتزکو ویتز و دیگران در چارچوب الگوی پیش‌پس سه جانبه دانشگاه - صنعت - دولت مطرح کرده‌اند [۱۴]. در این سبک دانشگاه وظیفه و مأموریت سومی را برای تأمین نیازهای جامعه مبتنی بر دانش تقبل می‌کند. این مأموریت، نوآوری فناورانه و توسعه اقتصادی است. نظام دانشگاهی با تولید دانش به کارآفرینی^۱ و فعالیت اقتصادی دانش محور می‌پردازد [۱۵].

۲.۳. انقلابهای بزرگ علمی

از سال ۱۹۵۰ دو انقلاب بزرگ علمی اتفاق افتاده است [۱۶]: انقلاب اول در اواخر قرن نوزدهم بوده است که طی آن دانشگاهها علاوه بر مأموریت آموزشی، مأموریت پژوهشی را نیز پذیرفته‌اند. انقلاب دوم در اواخر قرن بیستم بوده که طی آن دانشگاهها علاوه بر مأموریتهای آموزشی و پژوهشی، مأموریت نوآوری فناورانه را نیز متقبل شده و کارآفرینی علمی ظهور کرده است، به حدی که کل حوزه های پژوهشی به تدریج در جهتی پیش می‌رود که تابع قوانین بیرون از خود یا دگرآیین

باشند [۱۷]. ادگار مورن معتقد است که امروزه، علم در قلب جامعه مستقر شده است. علم در عین گسترش تأثیر و نفوذ خود بر جامعه، به تعیین فنی - بوروکراتیک سازمان صنعتی کار تن می‌دهد و درک واکنشهای متقابل میان علم و جامعه بسیار دشوار است [۱۸].

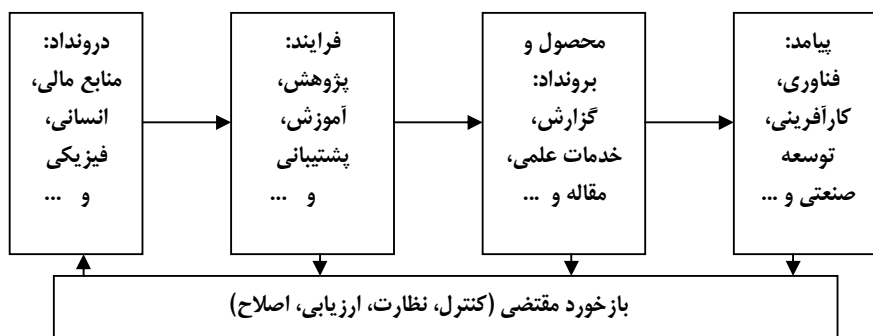
۳.۳. الگوهای نظام ملی نوآوری و پیچش سه جانبه دولت - دانشگاه - صنعت

بر اساس الگوی عمومی (نظریه) نظام ملی نوآوری، دانشگاه، صنعت و دولت مرزهای مشخص و معینی دارند. نوآوری فناورانه کارویژه صنعت، توسعه علم و آموزش کارویژه دانشگاهها و سیاستگذاری و ایجاد انگیزش نوآوری کارویژه دولتهاست. نوآوری در اثر تعامل بین صنعت و دانشگاه در بازار تحقیق و توسعه به وجود می‌آید [۱۹]. با بروز تحول جدید در تولید دانش و ظهور سبک ۲ [۱۰] و انقلاب دوم علمی [۱۶] و ظهور اقتصاد و جامعه دانش بنیان، مرزهای دانشگاه، صنعت و دولت نادقیق شده است. با توجه به همپوشانی مأموریت‌های دانشگاه، صنعت و دولت، سازمانهای جدید چند رگه متولد شده اند [۱۴] یا باید متولد بشوند. مأموریت اصلی این سازمانها تسهیل روابط دانشگاه، صنعت و دولت در چارچوب الگوی پیچش سه جانبه دانشگاه - صنعت - دولت، تعالی نظام ملی نوآوری و تحقق توسعه اقتصاد ملی است.

امروزه، در کشورهای پیشرفته دانشگاه، صنعت و دولت با حفظ استقلال، در توسعه فناوری وارد قلمروهای یکدیگر شده اند و بین آنها همپوشانی در مأموریتها به وجود آمده است. صنعت و پژوهش آن چنان در هم تنیده شده‌اند که روزی نیست که شاهد تعارض بین منافع پژوهشگران و منافع تجاری نباشیم. بسیاری از پژوهشگران یا گروههای پژوهشی زیر کنترل شرکتهای صنعتی قرار می‌گیرند که از طریق ثبت اختراع به دنبال کسب سود هستند [۱۷]. مسلماً روابط دانشگاه، صنعت و دولت در کشور ما به قوت و شدت کشورهای پیشرفته نظیر کشورهای اروپای غربی و امریکای شمالی نیست.

۳.۴. رویکرد سیستمی به تولید علم

یک سیستم مجموعه‌ای از اجزا و عناصر به هم پیوسته شامل درونداد، فرایند و برونداد است که برای تحقق هدف معینی استقرار می‌یابد [۵]. عناصر سیستم باید در تماس و مواجهه با محیط بیرونی چنان در تعامل باشند که دروندادها پس از سپری شدن فرایند تغییر و انجام یافتن تبدیلهای لازم، به برونداد مطلوب منجر شوند. با اقتباس از الگوی ارائه شده توسط بازرگان [۵] می‌توان نظام علم و فناوری را به شرح شکل ۱ تصویر کرد.



شکل ۱: عناصر نظام علم و فناوری

علم و فناوری را می‌توان به عنوان نظام فرعی از نظام فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی و نوآوری و ... تعریف کرد یا آن را به انواع نظامهای فرعی دیگر نظیر نظام گروه فنی - مهندسی، نظام خدمات علمی، نظام پژوهش و تولید علم و ... تقسیم کرد. مهم این است که نظام علم و فناوری باید دارای دروندادها و فرایندهای مناسب و کارآمد، محصولات و برون‌دادهای مفید و مناسب و پیامدهای اثربخش و قابل اتکا باشد تا بتواند به حیات مطلوب خود ادامه دهد.

۳.۵. مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

بر اساس مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری [۱۳ و ۲۰]، نظام علمی باید در سه حوزه (بخش) ظرفیت، کارایی و اثربخشی به طور متناسب و همزمان برنامه ریزی، کنترل، حمایت و مدیریت شود (جدول ۲). عناصر مدل سایبرنتیک علم و فناوری به اقتباس از یونسکو (۱۹۹۰) به شرح شکل ۲ نشان داده شده است.

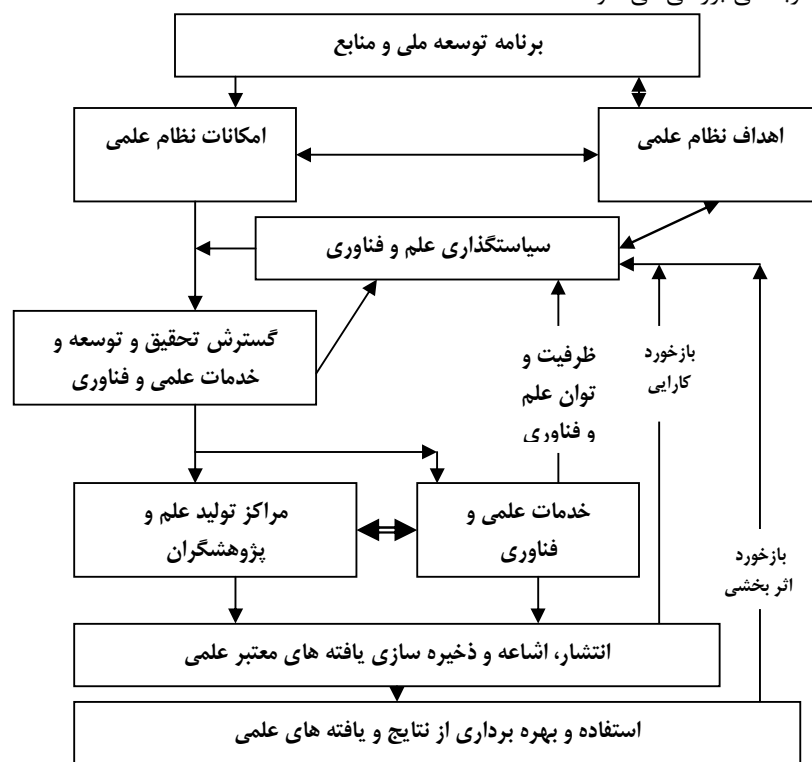
جدول ۲: حوزه های نظام علم و فناوری

حوزه ۱	حوزه ۲	حوزه ۳
موقعیت و ظرفیت نظام علمی	کارایی و محصولات نظام علمی	اثربخشی و پیامدهای نظام علمی

در کشورهای توسعه یافته ارتقای ظرفیت نهادهای علمی و پژوهشی در قالب سیاستها، منابع مالی، منابع انسانی، زیرساختها، امکانات و تجهیزات به افزایش برون‌دادهای علمی و فنی در جهت

تقویت، توسعه و بهبود تولیدات علمی می انجامد. چنین وضعیتی در کشورهای در حال توسعه حاکم نیست. از این رو، تعیین کارایی نظام علمی [به معنی شدت جریان اطلاعات] و سنجش اثربخشی آن [به معنی شدت جریان نوآوری] دارای اهمیت است. بر اساس نظریه نظام ملی نوآوری علاوه بر افزایش موقعیت و توان نظام علمی، باید شدت جریان اطلاعات نظام علمی (کارایی) و شدت جریان نوآوری آن (اثربخشی) نیز ارتقا یابد. همچنین، تعیین کارایی و اثربخشی نظام علمی با کارکردهای تمایزبخشی^۱ و یکپارچگی این نظام کاملاً سازگار است. کارکردهای تمایزبخشی و یکپارچگی حد و

مرز آزادی و استقلال و اخلاق و مسئولیت اجتماعی نظام علمی را تعیین می کنند [۱۳]. برای تحلیل وضعیت نظام علمی در گروه فنی - مهندسی از الگوی مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری استفاده شده است [۴]. براساس این الگو، وضعیت گروه فنی - مهندسی در سه حوزه ظرفیت، کارایی و اثربخشی بررسی می شود.



شکل ۲: مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری [۲۰]

1. Differentiation

۱۰ تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

۴. وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه اسناد

در این پژوهش منظور از تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی، مطالعه و شناخت وضعیت خرده نظام گروه فنی - مهندسی و تحلیل کارایی و اثربخشی به صورت کل نگر^۱ است. بر اساس مبانی نظری و مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری، وضعیت گروه فنی - مهندسی در سه حوزه ظرفیت، کارایی و اثربخشی بررسی و تحلیل شده است.

۴.۱. وضعیت ظرفیت

یکی از ابعاد تحلیل نظام تولید علم، تعیین موقعیت و ظرفیت^۲ این نظام است. در این نوع ارزیابی صرفاً در زمینه منابع و درونداهای نظام تولید علم مطالعه می شود. با این نوع ارزیابی نمی توان کارایی و اثربخشی نظام تولید علم را سنجش و تحلیل کرد. مهم ترین شاخصهای تعیین وضعیت نظام تولید علم شامل شاخصهای منابع نظیر پژوهشگران، اعتبارات و هزینه های پژوهشی است. تصویری از توان و ظرفیت نظام تولید علم در گروه فنی - مهندسی طی سالهای ۸۶-۱۳۷۷ در بخش نیروی انسانی به شرح جدول ۳ است [۲۱ و ۲۲].

جدول ۳: وضعیت منابع انسانی گروه فنی - مهندسی

شاخص	۱۳۷۷	۱۳۷۹	۱۳۸۱	۱۳۸۶
تعداد پژوهشگران گروه فنی - مهندسی	۴۵۵۸	۶۲۸۵	۳۴۸۵	۱۱۰۷۱
نسبت پژوهشگران فنی - مهندسی به کل پژوهشگران همه گروهها	۳۶	۴۲	۲۸	۳۲
دانش آموختگان دکتری فنی - مهندسی در یک میلیون نفر جمعیت	۰/۹۲	۱	۱/۳	۴/۵

بر اساس قوانین بودجه سالانه کشور، تصویری از توان و ظرفیت نظام تولید علم طی سالهای ۸۸-۱۳۷۷ با تأکید بر گروه فنی - مهندسی در بخش منابع مالی به شرح جدول ۴ است.

1. Holistic
2. Potential

جدول ۴: وضعیت منابع مالی نظام تولید علم در ایران

شاخص	۱۳۷۷	۱۳۷۹	۱۳۸۱	۸۸-۱۳۸۲
نسبت اعتبارات پژوهشی به تولید ناخالص داخلی	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۵

طی سالهای ۸۸-۱۳۸۲ هر چند اطلاعات رسمی دقیقی از میزان اعتبارات پژوهشی منتشر نشده است، لکن در بهترین شرایط، متوسط نسبت این اعتبارات به تولید ناخالص داخلی حدود ۰,۵ درصد است. در صورتی که متوسط این نسبت در کشورهای توسعه یافته (اتحادیه اروپا، ایالات متحده، ژاپن) حدود ۲,۵ درصد است. وضعیت منابع مالی پژوهشی کشور ایران پایین است. همچنین، مشارکت بخش خصوصی و بنگاههای کسب و کار در تأمین هزینه های پژوهشی ناچیز است. این در حالی است که در کشورهای توسعه یافته مشارکت بخش غیردولتی در تأمین هزینه های پژوهشی بیش از سه برابر دولت است.

همچنین، براساس گزارش ملی آموزش عالی کشور [۲۱] ۵۷ انجمن علمی و تخصصی در گروه فنی - مهندسی (۳۲٪ کل انجمنهای علمی غیر پزشکی ایران) فعال است و بیش از ۵۱ مجله علمی (۲۲٪ کل مجلات علمی غیر پزشکی ایران) به گروه فنی - مهندسی تعلق دارد. گروه فنی - مهندسی دارای ۳۹ قطب علمی (۳۶٪ کل قطبهای علمی غیر پزشکی ایران) است. در این گروه بیش از ۳۶ مجوز برای تأسیس مؤسسات آموزش عالی غیر دولتی (۳۷٪ کل مجوزهای صادر شده برای تأسیس مؤسسات غیر دولتی) صادر شده است. برخی از ابعاد گروه فنی - مهندسی در سال ۱۳۸۵ به شرح جدول ۵ است.

جدول ۵: وضعیت دانشجویان در گروه فنی - مهندسی

شرح	میزان	نسبت به کل گروهها
پذیرفته شدگان دانشگاهها	۲۲۳۰۰۰	٪۲۹
دانشجویان دانشگاهها	۷۷۱۶۰۰	٪۲۷
دانش آموختگان دانشگاهها	۱۵۰۳۰۰	٪۳۳
اعتبارات مصوب آموزشی (میلیارد ریال)	۹۴۶	٪۳/۶
پژوهشگران تمام وقت	۱۱۰۷۱	٪۲۷
اعضای هیئت علمی دولتی تمام وقت	۵۰۱۳	٪۱۸

همچنین، تعداد دانشمندان و مهندسان، سهم اعتبارات پژوهش و فناوری، تعداد واحدهای پژوهشی، تعداد مراکز رشد و پارکهای علم و فناوری در سال ۸۶ به شرح جدول ۶ است [۲۱].

جدول ۶: وضعیت امکانات نظام تولید علم در ایران (۱۳۸۶)

میزان	شرح
۱۴۱۱	تعداد دانشمندان و مهندسان به میلیون نفر جمعیت
۰/۵۶	سهم اعتبار پژوهش و فناوری از تولید ناخالص داخلی
۲۷۱	تعداد واحدهای پژوهشی دولتی
۱۱۴	تعداد واحدهای پژوهشی غیردولتی
۵۶	تعداد مراکز رشد علم و فناوری
۲۰	تعداد پارکهای علم و فناوری
۱۳۹۵	تعداد واحدهای فناور

با دقت در شاخصها و وضعیت منابع نظام تولید علم در بخش پژوهش و فناوری می‌توان در باره توانایی و ظرفیت نظام تولید علم در گروه فنی - مهندسی قضاوت کرد.

در دوره ۲۰۰۴-۱۹۹۴ حدود ۸۰٪ تولیدات علمی کشور (نشر مقالات علمی پژوهشی) توسط حدود ۵٪ پژوهشگران کشور انجام شده است [۲۳]؛ به عبارتی، فراوانی مشارکت پژوهشگران در تولیدات علمی (نشر مقاله) ناچیز است.

ارزیابی مفهومی نظام پژوهش و تولید علم، با توجه به محتوای قانون برنامه چهارم توسعه کشور در حوزه پژوهش و فناوری، بسیار گویاتر و شفاف تر از اعداد و ارقام است. چکیده‌ای از برنامه‌ها و اقدامات مد نظر برنامه چهارم توسعه ایران در حوزه پژوهش و فناوری در جدول ۷ تلخیص و آورده شده است.

جدول ۲: برخی از برنامه‌ها و اقدامات قانون برنامه چهارم توسعه در خصوص علم و فناوری

ردیف	ماده	بند	شرح برنامه‌ها و اقدامات
۱	۴۰	ب ۱ و ۲	۱. ایجاد مناطق ویژه صنایع مبتنی بر فناوری برتر در جوار قطبهای علمی - صنعتی کشور و مکانهای مناسب ۲. ایجاد شهرکهای فناوری در مکانهای مناسب
۲	۴۰	ب ۳	کمک به سرمایه‌گذاری بنگاههای غیردولتی از طریق سرمایه‌گذارهای مشترک، ایجاد و توسعه نهادهای تخصصی، تأمین مالی فناوری و صنایع نوین از قبیل نهاد مالی سرمایه‌گذاری خطرپذیر
۳	۴۰	ب ۴	ایجاد مؤسسات پژوهشی لازم برای توسعه فناوریهای پیشرفته و جدید از طریق مشارکت شرکتها و بنگاههای اقتصادی با مراکز پژوهشی کشور
۴	۴۳	الف	نوسازی و بازسازی سیاستها و راهبردهای پژوهش، فناوری و آموزشی
۵	۴۳	ب	تهیه برنامه‌های جامع توسعه علمی و فناوری کشور
۶	۴۳	ج	پیش‌بینی تمهیدات لازم به منظور بهره‌برداری حداکثر از ظرفیتهای ملی و منطقه‌ای در حوزه‌های فناوری اطلاعات، زیست فناوری، نانو فناوری، هوافضا، هسته‌ای
۷	۴۵	الف	طراحی و استقرار کامل نظام جامع حقوق مالکیت فکری، ملی و بین‌المللی
۸	۴۵	ب	تأمین و پرداخت بخشی از هزینه‌های ثبت جواز امتیاز علمی (Patent) در سطح بین‌المللی و خرید جوازهای امتیاز علمی ثبت شده داخلی توسط تولیدکنندگان
۹	۴۵	و	اقدام برای اصلاح قوانین و مقررات و ایجاد تسهیلات لازم برای ارجاع کار و عقد قرارداد فعالیتهای پژوهشی و فنی دولت با بخش خصوصی و تعاونی و حمایت از ورود این بخشها به بازارهای بین‌المللی در قلمرو دانش و فناوری
۱۰	۴۵	ز	اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حمایت مالی مستقیم از مراکز و شرکتهای کوچک و متوسط بخش خصوصی و تعاونی برای انجام دادن تحقیقات توسعه‌ای منجر به ابداع، اختراع و ارتقای محصولات و روشها
۱۱	۴۵	ح	کمک به تأسیس و توسعه صندوقهای غیردولتی پژوهش و فناوری
۱۲	۴۵	ط	پیش‌بینی تمهیدات و سازکارهای لازم به منظور ارزشگذاری و مبادله محصولات نامشهود دانایی محور
۱۳	۴۶	الف	طراحی و پیاده‌سازی نظام ملی نوآوری براساس برنامه جامع توسعه فناوری و گسترش صنایع نوین [صنایع با فناوری برتر]
۱۴	۴۶	ب	ساماندهی نظام پژوهش و فناوری کشور از طریق تعیین اولویتهای هدفمندکردن اعتبارات اصلاح ساختاری واحدهای پژوهش در قالب مأموریتها: ۱. تربیت نیروی انسانی روزآمد در فرایند پژوهش و فناوری ۲. توسعه مرزهای دانش، تبدیل ایده به محصولات و روشهای جدید ۳. تدوین و تولید دانش فنی و انجام دادن تحقیقات نیمه صنعتی، انتقال و جذب فناوری ۴. پژوهش به منظور افزایش توان رقابتی بخشهای تولیدی و خدماتی کشور ۵. انجام دادن پژوهشهای کاربردی برای حل مشکلات کشور
۱۵	۴۶	ج	ایجاد شبکه واحدهای پژوهش و فناوری همگن به عنوان دستگاههای اجرایی با مأموریت توزیع هدفمند و بهینه اعتبارات پژوهشی و نظارت و پایش فعالیتهای در زمینه علمی مربوط بر پایه شاخصهای جهانی
۱۶	۴۹	الف	اداره دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی و پژوهشی دولتی بر اساس مقررات اداری، مالی، استخدامی و تشکیلاتی مورد تصویب هیئت امنا

خواسته های برنامه چهارم توسعه کشور (مطابق جدول ۷) نشان می دهد که نظام علمی کشور و به تبع آن، نظام پژوهش و تولید علم در گروه فنی - مهندسی فعلاً در حال شکل گیری و ایجاد نهادها، ساختارها و نظامهای مورد نیاز است. از این رو، از نظامی که به زعم و اذعان سیاستگذاران و برنامه ریزان ارشد کشور در حال شکل گیری است، توقع زیادی نمی توان داشت. بنابراین، از نظر مفهومی، نظام علم در ایران هنوز نابالغ و ناقص است و تا رسیدن به شرایط ایده آل و نظام یافتگی فاصله زیادی دارد.

بررسی اجمالی برنامه ها و اقدامات برنامه چهارم توسعه کشور [بر پایه جدول ۷] حاکی است عمده برنامه های علم و فناوری به طور کامل و با ماهیت ایجاد تغییرات معنا دار در نظام علمی و نظامهای پیرامونی انجام نشده است. در بهترین حالت می توان گفت که نیمی از برنامه ها به صورت ناقص و ناتمام با تأثیرگذاری نه چندان محسوس و قوی بر روی نظام علم و فناوری محقق شده است. بیشتر اقدامات انجام شده در حوزه علم و فناوری برای افزایش انگیزه و ظرفیت تولید و نشر مقاله بوده است که چنین وضعیتی برای تولید فناوری و اثربخشی مورد انتظار از نظام علمی ناکافی است.

به استناد قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)، ساختار نظام علمی کشور تا سال ۱۳۸۳ در امور اجرایی و سیاستگذاری انسجام نداشته است. بنابراین، در سالهای قبل از تصویب این قانون توقع زیادی از وضعیت ساختار نظام علمی کشور به طور عام و نظام تولید علم در گروه فنی - مهندسی به طور خاص نمی توان داشت. اما جالب است که بعد از سال ۱۳۸۳ و تصویب و ابلاغ قانون عتف نیز تاکنون نشانه معناداری از انسجام امور اجرایی و سیاستگذاری نظام علمی کشور قابل ردیابی نیست. در قانون عتف، شورای عالی عتف به عنوان رأس هرم سیاستگذاری و مدیریت کلان نظام علمی کشور پیش بینی شده است، اما روابط بین این شورا با سایر شوراها، بدنه وزارت عتف و سایر ساختارهای سیاسی و اجرایی کشور هنوز غیرشفاف و مغشوش است.

همچنین، در حوزه ظرفیت سازی نظام علمی در سالهای اخیر سرمایه گذاری مناسبی در زیرساختهای مهم علم و فناوری نظیر ایجاد و توسعه بیش از ۷۶ شهرک، پارک و مرکز رشد علم و فناوری، ایجاد دفاتر کارآفرینی دانشگاهی، تأسیس بنیاد ملی نخبگان، تمرکز وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و شورای عتف بر موضوع فناوری و ایجاد شش صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری انجام شده است. انتظار می رود در سالهای آینده برکات و نتایج این اقدامات قابل ارزیابی باشد.

۲.۴. وضعیت کارایی

در حوزه کارایی، کارایی^۱ نظام علمی گروه فنی - مهندسی با توجه به میزان انتشارات و نتایج فعالیتهای علمی و محصولات ارزیابی می‌شود. منظور از کارایی میزان خروجیها و محصولات نهایی نظام تولید علم است. طرح پژوهشی و مقاله علمی از مهم ترین محصولات نظام تولید علم تلقی می‌شود. برای سنجش کارایی نظام علمی باید نسبت میزان خروجیهای حاصل از فعالیتهای علمی به ورودیهای نظام تولید علم تعیین شود. خروجیهای نظام علمی شامل کتاب، مقاله، گزارش طرحهای پژوهشی، نظریه علمی جدید و ... است. بر اساس گزارش جهانی علم، منظور از کارایی نظام تولید علم شاخص میزان انتشارات علمی پژوهشی است. تصویری از کارایی (محصولات) نظام تولید علم در گروه فنی - مهندسی در جدول ۸ نشان داده شده است [۲۴].

جدول ۸: وضعیت تولید علم در گروه فنی - مهندسی براساس ESI

رتبه جهانی در تعداد اسناد علمی	رتبه جهانی در تعداد اسناد علمی	تعداد اسناد علمی نمایه شده	کشور (گروه علمی)
۷۹	۲۸	۵۰۷۴	ایران (گروه مهندسی)
۱۳۶	۴۰	۳۲۰۵۰	ایران (کل حوزهها)
۵۰	۱۸	۱۰۲۱۹	ترکیه (گروه مهندسی)
۱۲۷	۲۳	۱۰۱۸۴۳	ترکیه (کل حوزهها)
۶۹	۳۲	۴۲۱۹	مصر (گروه مهندسی)
۱۲۵	۴۱	۲۹۱۳۸	مصر (کل حوزهها)
۷۴	۶۱	۷۴۱	پاکستان (گروه مهندسی)
۱۳۰	۵۷	۹۶۰۶	پاکستان (کل حوزهها)
۷۰	۳۸	۲۷۱۹	عربستان (گروه مهندسی)
۱۲۶	۵۰	۱۵۷۹۹	عربستان (کل حوزهها)
۵۸	۹	۲۶۸۶۷	کره ج. (گروه مهندسی)
۹۶	۱۴	۲۰۳۶۳۷	کره ج. (کل حوزهها)

بر اساس جدول ۸ که وضعیت تولید علم در گروه فنی - مهندسی را بر پایه آمار پایگاه ESI^۱ موسسه اطلاعات علمی طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۷ نشان می‌دهد، رتبه جهانی تولید علم در

1. Efficiency
2. Essential Science Indicator

۱۶ تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

گروه فنی - مهندسی کشور طی ۱۰ سال گذشته ۲۸ است که این رتبه پایین تر از رتبه کشور کره جنوبی (رتبه ۹) و بالاتر از سایر کشورهای مورد مطالعه است [۲۴]. این مقایسه مبین وضعیت مناسب تولید علم در گروه فنی - مهندسی کشور نسبت به سایر کشورهای منطقه است. همچنین، در گروه فنی - مهندسی رتبه استناد به هر تولید علمی که به نوعی نشان دهنده کیفیت و ارزشمندی تولیدات علمی است، ۷۹ است که این رتبه پایین تر از کشورهای ترکیه (رتبه ۵۰)، مصر (رتبه ۶۹)، پاکستان (رتبه ۷۴)، عربستان (رتبه ۷۰) و کره جنوبی (رتبه ۵۸) است. پایین بودن رتبه استناد به تولیدات علمی کشور علامت خوبی برای این تولیدات نیست. رتبه استناد به تولیدات علمی در گروه فنی - مهندسی کشور بیش از ۲,۸ برابر از رتبه جهانی تعداد تولیدات علمی کمتر است. این امر گویای آن است که حداقل از منظر مقایسه رتبه های تعداد تولید و میزان استناد، کمیت بر کیفیت غالب شده است. بر اساس جدول ۸ این وضعیت در کل تولیدات علمی کشور با شدت بیشتری وجود دارد. به طوری که رتبه جهانی تولید علم در کشور ایران ۴۰ است، در حالی که رتبه استناد به هر تولید علمی ۱۳۶ بوده که دارای بیش از ۳ برابر اختلاف با رتبه جهانی تعداد تولیدات علمی است.

جدول ۹: رشد تولید علم در گروه مهندسی در WOS و SCIE

کشور	درصد رشد WOS	درصد رشد SCIE
ایران	۳۴	۳۴
ترکیه	۱۰	۱۰
مصر	۱۱	۱۰
پاکستان	۲۸	۳۰
عربستان	۱۳	۱۳
کره جنوبی	۲	۲
متوسط	۱۶,۳	۱۶,۵

بر اساس جدول ۹ که نرخ رشد تولید علم در گروه فنی - مهندسی را بر پایه آمار پایگاههای WOS^۱ و SCIE^۲ مؤسسه اطلاعات علمی طی سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۶ نشان می دهد، رشد تولیدات علمی ایران حدود ۳۴٪ است که به طور محسوسی بالاتر از میزان رشد تولیدات علمی کشورهای مورد مطالعه و منطقه است [۲۴]. همچنین، بر پایه اطلاعات مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری، تولیدات علمی کشور در سال ۲۰۰۸ همچنان دارای رشدی بیش از ۳۰٪ است.

1. Web Of Science
2. Science Citation Index Expanded

جدول ۱۰: رشد تولید علم در گروه فنی - مهندسی براساس WOS

کشور	درصد رشد ۱۹۹۳-۲۰۰۲	درصد رشد ۱۹۹۳-۲۰۰۷
ایران	۲۰	۲۷۶
ترکیه	۱۲۵	۱۳۴
مصر	۲۰	۳۳
پاکستان	۱۹	۱۰۲
عربستان	۵	۵
کره جنوبی	۱۴۲	۸۶
متوسط	۵۵,۲	۱۰۶

بر اساس جدول ۱۰ که نرخ رشد تولید علم در گروه فنی - مهندسی را بر پایه آمار پایگاه WOS طی سال ۱۹۹۳-۲۰۰۷ نشان می‌دهد، رشد تولید علم کشور در این دوره حدود ۲۷۶٪ بوده است که اختلاف بسیار زیادی (حدود ۱۴ برابر) با رشد ۲۰ درصدی دوره زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۲ دارد. این در حالی است که در دوره های مشابه هیچ یک از کشورهای مورد مطالعه و منطقه دارای چنین جهشی در تعداد تولیدات علمی نبوده‌اند [۲۴]. بدیهی است این جهش باید هماهنگ و همراستا با اهداف و نیازهای ملی و رشد و توسعه کشور مدیریت و هدایت شود. مقایسه تولیدات علمی کشورهای ایران و کره جنوبی طی سالهای ۱۹۸۱-۲۰۰۱ در علوم مهندسی (جدول ۱۱) تصویر عبرت آموزی دارد. در سال ۱۹۸۱ اختلاف نشر مقاله علمی (تولیدات علوم مهندسی) در کشور کره جنوبی حدود ۳۷٪ بیش از تولید علم در کشور ایران بوده است. ولی این اختلاف در سال ۲۰۰۱ (بعد از ۲۰ سال) ۱۲ برابر شده است [۷].

جدول ۱۱: مقایسه تعداد نشر مقاله علمی (تولید علم) در کشورهای ایران و کره جنوبی

سال	۸۱	۸۳	۸۵	۸۹	۹۱	۹۳	۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۱
ایران	۳۵	۱۵	۱۱	۲۵	۶۸	۷۸	۱۱۳	۳۳۶	۳۶۴
کره جنوبی	۴۸	۹۲	۱۵۷	۳۴۲	۵۹۱	۸۷۸	۱۵۱۷	۳۳۹۲	۴۳۶۰

تفاوت فاحش در تولیدات علمی بین کشورهای ایران و کره جنوبی در زمینه های اقتصادی، فناوری و صنعتی نیز با قوت و شدت بیشتری وجود دارد. با این حال، بر پایه جداول ۹ و ۱۰، ایران با جایگاه اول جهانی در نرخ رشد تولیدات علمی در حال تبلور و تجلی نشانه هایی از کارایی نظام علمی در گروه فنی - مهندسی است.

۱۸ تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

۳.۴. وضعیت اثربخشی^۱

در حوزه اثربخشی، اثربخشی نظام تولید علم با توجه به پیامدها و تأثیرات فناورانه، نوآورانه، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی فعالیتهای علمی - پژوهشی ارزیابی می‌شود. بر اساس نظریه و مفهوم نظام ملی نوآوری، تولیدات علمی یک کشور به خودی خود نشانه دستیابی به اهداف و تحقق رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی آن کشور نیست. در نظام تولید علم، کارایی و اثربخشی به طور همزمان باید بررسی شوند. اثربخشی به عنوان پیامدهای نظام تولید علم در ارتباط با تأثیرات آن در سایر نظامهای جامعه نظیر نظامهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی، فنی، صنعتی، آموزشی و ... است. بر اساس گزارش جهانی علم (یونسکو)، یکی از نمادهای اثربخشی نظام تولید علم شاخص میزان ثبت اختراعات است. تصویری از اثربخشی نظام علمی در گروه فنی - مهندسی طی سالهای ۸۱-۱۳۷۵ به شرح جدول ۱۲ است [۷].

جدول ۱۲: تعداد ثبت اختراع کشورهای ایران و کره جنوبی

سال	۱۹۶۳-۸۰	۱۹۸۱	۲۰۰۰	۲۰۰۴	مجموع
ایران	۴۸	۲	۰	۰	۶۷
کره جنوبی	۸۵	۱۷	۳۳۱۴	۴۴۲۸	۳۳۸۶۵

در جدول ۱۲ تعداد ثبت اختراع در کشورهای ایران و کره جنوبی طی ۲۰۰۴-۱۹۶۳ مقایسه شده است. این جدول نشان می‌دهد که طی سالهای ۸۰-۱۹۶۳ تعداد ثبت اختراع در کشورهای ایران و کره جنوبی قابل مقایسه بوده است [تعداد ثبت اختراع در کره جنوبی ۱/۷ برابر ایران بوده است]. پس از گذشت حدود ۲۵ سال (ربع قرن) مقایسه تعداد ثبت اختراع در کشورهای ایران و کره جنوبی بی معنا شده است، چرا که در این دوره تعداد ثبت اختراع در کشور کره جنوبی بیش از ۵۰۰ برابر کشور ایران شده است. نکته مهم و تأمل برانگیز اینکه در سالهای اخیر، تولیدات علمی (تعداد مقالات مهندسی) ایران رشد چشمگیری داشته است، ولی رکود در بخش اختراعات و نوآوری همچنان ادامه دارد. در حالی که کشور کره جنوبی در سال ۲۰۰۴ به ازای ۲۴۸۲۵ مقاله علمی، تعداد ۴۴۲۸ اختراع به ثبت رسانده (هر ۵/۶ مقاله یک اختراع)، کشور ایران به ازای ۳۸۵۱ مقاله هیچ اختراعی را ثبت نکرده است. اگر قرار بود ایران مطابق الگوی کره جنوبی عمل کند، باید حدود ۶۸۷ اختراع ثبت می‌کرد (یعقوبی و دیگران، ۱۳۸۵). تعداد درخواستهای ثبت اختراع در سازمان جهانی مالکیت فکری به شرح جدول ۱۳ است [۲۵].

جدول ۱۳: تعداد درخواستهای ثبت اختراع در سازمان جهانی مالکیت فکری

کشور / سال	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	مجموع
ایران	۰	۲	۰	۲	۴
ترکیه	۸۵	۱۱۱	۱۱۵	۱۷۴	۴۸۵
مالزی	۱۸	۳۱	۴۵	۳۷	۱۳۱

جدول ۱۴: تعداد ثبت اختراع در اداره ثبت اختراع و علامت تجاری امریکا

کشور / سال	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	کل ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۴
ایران	۰	۲	۰	۰	۰	۶۷
ترکیه	۴	۱۱	۱۵	۲۷	۱۳	۱۴۹
مالزی	۴۲	۳۹	۵۵	۵۰	۸۰	۴۳۶
کره جنوبی	۳۳۱۴	۳۵۳۸	۳۷۸۶	۳۹۴۴	۴۴۲۸	۳۳۸۶۵

مقایسه وضعیت ثبت اختراع در کشورها نشان می‌دهد که کشورهای توسعه یافته سهم بسیار بالایی در اختراعات جهانی دارند و سهم کشورهای کمتر توسعه یافته نظیر ایران در این عرصه ناچیز است. بر اساس آمار مراکز مهم ثبت اختراع در جهان (دفتر ثبت اختراع آمریکا، ژاپن و اتحادیه اروپا) طی سالهای ۲۰۰۴-۲۰۰۸ کشور ایران دارای رتبه ۷۵ در ثبت اختراع و اکتشافات علمی خارجی بوده که نسبت به قبل از سال ۲۰۰۴ دو پله صعود داشته است. در این سالها کشورهای ژاپن دارای رتبه نخست، سوئیس رتبه ۲، ترکیه رتبه ۵۲، مالزی رتبه ۳۱ و الجزایر رتبه ۷۶ بوده است. در حالی که بر اساس جدول ۸ رتبه جهانی کشور ایران در تولید علم ۴۰ است.

به عنوان یک مطالعه موردی، وضعیت ایران در ثبت اختراع نانوفناوری که جزء فناوریهای روز دنیاست و کشور ایران نیز فاصله کمی از نظر زمان شروع و میزان حمایت از آن دارد، بررسی شده است. بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، کشور ایران تاکنون (۱۳۸۷) اختراعی در زمینه فناوری نانو در USPTO و JPO نداشته است. ایران در سال ۲۰۰۷ چهار اختراع فناوری نانو در EPO منتشر کرده است و در بین کشورهای صاحب اختراع در این دفتر به طور مشترک با کشورهای فنلاند، برزیل و نروژ در رتبه ۲۲ قرار گرفته است. کشورهای آمریکا، ژاپن، آلمان، کره جنوبی و فرانسه به ترتیب در رده‌های اول تا پنجم قرار دارند. از کشورهای منطقه نیز کشور ترکیه فقط یک اختراع فناوری نانو در سال ۲۰۰۷ در اروپا ثبت کرده است. با احتساب تمام اختراعات ثبت شده در کلیه دفاتر ثبتی موجود در دنیا، تعداد اختراعات کشور ایران در فناوری نانو در

۲۰ تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

سال ۲۰۰۷ به ۵ اختراع می‌رسد و در جایگاه ۴۲ دنیا قرار می‌گیرد. کشورهای آمریکا، چین و کره جنوبی اول هستند و کشورهای ترکیه با ۱۴ و مالزی با ۶ اختراع در سال ۲۰۰۷ به ترتیب رتبه‌های ۳۰ و ۴۱ را به خود اختصاص داده‌اند.

همچنین، بنا بر اطلاعات ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، تعداد اختراعات نانوفناوری ایران قبل از سال ۲۰۰۷ فقط دو مورد بوده که با همکاری محققان ایرانی با مؤسسات خارجی در سازمان جهانی مالکیت فکری^۱ ثبت شده است. بنابراین، جایگاه کشور ایران در ثبت اختراع در نانوفناوری به طور نمونه نشان می‌دهد که اثربخشی تولید علم در ایران پایین است.

بررسی داده‌ها حاکی از آن است که بیشترین تعداد ثبت اختراع در سطح جهان توسط بنگاه‌های عمدتاً خصوصی انجام می‌شود (جدول نمونه ۱۵) [۲۵]. از این منظر، توسعه تولید علم و ارتباط آن با منافع ملی در کشور ایران فاصله زیادی با کشورهای پیشرفته دارد. واقعیت این است که بنگاه‌ها باید برای محافظت و بهره برداری از نوآوریها آنها را ثبت کنند. راه طولانی بین اختراع و تجاری سازی وجود دارد که بنگاه‌ها از عهده آن بر می‌آیند.

جدول ۱۵: درخواستهای ثبت اختراع بنگاه‌ها در سازمان جهانی مالکیت فکری (۲۰۰۴)

شرکت	کشور	تعداد تقاضا	شرکت	کشور	تعداد تقاضا
فیلیپس	هلند	۲۳۶۲	ماتسوشیتا	ژاپن	۱۷۱۱
زیمنس	آلمان	۱۲۹۶	نوکیا	فنلاند	۸۰۵
بوش	آلمان	۷۱۰	موتورولا	امریکا	۵۷۸
سونی	ژاپن	۵۷۲	بایر	آلمان	۴۷۵
هانی ویل	امریکا	۴۱۲	3M	امریکا	۵۹۵

نبودن ارتباط مناسب بین دانشگاه و صنعت و تجاری سازی نشدن نتایج پژوهشها که مورد تأکید همه متخصصان و اندیشمندان نظام علمی و مراکز پایش نوآوری است، از علایم پایین بودن اثربخشی نظام تولید علم در گروه فنی - مهندسی است. به رغم تلاشهای چندین ساله، هنوز ارتباط رضایت بخشی بین دانشگاه و صنعت در کشور برقرار نشده است. در کشور ایران به سبب نبود مشارکت بین بخش خصوصی و صنعت در فعالیتهای پژوهشی، دانشگاههای فنی و مهندسی نقش عمده‌ای در پژوهش و فناوری دارند. صنعت کشور از جنبه‌های مختلف وابسته به فناوری خارجی است و همین امر با وجود تأسیس مراکز تحقیقاتی مختلف در وزارتخانه‌ها و سازمانهای تابعه، مانع رشد تحقیقات و فناوری در صنعت شده است. فعالیتهای پژوهشی دانشگاهها بیشتر بر پژوهشهای بنیادی و

غیر کاربردی استوار بوده و کمتر وارد مقوله های تحقیقات کاربردی و توسعه ای شده است [۲۶]. در کشور ایران امکانات بالقوه و بالفعل پژوهش فنی و صنعتی به طور سنتی در دانشکده ها و دانشگاههای صنعتی انباشته شده است. حتی اعضای فعال و سطح بالای مراکز پژوهشی دولتی و خصوصی را نیز دانشگاهیانی تشکیل می دهند که به صورت مختلف با مراکز پژوهشی غیردانشگاهی همکاری می کنند.

طی سالهای اخیر، دستیابی به فناوریهای بسیار پیشرفته نظیر چرخه فرآوری و تولید سوخت هسته ای، تولید آب سنگین، تولید موشک ماهواره بر، تولید و پرتاب ماهواره، فناوری ساخت الیاف کربنی، فناوری تولید زیر کونیم اسفنجی، کسب مقامهای برتر در مسابقات و جشنواره های جهانی و رشد بالای ثبت اختراع از جمله نشانه های اثربخشی تولید علم در گروه فنی - مهندسی است. نکته مهم این است که باید بین دستاوردهای علمی و فنی و توسعه صنعتی و اقتصادی و ایجاد رفاه برای مردم هماهنگی و تناسب برقرار شود که این تناسب هنوز برقرار نیست، چرا که مطابق گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۰۵، فروش لیسانس^۱ نتایج پژوهشهای انجام شده در کشور در حد صفر و صادرات محصولات با فناوری برتر حدود ۲/۶ درصد کل صادرات صنعتی کشور است.

۴.۴. جمع بندی وضعیت گروه فنی - مهندسی بر پایه اسناد

بر پایه مطالعه اسنادی مشخص می شود که ظرفیت، کارایی و اثربخشی گروه فنی - مهندسی متوازن نیست و کارایی و اثربخشی آن پایین تر از ظرفیت است. همچنین، اثربخشی گروه پایین تر از کارایی آن است. بنابراین، باید در سیاستگذاریها و مدیریت نظام علمی در گروه فنی - مهندسی به توسعه و ارتقای همزمان و متناسب ظرفیت، کارایی و اثربخشی با معیارهای ملی و جهانی توجه شود.

۵. وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه پیمایش

بر اساس روش شناسی پژوهش، وضعیت گروه فنی - مهندسی در سه حوزه ظرفیت، کارایی و اثربخشی بر پایه دیدگاههای جامعه آماری با استفاده از آزمون t تک نمونه ای با ارزش آزمون معادل ۲ (حد متوسط) و سطح معناداری ۰/۰۵، به شرح جدول ۱۶ جمع بندی و تحلیل شده است.

جدول ۱۶: وضعیت گروه فنی - مهندسی (ارزش آزمون معادل ۲)

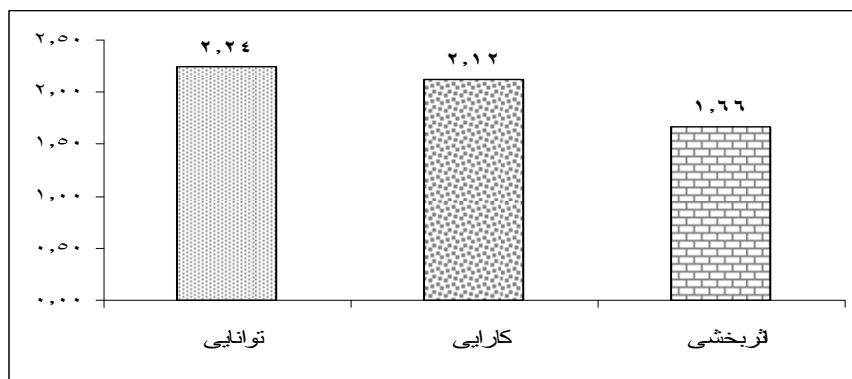
حوزه	شناسه	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار t	سطح معنا داری	نتیجه آزمون
ظرفیت	STATUS	۲/۲۴	۰/۷۳	۳/۱	۰/۰۰۲	اختلاف معنا دار با حد متوسط
کارایی	EFFICIEN	۲/۱۲	۰/۷۱	۱/۶۲	۰/۱۰۹	عدم اختلاف معنا دار با حد متوسط
اثربخشی	EFFECTIV	۱/۶۶	۰/۵۶	-۵/۷۸	۰/۰۰۰	اختلاف معنا دار با حد متوسط

۵. ۱. تحلیل ظرفیت گروه فنی - مهندسی: میانگین دیدگاههای جامعه در خصوص ظرفیت گروه فنی - مهندسی برای پژوهش و تولید علم دارای اختلاف معنا دار با ارزش آزمون است = (STATUS) $2/24 > 2$ ؛ به عبارتی، جامعه آماری با ۹۵٪ اطمینان معتقد است که گروه فنی - مهندسی از نظر ظرفیت و موقعیت بالاست.

۵. ۲. تحلیل کارایی گروه فنی - مهندسی: میانگین دیدگاههای جامعه در خصوص کارایی گروه فنی - مهندسی برای پژوهش و تولید علم، دارای اختلاف معنا دار با ارزش آزمون نیست (EFFICEIN) $2/12 = 2$ ؛ به عبارتی، جامعه آماری با ۹۵٪ اطمینان معتقد است که کارایی گروه فنی - مهندسی در حد متوسط است.

۵. ۳. تحلیل اثربخشی گروه فنی - مهندسی: میانگین دیدگاههای جامعه در خصوص اثربخشی گروه فنی - مهندسی برای پژوهش و تولید علم، دارای اختلاف معنا دار با ارزش آزمون است (EFFECTIV) $1/66 < 2$ ؛ به عبارتی، جامعه آماری با ۹۵٪ اطمینان معتقد است که اثربخشی گروه فنی - مهندسی پایین تر از حد متوسط است.

۵. ۴. جمع بندی تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی بر پایه پیمایش بر اساس آزمون t با ۹۵٪ اطمینان، از دیدگاههای جامعه آماری نتیجه گیری می شود که ظرفیت گروه فنی - مهندسی بالاتر از حد متوسط، کارایی گروه در حد متوسط و اثربخشی گروه پایین تر از حد متوسط است. از این رو، ظرفیت گروه فنی - مهندسی بالاتر از کارایی و کارایی این گروه بالاتر از اثربخشی آن ارزیابی می شود (نمودار ۱).



نمودار ۱: مقایسه میانگین وضعیت ظرفیت (توانایی)، کارایی و اثربخشی گروه فنی - مهندسی

۶. جمع بندی و نتیجه گیری

گروه فنی - مهندسی (علوم مهندسی و فناوری) دارای جایگاه و نقش برجسته و حیاتی در نظام ملی نوآوری است که هدفمندی و قدرتمندی آن در پژوهش و تولید علم می تواند توسعه فناوری و نوآوری ملی را به همراه داشته باشد. در این پژوهش براساس الزامات دو انقلاب بزرگ علمی، سبکهای تولید دانش، نظام ملی نوآوری، الگوی پیچش سه جانبه دولت - دانشگاه - صنعت و رویکرد سیستمی، وضعیت گروه فنی - مهندسی بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری در سه حوزه ظرفیت، کارایی و اثربخشی با دو روش مطالعه اسنادی و پیمایش بررسی و تحلیل شد. بر پایه این تحلیلها ظرفیت، کارایی و اثربخشی گروه فنی - مهندسی با یکدیگر متوازن و متناسب نیست، به طوری که ظرفیت گروه فنی - مهندسی بالاتر از کارایی و کارایی آن بالاتر از اثربخشی است. از این رو، باید اثربخشی و کارایی گروه فنی - مهندسی بیش از ظرفیت آن مورد پایش قرار گیرد و افزایش یابد. به علاوه، لازم است سیاستگذاری، راهبردهای، برنامه ریزی، تخصیص منابع و مدیریت نظام علمی در گروه فنی - مهندسی با توجه همزمان به معیارهای بومی و جهانی حوزه های ظرفیت، کارایی و اثربخشی نظام علم و فناوری به دور از هر گونه سطحی نگری انجام شود.

بر اساس میزان تولیدات علمی کشورهای ایران و جهان (جدول ۸)، روابط با جهان علم و مجامع علمی باید بسیار گسترده تر از وضعیت موجود باشد. بر اساس مبانی ترازیبی این ارتباطات باید با کشورهای پیشرفته نیز به اندازه کشورهای در حال توسعه نظیر کشورهای اسلامی و منطقه مورد توجه و دقت نظر رهبران علمی کشور باشد. علی رغم اهمیت ارزیابی و سازکار بازخورد، در فرایند جمع آوری داده های پژوهش مشخص شد که وضعیت گروههای علمی کشور به طور عام و وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور به طور خاص، مورد ارزیابی و بازنگری قرار نمی گیرد. پیشنهاد می شود

۲۴ تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری

که وضعیت گروه فنی - مهندسی با استفاده از یک روش مشارکتی به طور مستمر ارزیابی و بازنگری شود.

همچنین، بررسی وضعیت ثبت اختراع توسط بنگاههای کسب و کار (جدول ۱۵) نشان می‌دهد که بخش صنعت و بنگاهها نسبت به وضعیت جهانی سهم ناچیزی در پژوهش و تولید علم و فناوری دارند. پیشنهاد می‌شود که مدیریت نظام علمی تلاش بیشتری برای جلب مشارکت بنگاههای کسب و کار در پژوهش و تولید علم و فناوری انجام دهد.

با توجه به اثربخشی پایین گروه فنی - مهندسی (جدول ۱۶) و به تبع آن نبود رابطه قوی و مناسب بین صنعت و دانشگاه، پیشنهاد می‌شود که سازکارها و ابتکارهای جدی برای جلوگیری از صادرات مواد خام و فرآوری نشده به خارج، با توجه به توانمندیهای فنی - مهندسی داخلی، طراحی و اجرا شود تا فرصتهای پژوهش و توسعه فناوری برای گروه فنی - مهندسی کشور فراهم شود. با توجه به اهداف تولید دانش چگونگی و توسعه فناوری در گروه فنی - مهندسی، پیشنهاد می‌شود از صادرات کالا با دانش فنی و فناوری سطح بالا به خارج به صورت ویژه حمایت شود تا بنگاههای تولیدی برای استفاده از فناوری سطح بالا و ایجاد فرصتهای پژوهش ترغیب شوند. به علاوه، با توجه به سطح اثربخشی پژوهش و تولید علم و فناوری در گروه فنی - مهندسی (جدول ۱۶)، پیشنهاد می‌شود از تجاری‌سازی یافته‌های پژوهشی و فناوری و ورود نتایج پژوهشهای آزمایشگاهی و نمونه سازی شده به فرایند تحقیقات نیمه صنعتی حمایت شود. همچنین، خریداران دانش فنی و نتایج پژوهشهای موفق فنی - مهندسی نیز مورد تشویق قرار گیرند.

مراجع

1. Webster, A., **Science, Technology and Society**, London, Macmillan, 1991.
۲. داوری اردکانی، رضا، **درباره علم**، تهران: انتشارات هرمس، ۱۳۷۹.
3. Rush, H. and et al., "Strategies for Best Practice in Research and Technology Institutes", **R&D Management**, 25, 1, 1995.
۴. مهدی، رضا، ارزیابی استراتژیهای تولید علم در گروه فنی - مهندسی، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۷.
۵. بازرگان، عباس، **ارزشیابی آموزشی**، سمت، ۱۳۸۱.
۶. یمینی دوزی سرخابی، محمد، **برنامه ریزی توسعه دانشگاهی: نظریه ها و تجربه ها**، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۲.

رضا مهدی ۲۵

۷. یعقوبی، محمود و دیگران، "توسعه علمی و فناوری در زمینه علوم مهندسی در ایران در مقایسه با چند کشور جهان"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال هشتم، شماره ۳۱، ۱۳۸۵.
۸. سرمد، زهره و دیگران، **روشهای تحقیق در علوم رفتاری**، تهران: مؤسسه انتشارات آگاه، ۱۳۸۰.
۹. مهدی، رضا و دیگران، "ارزیابی استراتژیهای ملی پژوهش و تولید علم در گروه فنی - مهندسی"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال یازدهم، شماره ۴۲، ۱۳۸۸.
10. Gibbons, M., **Mode 2 Society and the Emergence of Context Sensitive Science**, Science & Public Policy, Beech Tree, 2000.
11. K., Merton, R., **The Sociology of Science: Theory & Empirical Investigations**, U. of Chicago, 1975.
12. Gibbons, M. et al., **The New Production Knowledge: The Dynamics of Science & Research in Contemporary Societies**, London; Sage, 1994.
۱۳. قانعی راد، محمد امین، **ناهمزمانی دانش**، تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۸۲.
14. Etzkowitz, H. and L. Leydesdorff, "The Dynamics of Innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University, Industry, and Government Relations", **Research Policy**, 29: 109-123, 2000.
15. Sije, Peter V. D. el al.; **Organizing for Effective Academic Entrepreneurship**, Twente U., Netherlands, 2005.
16. Etzkowitz, H., "The Second Academic Revolution and the Rise of Entrepreneurial Science", **IEEE Technology and Society**, 22: 18-29, 2001.
۱۷. پیر، بردیو، **علم و تأمل پذیری**، ترجمه (زنده یاد) یحیی امامی، تهران: مرکز تحقیقات علمی کشور، ۱۳۸۶.
۱۸. ادگار، مورن، **درآمدی بر اندیشه پیچیده**، ترجمه افشین جهاننیده، تهران: نشر نی، ۱۳۷۹.
۱۹. انتظاری، یعقوب «اقتصاد نوآور: الگویی برای تحلیل سیاستگذاری علم، فناوری و نوآوری»، **فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی**، شماره ۳۵ و ۳۶، ۱۳۸۴.
20. UNESCO, **Manual for Surveying National Scientific & Technological Potential**, SPSPD, No. 67, P. 12, 1990.
۲۱. گزارش ملی آموزش عالی، مؤسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی، تهران، ۱۳۸۶.
۲۲. مرکز آمار ایران، نتایج جمع آوری داده‌ها از کارگاههای دارای فعالیت تحقیق و توسعه، تهران، ۱۳۸۵.

۲۶. تحلیل وضعیت گروه فنی - مهندسی کشور بر پایه مدل سایبرنتیک نظام علم و فناوری
۲۳. شورای عالی انقلاب فرهنگی، گزارش ارزیابی کلان علم و فناوری در جمهوری اسلامی ایران، تهران، ۱۳۸۴.
۲۴. نوروزی، عبدالرضا و نورمحمدی، حمزه علی، **وضعیت تولیدات علمی ایران و کشورهای منطقه در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶**، مرکز تحقیقات علمی کشور، تهران، ۱۳۸۶.
۲۵. شورای عالی انقلاب فرهنگی، گزارش ارزیابی وضعیت اختراعات و مقالات در جمهوری اسلامی ایران، تهران، ۱۳۸۵.
۲۶. شفیعی، مسعود، **ارتباط صنعت و دانشگاه**، نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۲.

(دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۸)

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۵/۲۶)