روش‌های آموزش علوم و فناوری مهندسی با نگاهی بر تجربیات کشورهای صنعتی

* فیروز بختیاری‌نژاد **ناهید شیخان
* استاد دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه امیرکبیر و دانشگاه مریلند
** عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
baktiari@aut.ac.ir nsheikhan@aut.ac.ir
تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۶/۰۹

چکیده

رشته‌های حوزه فنی و مهندسی به‌دلیل رابطه متقابلی که با فناوری و توسعه علمی دارند از اهمیت بسزایی در اقتصاد دانش بنیان برخوردارند. ،. در طول چند دهه اخیر روند اصلی آموزش مهندسی در کشورهای صنعتی مرتباً تغییر کرده است و به دو گرایش علوم مهندسی و فناوری مهندسی متمایل شده است. گرایش فناوری مهندسی برای نیازهای فوری و مستقیم صنعتی است و گرایش علوم مهندسی برای تدوین روشها و استانداردها در طراحی از طریق مدل‌سازی و تجزیه تحلیل و کسب توانایی‌های پایه برای ورود به تحصیلات تکمیلی برای تولید علم و نوآوری می‌باشد. با توجه به اینکه توسعه علمی عمدتاً توسط دانشجویان دکتری با انجام تحقیقات توسعه‌ای در حوزه فنی و مهندسی انجام می‌شود و توسعه فناوری توسط دانشجویان ارشد و مراکز تحقیقاتی در تحقیقات کاربردی محقق می‌گردد، لذا در این مقاله نتیجه مطالعات در باب آموزش علوم و فناوری مهندسی با نگاهی بر تجربیات کشورهای صنعتی ارائه می‌شود و پیشنهاداتی جهت بهبود روش‌های آموزش مهندسی در یک رشته مهندسی ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مهندسی ، آموزش مهندسی، توسعه علمی، توسعه فناوری

۱-مقدمه

رشته‌های حوزه فنی و مهندسی بدلیل رابطه متقابلی که با فناوری و توسعه علمی دارند از اهمیت بسزایی در عصر اقتصاد دانش بنیان کنونی برخوردارند. در این عصر هم توسعه علمی و هم توسعه فناوری برای کشور ضروری و حیاتی است. در سالیان اخیر با حمایت‌ها و سیاستگزاری‌های مناسب رشد علمی قابل توجهی در مقایسه با دنیا داشته‌ایم. در حال حاضر بیش از یک درصد تولید علم دنیا را داریم که رتبه ۱۲ در مقایسه با سایر کشورها را احراز نموده‌ایم . از این تولید علم،حدود ۹۷۲۷۲ انتشار علم در حوزه فنی و مهندسی (احراز رتبه ۱۶ دنیا) بوده که سهم به عنوان مثال رشته مهندسی مکانیتک ۲۱۵۶۲ انتشار (با احراز رتبه ۱۴ بین کشورهای دنیا) می‌باشد. از لحاظ تعداد ارجاعات نیز ۶۷۷۳۹۰ مورد در حوزه فنی و مهندسی داشته‌ایم که تعداد ارجاعات در رشته مهندسی مکانیک بالغ بر ۱۹۷۰۰۰ مورد بوده که جایگاه ۱۸ را در دنیا کسب کرده‌ایم.[۱و۲]

ولی در رابطه با توسعه فناوری براساس مدل‌های مختلف ارزیابی فناوری که توسط سازمان‌های جهانی انجام می‌شود، ایران رتبه شایان توجهی را هنوز احراز نکرده‌است [۵و۴].

از طرفی با توجه به اینکه در طول زمان روند اصلی آموزش مهندسی در کشورهای صنعتی مرتباً تغییر یافته و می‌یابد و از طرف دیگر دانشگاه‌ها نیز مواجه با نسل‌های مختلفی در زمینه آموزش و پژوهش بوده و مأموریت آنها تغییر

نویسنهد عهده‌دار مکاتبات: ناهید شیخان nsheikhan@aut.ac.ir

می‌یابد. لذا در این مقاله ابتدا روندهای اصلی آموزش مهندسی در کشورهای صنعتی مطالعه شده و تجربیات چند کشور پیشرفته شامل آمریکا، کانادا، آلمان و فرانسه ارائه شده است. سپس آموزش علوم و فناوری مهندسی در دانشگاه‌های ایران بررسی می‌گردد. با توجه به تأثیری که آموزش مهندسی هم در توسعه علمی و هم در فناوری دارد، انواع مجریان تحقیقاتی و شیوه حمایتی آنان در کشورهای آمریکا، چین، آلمان و ژاپن بررسی می‌گردد و با مطالعه این مهم در ایران پیشنهاداتی برای آموزش مهندسی بویژه در رشته مهندسی مکانیک ارائه می‌شود.

۱-۱-مروری بر تعاریف‌ها

مهندسی: توانایی در طراحی مفهومی، اولیه، جزئی و ساخت و تولید ابزار یا محصول و توسعه روش‌ها و تکنیک‌های مربوطه

علوم مهندسی: توانایی در مدل‌سازی، تحلیل ارائه روش‌های حل مسایل و تدوین استانداردهای طراحی براساس اصول و قوانین فیزیک، شیمی، ریاضی و علوم مهندسی

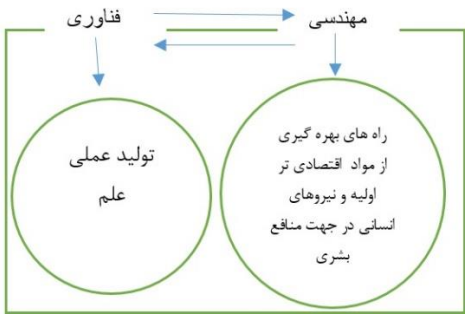
فناوری مهندسی: توسعه روش‌ها و مهارت‌ها در ساخت ماشین‌آلات، ابزار و محصولات موردنیاز با بکارگیری علوم مهندسی

هدف مهندسی:

بهره‌گیری اقتصادی ← منافع انسانی
- نیروی انسانی
- مواد اولیه و منابع طبیعی

- ارتباط فناوری با مهندسی

در شکل(۱) ارتباط فناوری با مهندسی آورده شده است.



شکل ۱. ارتباط فناوری با مهندسی

۲-۱-روش پژوهش

این مطالعه براساس روش تحقیق توصیفی انجام شده و داده‌های اطلاعاتی از منابع معتبر علمی داخلی و خارجی بدست آمده است و از نظر هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی محسوب می‌شود.

۲-روندهای اصلی آموزش مهندسی در کشورهای صنعتی

برنامه‌های آموزش مهندسی در بیشتر طول قرن بیستم میلادی تجربه‌ها و مهارت‌های عملی زیادی را به دانشجویان عرضه می‌کردند. ولی با گذشت زمان و گسترش سریع دانش فنی، آموزش مهندسی به سمت علوم مهندسی گرایش پیدا کرد. «**رویکرد علم مهندسی**»[1] که در اروپا شروع شد، بعد از جنگ جهانی دوم در آمریکا تقویت شد و توسعه یافت. هر زمان که نیاز جامعه تغییر کند برای انطباق با آن، آموزش مهندسی نیز تغییر خواهد کرد. روندهای اصلی آموزش مهندسی را می‌توان در چهار بخش زیر تقسیم کرد [۶]:

الف- نیمه اول قرن بیستم: بیشتر تجربه‌ها و مهارت‌های عملی را به دانشجویان عرضه می‌کردند.

ب – نیمه دوم قرن بیستم: با پیشرفت‌های علمی و گسترش دانش فنی و ابداع روش‌های تحلیلی و محاسباتی و بکارگیری ابزارهای دقیق و سریع محاسباتی، آموزش مهندسی به سمت علوم مهندسی گرایش پیدا نمود. (بعنوان مثال در مهندسی مکانیک رشته Engineering Mechanics ایجاد شد.)

ج- از دهه ۱۹۹۰: تغییراتی در آموزش مهندسی در مسیر بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش هزینه‌های تولید د ردنیا رخ داد و آموزش مهندسی به سمت آموزش علوم، آشنایی با فناورهای نوین و مهارت‌های غیرفنی از قبیل کار تیمی و ارتباطات سوق داده شده است. (مانند ایجاد دانشکده‌های Engineering Technology)

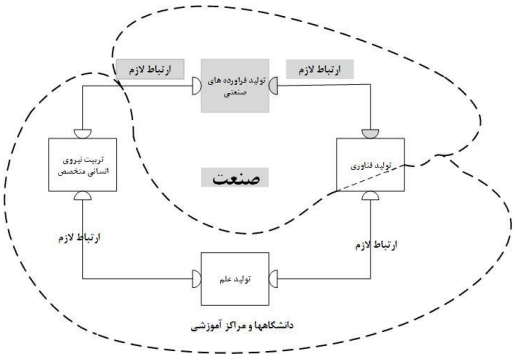
د- اوائل قرن ۲۱: آموزش مهندسی با تغییرات سریعی که در فناوری‌های نو در جهان در حال شکل گرفتن است به سمت مهندسی علمی تخصصی به همراه مواد و فناوری‌های پیشرفته به‌علاوه بر کسب شایستگی‌های جدید مرتبط با نظم نوین جهانی تأکید می‌شود.

[1] . Engineering Science Approach

فرهنگستان ملی مهندسی آمریکا نیز در گزارشی که در ابتدای قرن حاضر منتشر کرده، توانایی‌های مورد نظر برای یک دانش‌آموخته مهندسی در سال ۲۰۲۰ را به نحو زیر پیش‌بینی کرده است.

- ❖ دارای مهارت‌های تحلیلی قوی (علوم مهندسی)
- ❖ خلاق و مبتکر
- ❖ آشنا و متعهد به مبانی اخلاق حرفه‌ای
- ❖ آشنا با اصول تجارت و مدیریت
- ❖ برقرارکننده ارتباط قوی و روابط عمومی خوب
- ❖ دارای درک اصول رهبری و توانایی در به کارگیری مؤثر آن.
- ❖ دارای ویژگی‌های فردی همچون دارای عکس‌العمل سریع به پدیده‌ها و انعطاف‌پذیری در رفتار و داشتن جامع بینی
- ❖ دارای فراست حرفه‌ای در تحمل (تبدیل مسأله پیچیده به مسائل ساده)
- ❖ فراگیر مادام‌العمر (زگهواره تا گور دانش بجوی)

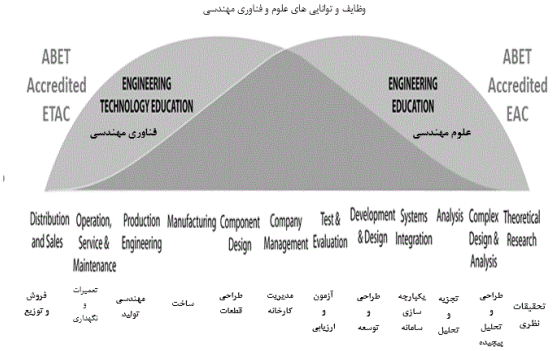
همچنین شکل (۲) نیز وظایف و ارتباط دانشگاه‌ها و صنعت را نشان می‌دهد[۷]. همانطور که مشاهده می‌شود تولید علم وظیفه فقط دانشگاه‌ها می‌باشد که با تربیت مناسب نیروی انسانی متخصص هم به تولید فرآورده‌های صنعتی که کار اصلی صنعت است کمک می‌نماید و هم به تولید فناوری که می‌تواند در صنعت تجاری‌سازی شود می‌پردازد.



شکل ۲: وظایف و ارتباط دانشگاه‌ها و صنعت

۱-۲- علوم مهندسی یا فناوری مهندسی

همانطور که روندهای اصلی آموزش مهندسی را در قسمت قبل مطالعه کردیم. متوجه شدیم که در مقطع زمانی خاصی مهندسی به سمت علوم مهندسی و در مقطع زمانی دیگری به سمت فناوری مهندسی گرایش پیدا نموده است. این دو گرایش در چه زمینه‌های مشترک و در چه زمینه‌هایی با هم تفاوت دارند. شکل (۳) وظایف و توانایی‌های علوم و فناوری مهندسی و نیز جدول (۱) ویژگی‌های کارشناسی این دو را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود در حوزه‌های خاصی مانند فروش و توزیع، تعمیرات و نگهداری عمدتا فناوری مهندسی و در حوزه‌های خاصی مانند تحقیقات نظری و طراحی و تحلیل پیچیده عمدتاً علوم مهندسی کاربرد دارند و در مواردی مانند مهندسی تولید، ساخت طراحی قطعات حوزه فناوری مهندسی قویتر و در سایر موارد مانند آزمون و ارزیابی، طراحی و توسعه، یکپارچه‌سازی سامانه‌ها و تجزیه و تحلیل علوم مهندسی قویتر می‌باشند. دروسی که در دوره‌های کارشناسی علوم مهندسی و فناوری مهندسی تدریس می‌شود، توانایی فارغ‌التحصیلان این دو گرایش را برای وظایف‌شان تقویت می‌کند. (جدول (۱))



شکل ۱. وظایف و توانایی‌های علوم و فناوری مهندسی

جدول ۱: ویژگی‌های کارشناسی علوم مهندسی و فناوری مهندسی

ردیف	گرایش / موضوع	علوم مهندسی	فناوری مهندسی
۱	اهمیت و تأکید	مفاهیم نظری و تحلیلی	برنامه‌های کاربردی، عملی و اجرایی
۲	دروس	بطور معمول به ریاضیات سطح بالاتر، روش‌های محاسباتی پیشرفته، فیزیک‌های تخصصی و دروس تخصصی از جنبه نظری بر پایه محاسبات و تحلیل توجه دارد.	بطور معمول روی دروس جبر، مثلثات، محاسبات کاربردی، فیزیک عمومی و دیگر دروس تخصصی که بیشتر جنبه کاربردی و آزمایشگاهی و نه چندان نظری دارد، تمرکز می‌کند (مانند درس مکانیک سیالات در سه سطح)

۳	وظیفه اصلی	طراحی مفهومی و اولیه، تحلیل و توسعه محصولات جدید و یا بهینه‌سازی محصولات موجود، تدوین یا اصلاح استانداردها و کسب آمادگی برای ورود به تولید علم	طراحی اولیه تا جزئی براساس استانداردهای موجود و برنامه‌ریزی برای ساخت، آزمایش و تولید بهینه محصول
۴	ویژگی‌های فارغ‌التحصیلان	-شناسایی و به‌کارگیری روش‌ها، مهارت‌ها و نظریه‌های جدید برای حل مسائل مهندسی -تدوین یا اصلاح استانداردها در طراحی -به‌کارگیری مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر علوم تجربی برای طراحی مفهومی و اولیه	-ارائه مشاوره در زمینه طراحی‌ها برای اهداف تجاری‌سازی -پیاده‌سازی بهینه و دقیق فناوری‌های فعلی -ورود سریع به بازار کار بعنوان مهندسین حرفه‌ای با مهارت‌های کاربردی در صنایع مختلف تولیدی

۲-۲- مطالعه تجربیات کشورهای پیشرفته

تجربه چند کشور پیشرفته در این زمینه به عنوان مثال در رشته مهندسی مکانیک به شرح ذیل می‌باشد:

الف- آمریکا

روند آموزش مهندسی مکانیک در برخی از دانشگاه‌های بزرگ آمریکا به قرار ذیل می‌باشد:

• سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۵۵

ایجادرشته مهندسی مکانیکس[2]در دوره تحصیلات تکمیلی در کنار مهندسی مکانیک برای کارهای تحلیلی عمیق

• سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۷۵

ایجاد فناوری مهندسی مکانیک[3]در کنار مهندسی مکانیک و انحلال رشته مهندسی مکانیکس در اغلب دانشگاه‌های ایالتی و صنعتی آمریکا

• سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۰

انحلال رشته فناوری مهندسی مکانیک در بسیاری از دانشگاه‌ها با سیاست انتقال تولید آمریکا به سایر کشورها و تمرکز مجدد بر علوم تحلیلی مهندسی مکانیک مخصوصاً در مهندسی‌های تخصصی مانند بیومکانیک، انرژی، رباتیک و فضایی

• در سال‌های اخیر

زمزمه برگشت به رشته‌های فناوری مهندسی و تأکید بر علوم مهندسی در رشته‌های خاص تخصصی

- رشته فناوری مهندسی مکانیک در آمریکا

ویژگی‌های این رشته عبارتند از:

- فناوری مهندسی مکانیک به استفاده از اصول مهندسی و پیشرفت‌های فناوری جهت خلق محصولات مورد نیاز و یا ماشین آلات تولیدی اطلاق می‌شود.
- مهندسان فناور مکانیک با اعمال جدیدترین فناوری‌های روز و اصول مهندسی به طراحی، تولید محصول و مواد اولیه و ساخت فرآیندهای ساخت می‌پردازند.
- مهندسان فناوری مکانیک تحت عناوین مختلفی در آمریکا شناخته و مشغول به‌کار می‌شوند، از جمله:
  - مهندس فناوری مکانیک
  - مهندسی فناوری تولید
  - مکانیک طراحی
  - مهندس فناوری توسعه‌ی محصول
  - مهندس فناوری ساخت

با روند آموزش مهندسی در آمریکا بعضی از دانشگاه‌ها با تغییرات پیش‌آمده فعالیت در بعضی از گرایش رشته‌ها منجمله مهندسی مکانیک را متوقف کرده‌اند (جدول(۲)) و تعدادی از دانشگاه‌ها نیز در گرایش مهندسی فناوری هنوز هم فعالیت می‌نمایند. (جدول (۳))

جدول ۲. دانشگاه‌های آمریکا که سابقاً در مهندسی مکانیکس و مهندسی فناوری مکانیک فعالیت داشته و در حال حاضر ندارند.

ردیف	نام دانشگاه	University Name
۱	دانشگاه تکنولوژی جورجیا	Georgia Institute of Technology
۲	دانشگاه‌های مریلند	University of Maryland at Baltimore & Collage Park
۳	دانشگاه‌های ایالتی کانزاس، اوکلاهوما، آیوا و کلورادو	Kansas, Oklahoma Iowa, Nebraska State University
۴	دانشگاه ایالتی پلی‌تکنیک ویرجینیا	Virginia Tech, Virginia Polytechnic Institute and State University

[2] . Engineering Mechanics

[3] . Mechanical Engineering Technology

جدول ۳. دانشگاه‌های آمریکا که در حال حاضر در مهندسی فناوری فعالیت می کنند

ردیف	نام دانشگاه	University Name
۱	دانشگاه تکنولوژی میشیگان	Michigan Technological University
۲	دانشگاه شمالی میشیگان	Northern Michigan University
۳	دانشگاه پلی‌تکنیک فلوریدا	University Florida Polytechnic
۴	دانشگاه تکنولوژی روچستر	Rochester Institute of Technology

ب- کانادا

انواع کارشناسی مهندسی مکانیک در کانادا به‌صورت مهندسی مکانیک، علوم مهندسی مکانیک و فناوری مهندسی مکانیک وجود دارد.

فناوری مهندسی مکانیک رشته‌ای است که در آن بر کاربردهای مهندسی و فناورهای نوین در حوزه‌هایی مانند توسعه‌ی محصولات، ساخت و تولید و عملیات مهندسی تمرکز داشته و در زمینه‌های تخصصی مانند خودرو، مهندسی محیط‌زیست و وسایل نقلیه سنگین فعالیت دارند. آنچه در کانادا جالب توجه می‌باشد این است که انواع مهندسی (مشابه آمریکا) را داشته و تأکید بر کارورزی اختیاری در صنعت (به‌همراه تحصیل) به مدت ۲ تا ۳ سال را دارد که در نتیجه طول دوره تحصیل کارشناسی به ۶ الی ۷ سال افزایش می‌یابد. به عبارتی مهمترین برنامه آموزش مهندسی در کانادا طرح آموزشی همراه با صنعت[4]است که یک روش ساختاری برای ترکیب آموزش‌های کلاسی و تجربه‌ی کار عملی است. در این روش معمولاً دانشجویان یک ترم تحصیلی خود را با کار همراه با درآمد با ساعت کاری معادل برنامه‌ی دانشگاهی جایگزین می‌کنند. این روند جایگزینی ترم تحصیلی با ساعت‌های کاری در طول تحصیل دانشجو به دفعات تکرار می‌شود. روش دیگری که کمتر مورد استفاده است، تقسیم ساعات روز بین کلاس درس و کار است به صورتی‌که با برنامه‌ی درسی دانشجو تداخل نداشته باشد. برنامه‌ی آموزش همراه کار در صنعت به‌صورت گزینه‌ی انتخابی در کنار برنامه‌ی عادی تحصیلی برای دانشجویان وجود دارد.

معمولاً گزینش دانشجو برای این برنامه‌ها به‌صورت رقابتی و با توجه به نمرات دروس دانشجو و مصاحبه انجام می‌شود. دانشجویان معمولاً در پاییز سال دوم تحصیلی فرصت شرکت در این برنامه‌ها را دارند. به این ترتیب دانشجویان این فرصت را دارند تا با گذراندن سال اول پایه‌ی مناسب را کسب کنند و همچنین در طول این سال با شرکت در تعدادی از کارگاه‌ها و فعالیت‌های مانند جلسات آشنایی با صنعت، سمینارهای مرتبط با کار و حرفه و ... اطلاعات مناسبی را کسب کنند.

بیشتر دانشجویان در شرکت‌های محلی خارج از دانشگاه (و حتی گاهی داخل مجموعه‌ی دانشگاهی) مشغول به‌کار می‌شوند، اما بعضی دانشجویان در صورت امکان شرکت‌های بین‌المللی را برای کار انتخاب می‌کنند. در این صورت گاهی امکان برنامه‌های تبادلی برای دانشجویان ایجاد می‌شود که در این‌صورت تجربه‌ی با ارزشی برای دانشجویان فراهم می‌شود.

دانشگاه واترلو[5] کانادا جامع‌ترین برنامه آموزش همراه با صنعت را در جهان ارائه می‌دهد. برنامه‌های این دانشگاه به‌عنوان الگوی آموزش تعاونی در بیش از ۱۰۰ کالج و دانشگاه در کانادا توسعه پیدا کرده است.

- فناوری مهندسی مکانیک در دانشگاه ویندسور[6]

هیأت علمی این دانشگاه به‌عنوان رهبران نوآوری شناخته شده‌اند. این دانشگاه برای اولین بار در کانادا، مقاطع مهندسی خودرو و مهندسی محیط‌زیست را ارائه داد. دانشگاه ویندسور مدل عملیاتی ویژه‌ای را برای همکاری علم و صنعت توسعه داده است که نتیجه‌ی آن ایجاد دو مرکز بزرگ تحقیق و توسعه‌ی زیر است:

- دانشگاه مرکزی تحقیق و توسعه‌ی خودروی ویندسور – کرایسلر
- دانشگاه بین‌المللی نوآوری تراک (کامیون) و موتور ویندزور (متخصص در وسایل نقلیه‌ی سنگین)

- فناوری مهندسی مکانیک در دانشگاه کیپ برتون[7]

پیشنهاد این دانشگاه به دانشجویان این است: آینده‌ی خود را بسازید.

صنعت به فناوران ماهر نیاز دارد. در حال حاضر نیاز به این نوع نیروی کار متخصص بیشتر از تعداد فناوران مشغول به‌کار است. دانشگاه کیپ برتون توانسته است با ارتقای عالی

[4] . Co-Operative Education
[5] . University of Waterloo
[6] . University of Windsor
[7] . Cape Breton University

در توسعه و انتقال تحصیلات فناوری شهرت خوبی به‌دست آورد. تخصص این دانشگاه در ایجاد مقطع کارشناسی مهندسی فناوری است که مقطع تحصیلی بی‌نظیری را جهت تأمین مشاغل موردنیاز ارائه می‌دهد. برنامه‌های مهندسی فناوری، دانشجویان را برای مواجه با چالش‌ها و فرصت‌هایی آماده می‌کند که فارغ‌التحصیلان فنی امروزه با آن مواجه هستند. برنامه‌های منعطف و به جا به دانشجویان کمک می‌کنند تا دوران تحصیل را با موفقیت طی کرده و وارد دنیای کار شوند در حالی‌که این فرصت را دارند تا مقطع تحصیلی خود را متناسب با اهداف کاری و حرفه‌ای خود انتخاب کنند. برنامه‌های موجود، شامل دیپلم دو ساله در زمینه‌هایی مانند ابزار دقیق، برق و کنترل و نفت و یا دوره‌ی پیشرفته‌ی چهارساله است. خدمات حرفه‌ای ثبت نام دانشگاه به انتخاب دوره‌ی مناسب با آینده‌ی مورد نظر به دانشجویان کمک می‌کند .

ج- آلمان

دانشگاه‌های آلمان در آموزش مهندسی به دو دسته دانشگاه‌های تحقیقاتی و سنتی[8](با تمرکز بر برنامه‌های تحقیقاتی قوی) و دانشگاه‌های علوم کاربردی[9](با تمرکز بیشتر بر آموزش مهارت‌های حرفه‌ای) تقسیم می‌شوند. در آلمان حدود ۱۵ دانشگاه تحقیقاتی و ۷۰ دانشگاه علوم کاربردی در حوزه فناوری وجود دارد که بیشتر آنها توسط استان‌های کشور اداره می‌شوند. دانشگاه‌های علوم کاربردی از سال ۱۹۶۹ برای پاسخ به نیاز صنعت ایجاد شدند. در این دانشگاه‌ها، رشته‌های مورد نظر با نگاه عملی و کاربردی ارائه می‌شوند. برنامه‌ی درسی در این دانشگاه‌ها، علاوه برایجاد دانش نظری مناسب برای دانشجویان، آن‌ها را برای نیازهای دنیای واقعی و زندگی حرفه‌ای آماده می‌کند. کارآموزی‌ها و واحدهای عملی بخش‌های جدایی‌ناپذیر برنامه‌های این دانشگاه‌ها است.

د- فرانسه

آموزش و پژوهش در فرانسه با نهادهای ذیل انجام می‌شود:

- مدارس عالی (وظیفه اصلی: تربیت پژوهشگر برای توسعه علم و دانش)
- دانشگاه‌ها (وظیفه اصلی: آموزش متخصصان برای صنعت)
- مؤسسات تحقیقاتی (وظیفه اصلی: انجام پروژه‌های بنیادی و کاربردی)

برای نزدیک کردن صنعت و دانشگاه آموزش مهندسی در دانشگاه‌های فرانسه با تعریف پروژه‌های صنعتی زیر انجام می‌شود:

- پروژه‌های درسی
- پروژه‌های دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد (تز)
- قراردادهای صنعتی با اساتید[10] CIFRE

۲-آموزش علوم و فناوری مهندسی در دانشگاه‌های ایران

آموزش علوم و فناوری مهندسی در ایران از بدو تأسیس دانشگاه‌های صنعتی و همراه با روند تغییرات جهانی به مرور زمان تغییر نموده است. آنچه مهم می‌باشد این است که هدف از آموزش علوم و فناوری مهندسی در دانشگاه‌های ایران طراحی و تولید محصول است یا هدف تولید علم می‌باشد. جدول (۴) تاریخچه و اهداف تأسیس دانشگاه‌های فنی در تهران را نشان می‌دهد.[۱۰و۹و۸] همانطور که ملاحظه می‌شود بیش از ۸۰ سال است که در ایران به آموزش علوم و فناوری مهندسی پرداخته می‌شود. اهداف اولیه تأسیس بیشتر آموزش فناوری مهندسی برای توسعه فناوری بوده و به مرور زمان توسعه علمی نیز بعد از وقوع انقلاب اسلامی و راه‌اندازی دوره تحصیلات تکمیلی و بویژه دکتری مهندسی جزو اهداف اصلی دانشگاه‌های فنی ایران می‌باشد.

جدول ۴. تاریخچه و اهداف تأسیس دانشگاه‌های فنی در تهران

ردیف	نام دانشگاه	سال تأسیس	تاریخچه	هدف اصلی	اهداف اولیه
۱	دانشکده فنی دانشگاه تهران	۱۳۱۳	با هدف تربیت افراد فنی متخصص، خبره مورد نیاز برای احداث صنایع در کشور	آموزش علوم و فناوری مهندسی	-آموزش علوم مهندسی ۵۰٪ فناوری ۵۰٪
۲	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۱۳۰۷	به‌منظور توسعه	آموزش و توسعه	-توسعه علمی ۶۰٪

[8] . Unirersitat
[9] . Fachhochschule
[10] . Conventions Industrielles de Formation Par La Recherche

	پلی تکنیک تهران		فعالیت-های تولیدی صنایع با ادغام دو مؤسسه فنی وقت «انستیو مهندسی راه و ساختمان» و «هنرسرای عالی» و تبدیل به دانشگاه	فناوری-ها براساس علوم مهندسی	-توسعه فناوری ٪۴۰
۳	دانشگاه صنعتی شریف	۱۳۴۴	با هدف تربیت و تأمین بخشی از نیروهای متخصص موردنیاز برای توسعه علوم مهندسی	آموزش و توسعه علوم مهندسی	-توسعه علوم مهندسی ٪۸۰ -توسعه فناوری ٪۲۰
۴	دانشگاه علم و صنعت ایران	۱۳۴۶ (اولین دوره کارشناسی)	برای تربیت فن-آور و مهندسی کاربردی برای صنعت تبدیل به دانشگاه علم و صنعت ایران (درسال ۱۳۵۷)	آموزش فناوری و علوم مهندسی	-آموزش فناوری ٪۷۰ -توسعه علم و فناوری ٪۳۰

در حال حاضر وظیفه و نقش دانشگاه‌های صنعتی کشور در تولید علم و به‌کارگیری آن در توسعه فناوری در سه جهت ذیل متمرکز شده است:

نقش دانشگاه‌های صنعتی کشور

تولید علم
با تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای
(ابزارها: عمدتاً دانشجویان دکترا و درصد کمی از دانشجویان ارشد)
٪۴۰ فعالیت‌ها

طراحی، حل مشکلات صنعتی
با آموزش نظری و عملی مهندسی
(ابزارها: دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد)
٪۳۰ فعالیت‌ها

توسعه فناوری
با توسعه رشته‌های ساخت و تولید و انجام تحقیقات کاربردی
(ابزارها: دانشجویان کارشناسی ارشد و مراکز پژوهشی)
٪۳۰ فعالیت‌ها

همانطور که ملاحظه می‌شود تولید علم، حل مشکلات صنعتی و توسعه فناوری توسط آموزش مهندسی در سطوح مختلف کارشناسی، کارشناسی‌ارشد و دکتری با انجام مختلف تحقیقات انجام می‌پذیرد.

۳-۱- تولید علم در ایران

در سال‌های اخیر کشور ایران در تولید علم در مقایسه با سایر کشورها رشد خوبی داشته و رتبه خوبی را در جهان و بویژه در خاورمیانه احراز نموده است. در حال حاضر حدود ۱ درصد از علم دنیا را تولید می‌کند و در مقایسه با سایر کشورها در رتبه ۱۲ دنیا قرار دارد. البته با سیاستگذاری مناسب رتبه کشور باید مرتباً بهبود یابد.[۱] ضرورت تولید علم در ایران به دلایل متعددی بستگی دارد که اهم آنها عبارتند از:

۱-ایفای وظیفه بین‌المللی با توجه به سوابق تاریخی (حداقل متناسب با میزان جمعیت)

کشور ایران دارای حدود ۱٪ جمعیت جهان می‌باشد و با توجه به سوابق تاریخی و فرهنگی، داشتن جوانان توانمند با استعداد و نیز حدود ۴۵۰۰۰ اثر علمی بدیع در سال می‌تواند در تولید حداقل ۲ درصد از علم جهان مشارکت داشته باشد.

۲-ایجاد اقتدار ملی در عرصه‌های جهانی

۳-بالا بردن توان علمی کشور و حفظ استقلال آن

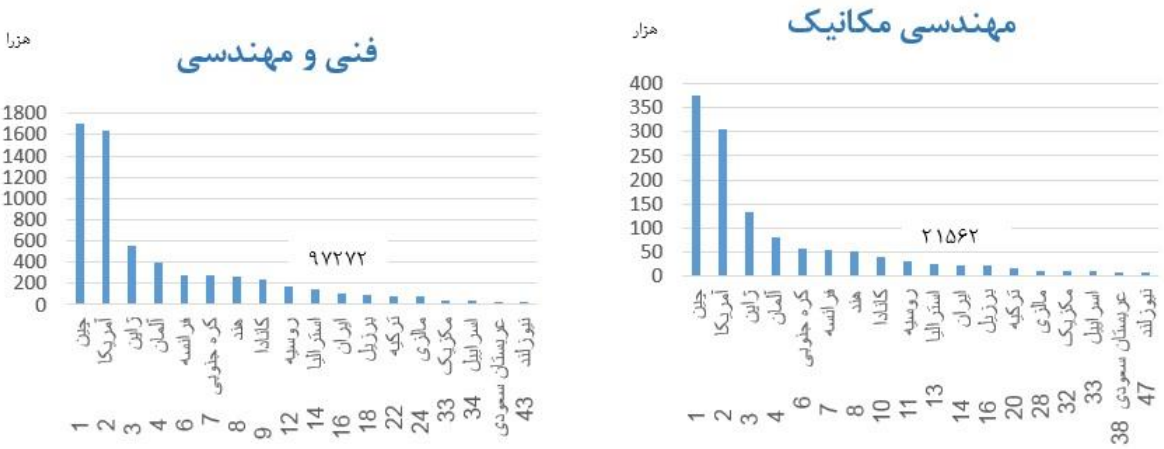
۴-تشویق، تقویت و امیدوار نمودن جوانان به آینده

۵-افزایش توان فناوری کشور و حل معضلات عدیده‌ای مانند بیکاری و ...

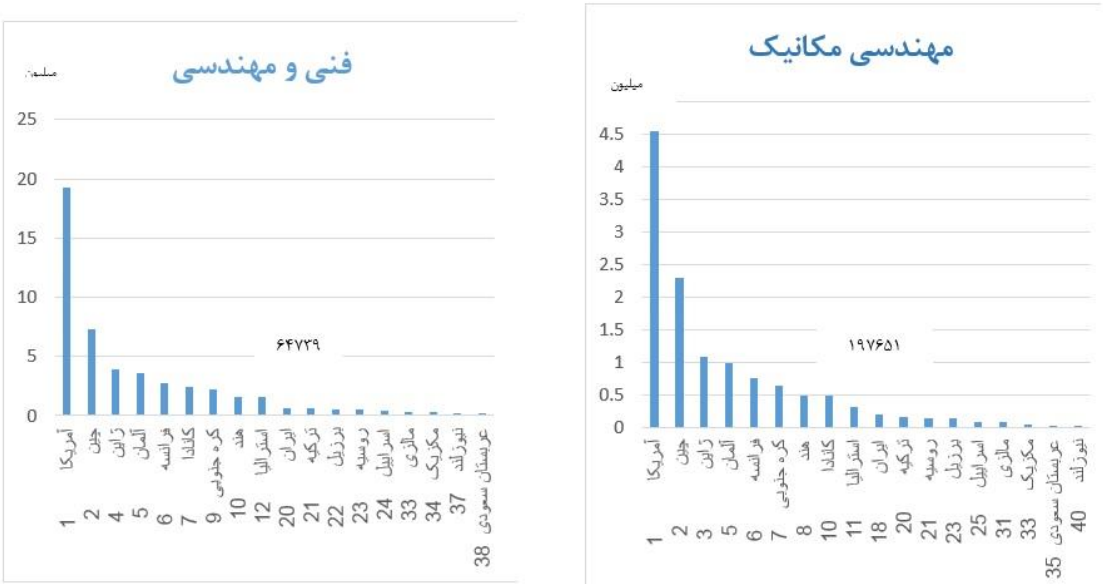
تولید علم رشته‌های فنی و مهندسی

اشکال (۴) الی (۶) رتبه کشور ایران در رشته‌های فنی و مهندسی و نیز رشته مهندسی مکانیک را در شاخص‌های کمیت تولید علمی (تعداد انتشارات)، تعداد ارجاعات و شاخص H در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد.[۲] همانطور که ملاحظه می‌شود. در سال ۲۰۱۶، تعداد انتشارات حوزه فنی و مهندسی ۹۷۲۷۲ (احراز رتبه ۱۶ در دنیا) و در رشته مهندسی مکانیک ۲۱۵۶۲ (احراز رتبه ۱۴ در دنیا) بوده است.

هم‌چنین از لحاظ تعداد ارجاعات در حوزه فنی و مهندسی کشور ایران با احراز رتبه ۲۰ در دنیا ۶۴۷۳۹۰ ارجاع داشته است که رشته مهندسی مکانیک با رتبه ۱۸ در دنیا ۱۹۷۶۵۱ ارجاع را تحت پوشش قرار داده است. از نظر شاخص H نیز ایران رتبه ۳۲ را در حوزه فنی و مهندسی و رتبه ۲۷ را در حوزه رشته مهندسی مکانیک در مقایسه با دنیا احراز نموده است.



شکل ۴. کمیت تولید علم در رشته‌های فنی و مهندسی و مهندسی مکانیک در دنیا در سال ۲۰۱۶



شکل ۵. رتبه ایران در مقایسه با سایر کشورها در رشته‌های فنی و مهندسی و رشته مهندسی مکانیک از نظر تعداد ارجاعات در سال ۲۰۱۶

شکل ۶. مقایسه رتبه ایران با سایر کشور در حوزه فنی و مهندسی و مهندسی مکانیک از نظر شاخص H در سال ۲۰۱۶

۳-۲- توسعه فناوری در ایران

فناوری عاملی راهبردی برای توسعه اقتصادی کشورهاست زیرا سبب افزایش رفاه و سلامت جامعه، رشد اقتصادی، افزایش اشتغال، افزایش تولید ناخالص ملی و به‌کارگیری ظرفیت‌های خالی در اقتصاد می‌شود. در اقتصاد دانش بنیان جهانی عصر حاضر افزایش توان اقتصادی و ایجاد رفاه براساس فعالیت‌های دانشی می‌باشد و مهمترین وظیفه دانشگاه‌ها تولید دانش (پژوهش)، ترویج دانش (آموزش و انتشار) و به کارگیری دانش (فناوری) است. لذا با توجه به رابطه متقابل مهندسی و فناوری (شکل (۱))، آموزش مهندسی در دانشگاه‌های کشور بویژه دانشگاه‌های صنعتی می‌تواند تأثیر بسزایی در فناوری کشور داشته باشد. در شرایط فعلی رتبه فناوری در ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان در جایگاه مناسبی قرار ندارد(جدول(۵)).[۵و۴و۳]

جدول ۵. جایگاه ایران در توسعه و به‌کارگیری فناوری در ارزیابی‌های بین‌المللی

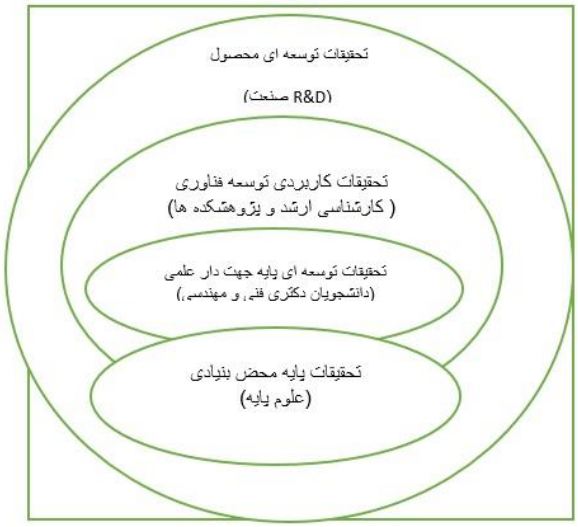
ردیف	مدل	سازمان ارزیابی‌کننده	سال ارزیابی	رتبه
۱	شاخص ترکیبی دستیابی به فناوری	سازمان ملل متحد(UNDP)	۲۰۱۶	۶۱
۲	شاخص ترکیبی اقتصاد دانش بنیان	بانک جهانی	۲۰۱۸	۱۲۴
۳	شاخص ترکیبی رقابت-پذیری جهانی	مجمع جهانی اقتصاد	۲۰۱۷	۸۹

۴-انواع تحقیقات و مجریان تحقیقاتی

مجریان تحقیقات در دانشگاه‌ها به‌طور اعم و در دانشگاه‌های فنی و مهندسی بطور اخص، دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد و پژوهشگران پژوهشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی می‌باشند که باتوجه به نوع تحقیقات به شرح ذیل به این مهم مبادرت می‌ورزند:

- دانشجویان دکتری
  - تحقیقات بنیادی (علوم‌پایه شامل فیزیک، ریاضی، شیمی و زیست‌شناسی)
  - تحقیقات توسعه‌ای عرضه محور (رشته‌های مهندسی)

- دانشجویان کارشناسی‌ارشد: عمدتاً تحقیقات کاربردی و درصد کمی نیز تحقیقات توسعه‌ای
- پژوهشگران پژوهشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی دانشگاهی: تحقیقاتی کاربردی تقاضامحور



شکل ۷. رابطه بین انواع تحقیقات در مهندسی و مجریان مربوطه

همانطور که ملاحظه می‌شود تولید علم در رشته‌های فنی و مهندسی عمدتاً توسط دانشجویان دکتری با انجام تحقیقات توسعه‌ای جهت‌دار علمی انجام می‌شود. تعیین موضوعات رساله‌های دکترای مهندسی در کشورهای پیشرفته امری مهم می‌باشد که در بعضی از کشورهای پیشرفته نظیر آمریکا و انگلستان، گرفتن وانجام بودجه‌های تحقیقاتی براساس رساله‌های دکتری برای اساتید راهنما الزامی می‌باشد و در سایر کشورها نظیر کشورهای اروپایی، ژاپن و ... جزو موارد ضروری برای ارتقاء و ادامه کار استاد راهنما می‌باشد. بعنوان مثال در کشور آمریکا نحوه گرفتن بودجه تحقیقات رساله‌های دکتری برای اساتید راهنما الزامی است یعنی اساتید راهنما در دانشگاه‌های آمریکا (و برخی از کشورهای پیشرفته)، ابتدا با ارائه پیشنهاد طرح به سازمان‌ها و بنیادهای حمایت‌کننده پژوهش، بودجه تحقیقات مورد نیاز را جذب و از طریق دانشگاه به مصرف کمک هزینه دانشجوی دکتری و انجام امور آزمایشگاهی و تحقیقاتی می‌رساند. اساتید بدون دانش بودجه پژوهشی (از طریق بنیادهای دولتی) و یا گرنت اولیه که دانشگاه در اختیار استادیاران جوان قرار می‌دهد قادر به پذیرش دانشجوی دکتری نیستند.

۱-۴-حامیان مالی تحقیقات برای علم و فناوری

الف- کشور آمریکا

نحوه تأمین مالی هزینه‌های بخش‌های مختلف تحصیلی به تفکیک دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در آمریکا در جدول (۶) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بودجه پژوهشی طرح‌های پژوهشی استاد راهنما نقش مهمی را در تأمین هزینه آموزشی، پژوهشی و زندگی دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری ایفاء می‌نماید.

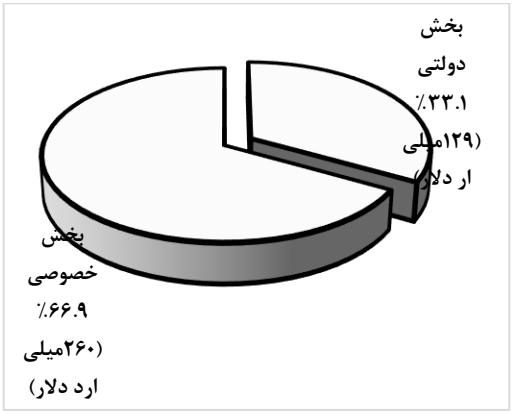
جدول ۶. نحوه تأمین مالی هزینه‌های بخش‌های مختلف تحصیلی فنی و مهندسی در آمریکا

ردیف	دوره	هزینه آموزشی	هزینه پژوهشی	هزینه زندگی
۱	کارشناسی	-خود دانشجو -وام دولتی یا فلوشیب خیرین	-	-
۲	کارشناسی ارشد	-خود دانشجو یا وام تحصیلی یا فلوشیب خیرین -دستیار پژوهشی از بودجه پژوهشی استاد راهنما -دستیار آموزشی از بودجه دانشکده	-گرنت استاد راهنما یا بودجه طرح پژوهشی -فلوشیب سازمانها یا خیرین	-خود فرد یا وام تحصیلی و یا دستیار آموزشی -فلوشیب سازمانها یا خیرین یا اعتبار پژوهشی استاد راهنما
۳	دکتری	-دستیار آموزشی از بودجه دانشکده -دستیار پژوهشی بودجه استاد راهنما	-گرنت استاد راهنما و یا بودجه پژوهشی طرح -فلوشیب سازمانها یا خیرین	-بودجه پژوهشی استاد راهنما یا دستیار آموزشی -فلوشیب سازمان‌ها یا خیرین

- تأمین‌کنندگان مالی بودجه‌های تحقیقاتی

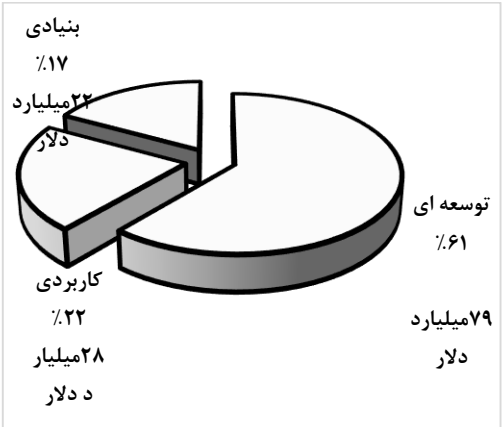
سرانه تولید ناخالص داخلی درکشور آمریکا ۴۷۰۰۰ دلار در سال ۲۰۱۲ می‌باشد که نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی حدود ۲/۷۷ درصد است[۱۱]. کل هزینه‌کرد پژوهشی در سال ۲۰۱۳ حدود ۳۹۰ میلیارد دلار می‌باشد و درحال حاضر کل بودجه پژوهشی (سال ۲۰۱۷) حدود ۳۴۰ میلیارد دلار است.

در سال ۲۰۱۳ بخش دولتی آمریکا ۳۳/۱ درصد و بخش خصوصی ۶۶/۹ درصد از اعتبارات مالی تحقیقاتی را تأمین نموده‌اند. (شکل (۸))



شکل ۸. تأمین‌کنندگان اعتبارات مالی تحقیقاتی در آمریکا در سال ۲۰۱۳

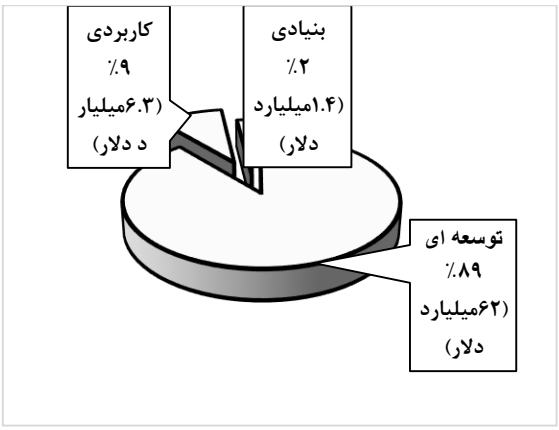
از ۱۲۹ میلیارد دلاری که دولت آمریکا در سال ۲۰۱۳ در بخش تحقیق و توسعه هزینه کرده است، به تفکیک ٪۱۷ در تحقیقات بنیادی (۲۲ میلیارد دلار)، ٪۶۱ در تحقیقات توسعه‌ای (۷۹ میلیارد دلار) و ٪۲۲ در تحقیقات کاربردی (۲۸ میلیارد دلار) هزینه شده است، (شکل (۹)) که مهمترین مجریان پژوهشی آن دانشگاه‌ها با ۷۸ درصد (تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای) و مراکز پژوهشی با ۲۲ درصد (تحقیقات کاربردی) می‌باشند.



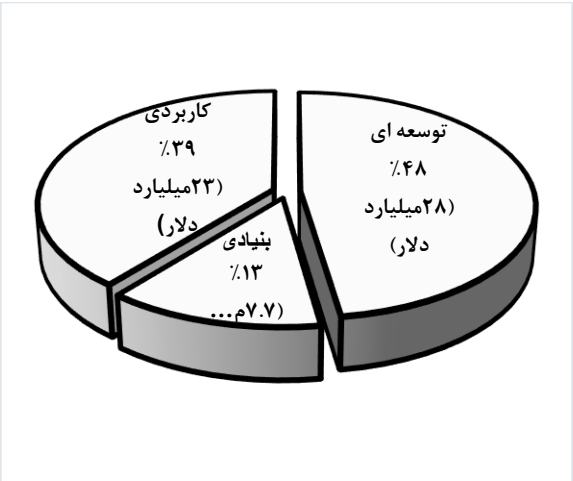
شکل ۹. نحوه هزینه کرد دولت آمریکا در انواع تحقیقات در سال ۲۰۱۳

اشکال (۱۰) و (۱۱) نحوه تقسیم‌بندی اعتبارات پژوهشی دولتی را در بخش دفاعی (٪۵۴ بودجه حدود ۷۰ میلیارد دلار) و غیردفاعی (٪۴۶ بودجه حدود ۵۹ میلیارد دلار) در سال ۲۰۱۳ نشان می‌دهد.

همانطور که ملاحظه می‌شود در بخش دفاعی عمدتاً ٪۸۹ بودجه به انجام تحقیقات توسعه‌ای اختصاص یافته و تحقیقات کاربردی (با ٪۹ بودجه) و تحقیقات بنیادی (با ٪۲ بودجه)در اولویت‌های بعدی می‌باشند. اما در بخش غیردفاعی با بودجه ۵۹ میلیارد دلاری (نسبت به بخش دفاعی)، تحقیقات توسعه‌ای کمتر (با ٪۴۸ بودجه) و بیشتر تحقیقات کاربردی (٪۳۹) بودجه و تحقیقات بنیادی (٪۱۳ بودجه) انجام شده است.



شکل۱۰. نحوه تقسیم‌بندی بودجه دفاعی دولت آمریکا در زمینه‌های مختلف پژوهشی در سال ۲۰۱۳



شکل ۱۱. نحوه تقسیم‌بندی بودجه غیردفاعی دولت آمریکا در زمینه‌های مختلف پژوهشی در سال ۲۰۱۳

غیر از ناسا که مؤسسه‌ای معروف در سطح جهانی است و اکثر مردم دنیا با آن و زمینه فعالیت آن آشنایی دارند، دو

مؤسسه ملی سلامت[1] و بنیاد ملی علوم[2](NSF) در زمینه پژوهش‌های غیردفاعی فعالیت چشمگیری داشته و خدمات قابل توجهی به جامعه جهانی نموده‌اند. مؤسسه ملی سلامت مهم‌ترین مؤسسه حمایت از پژوهش برای سلامت می‌باشد. ۸۰ درصد بودجه این مؤسسه (با ۲۷ زیر مؤسسه و مرکز) مستقیماً صرف حمایت از پژوهش در داخل و خارج آمریکا می‌شود.

در سال ۲۰۱۳، ۲۲ درصد اعتبارات پژوهشی معادل ۲۷ میلیارد دلار برای ۱۱۸۰ طرح تحقیقاتی اختصاص یافت. بنیاد ملی علوم آمریکا نیز قدیمی‌ترین مؤسسه حمایت-کننده تولیدعلم در دانشگاه‌هاست که در بودجه سال ۲۰۱۳ حدود ۷/۵ میلیارد دلار برای انجام ۹۱۰۰ طرح تحقیقاتی هزینه نموده است.

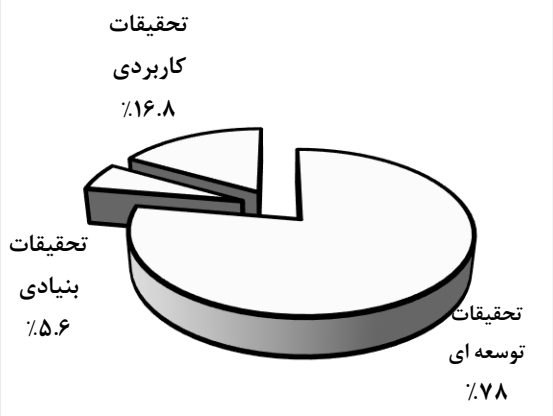
اکثر دستگاه‌های اجرایی در کشور امریکا دارای واحدهای پژوهشی شاخص جهت انجام امور پژوهشی می‌باشند که در کل ۶۰۰ آزمایشگاه فدرال بزرگ و ۷۰۰ آزمایشگاه فدرال کوچک به این مهم می‌پردازند.

همانطور که ذکر شد حدود دوسوم بودجه تحقیقاتی آمریکا توسط بخش خصوصی تأمین اعتبار می شود که اکثراً خود نیز دارای واحدهای پژوهشی می‌باشند که می‌توان از شرکت‌های عظیم فایرز، ماکروسافت، جنرال موتورز، فورد و ... نام برد. هم‌چنین هزینه‌های پژوهشی از طریق سازمان‌های غیرانتفاعی خصوصی تأمین می‌شود. بیش از ۲۰ هزار مؤسسه خیریه در آمریکا در تأمین مالی تحقیق و توسعه بویژه در زمینه زیست‌شناسی فعالیت دارند که از مهمترین آنها می‌توان از مؤسسه بیل و ملیندا گیتس[3] نام برد.

ب- چین

دولت چین انگیزه زیادی در افزایش سرعت پیشرفت علمی و فناوری دارد و سرمایه‌گذاری کلانی را در این حوزه انجام داده‌اند. تولید ناخالص داخلی این کشور در سال ۲۰۱۲ معادل ۱۲۴۰۰ میلیارد دلار بوده که نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی ۲/۰۲ درصد می‌باشد. هزینه پژوهش در سال ۲۰۱۰ معادل ۱۴۱ میلیارد دلار بوده که کشور ژاپن را در این حوزه پشت‌سر گذاشته و پس از آمریکا در رتبه دوم قرار دارد.[۱۲]

شکل (۱۲) نحوه توزیع هزینه‌های پژوهشی را در سال ۲۰۰۶ در چین نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که حدود ٪۷۸ بودجه پژوهشی در تحقیقات توسعه‌ای، ٪۱۶/۸ در تحقیقات کاربردی و ٪۵/۶ در تحقیقات بنیادی هزینه شده است.



شکل ۱۲. هزینه‌های تحقیق و توسعه در کشور چین در سال ۲۰۰۶

بودجه‌های پژوهشی برای پروژه‌های اساسی از طریق سازمانهای دولتی زیر مدیریت می‌شوند.

- بنیاد ملی علوم طبیعی چین[4](NSFC)
- وزارت علوم و تکنولوژی چین[5](MOST)
- مؤسسه بین‌المللی علوم و تکنولوژی[16]
- فرهنگستان علوم چین[7](CAS)
- سازمان بورسیه چین[8](CSC)

بعنوان مثال، فرهنگستان علوم چین (CAS) دارای ۱۰۰ نهاد تحقیقاتی، ۳۷۰۷ نهاد تحقیقاتی دولتی (GRIs) وابسته به وزارت و دولت‌های محلی، ۲۳۰۵ نهاد آموزش عالی[19](IHEs) و ... می‌باشد که از گردانندگان اصلی حوزه تحقیق و توسعه در کشور چین به شمار می‌رود. سازمان‌های دولتی مرکزی و محلی اعتبارات تحقیقاتی بیشتری را در اختیار پژوهشگران و مؤسسات تحقیقاتی قرار می‌دهند. دانشگاه‌ها گرنت‌های مختلف و متعددی را در اختیار دارند و به پژوهش محققان خود اختصاص می‌دهند. نهاد آموزش عالی این کشور نیز دارای ۲۷۵ هزار نیروی تمام وقت شاغل

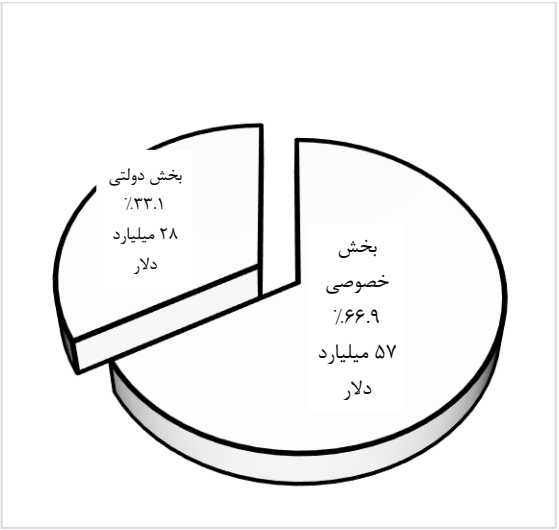
1 -NIH
2 -NSF
3 - Bill and Melinda Gates Foundation
4 - National Natural Science Foundation of China
5 - Ministry of science and Technology
6 - China International S&T Cooperation
7 - Chinese Academy of Sciences
8 - China Scholarship Councel
9 - Institute of Higher Education

در حوزه تحقیق و توسعه می‌باشد و در سال ۲۰۰۹ بیش از نیمی از هزینه‌های فعالیت‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها (۵۶٪) توسط دولت تأمین شده است. در این سال ۶۱٪ هزینه‌های پژوهشی در رشته‌های مهندسی، ۱۷/۴ ٪در علوم پایه، ۶/۸ ٪در کشاورزی و ۸/۵ ٪ در تحقیقات پزشکی هزینه شده است.

در سال ۲۰۱۳، ۱۰ دانشگاه برتر چین حدود۱ /۴ میلیارد دلار اعتبار پژوهشی را جذب کرده‌اند.

ج- آلمان

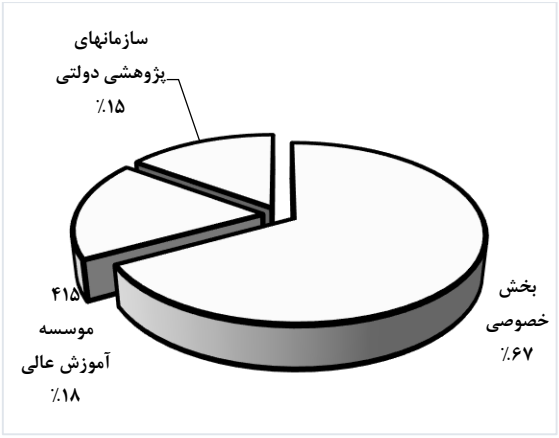
کشور آلمان با سرانه تولید ناخالص داخلی ۴۴،۳۰۰ دلار، دارای نسبت ۲/۸۴ ٪هزینه تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی است. اعتبارات پژوهشی این کشور در سال ۲۰۱۶ حدود ۸۵ میلیارد دلار بوده است. ۱/ ۳۳ ٪ از اعتبارات پژوهشی (معادل ۲۸ میلیارد دلار) توسط دولت و مابقی آن توسط بخش خصوصی تأمین گشته است. (شکل ((۱۳)



شکل ۱۳. تأمین‌کنندگان مالی هزینه‌های پژوهشی در کشور آلمان در سال ۲۰۱۶

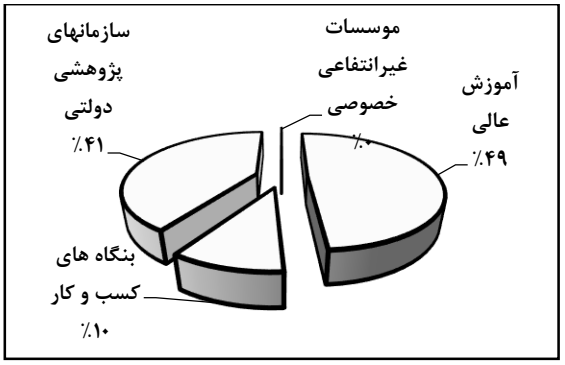
بنیاد پژوهش آلمان[2]، نقش اصلی تأمین مالی پژوهش‌های بنیادی را برعهده دارند. اغلب برنامه‌های تحقیق و توسعه از سوی دولت تأمین مالی می‌شود و آژانس‌های اجرایی[1] که غالباً در مرا کز پژوهشی بزرگ مستقر هستند، اداره و مدیریت آن را برعهده دارند. فدراسیون انجمن‌های پژوهشی صنعتی آلمان(GFIRA)[2] مسئولیت ترویج فعالیت‌های تحقیق و توسعه کاربردی در جهت منافع بنگاه‌های کوچک و متوسط را برعهده دارد.

مجریان پژوهش در کشور آلمان شامل بخش خصوصی، سازمان‌های پژوهشی دولتی و مؤسسات آموزش عالی می‌شود که شکل (۱۴) ارتباط بین بودجه‌های تحقیقاتی و مجریان پژوهشی را در سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد.



شکل ۱۴. ارتباط بین بودجه‌های تحقیقاتی و مجریان پژوهشی در آلمان در سال ۲۰۱۲

نحوه هزینه‌کرد بودجه دولتی آلمان در تحقیق و توسعه در شکل (15) نشان داده شده است. ۴۹٪ آموزش عالی، ۴۱٪ سازمان‌های پژوهشی دولتی و ۱۰٪ بنگاه‌های کسب و کار جذب بودجه داشته‌اند.



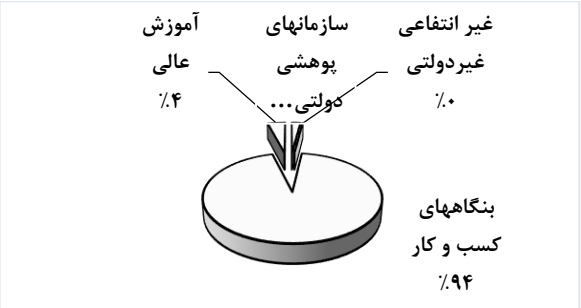
شکل ۱۵. نحوه هزینه کرد بودجه پژوهشی دولت آلمان در تحقیق و توسعه در سال ۲۰۱۰

برعکس شکل (۱۶) نحوه هزینه کرد بخش کسب و کار را تحقیق و توسعه در آلمان در سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود حدود ۹۴٪ در بخش کسب و

[1] - Implementation Agencies
[2] - The German Research Foundation

[2] - The German Federation of Industrial Research Associations

کار، ۴٪ آموزش عالی و ۲٪ سازمان‌های پژوهشی دولتی جذب اعتبار داشته‌اند.



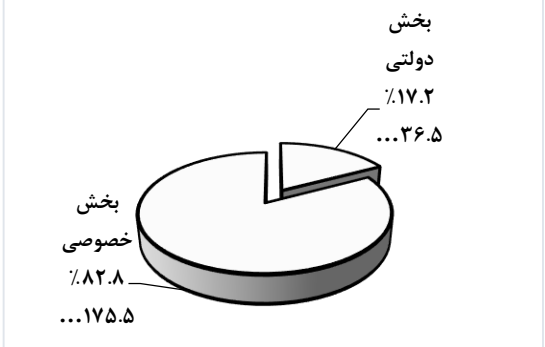
شکل ۱۶. هزینه‌کرد بخش کسب و کار در تحقیق و توسعه در کشور آلمان در سال ۲۰۱۰

سازمان‌ها و مؤسسات پژوهشی نیز براساس مأموریت و فلسفه وجودیشان تأمین مالی توسط دولت می‌شوند. میزان این اعتبار در سال ۲۰۰۸ بالغ بر ۸ میلیارد دلار می‌باشد که به بنیاد پژوهش آلمان، انجمن ماکس پلانک و ... اختصاص یافته است.

د- ژاپن

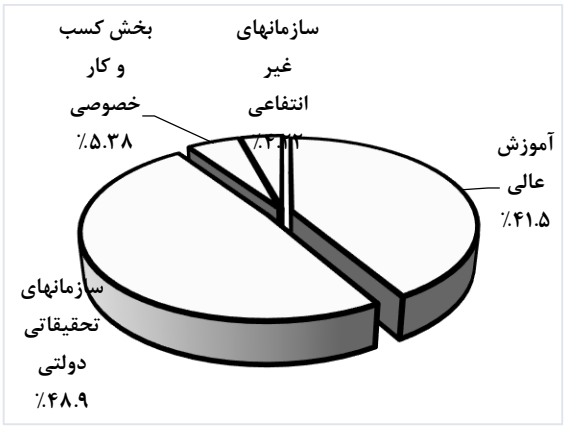
کشور ژاپن از جمله کشورهایی است که سرمایه‌گذاری هنگفتی در تحقیق و توسعه می‌نماید. ۳/۲۶ ٪ نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی این کشور است، که با توجه به سرانه تولید ناخالص داخلی ۴۱۷۵۰ دلاری مبلغ قابل توجهی می‌باشد. این اعتبارات پژوهشی هرساله افزایش یافته بطوری‌که از ۱۷۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۲ به ۲۱۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۶ رسیده است.

شکل (۱۷) تأمین‌کنندگان اعتبارات مالی و بودجه‌های تحقیقاتی را در کشور ژاپن در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. همانطورکه ملاحظه می‌شود، حدود ۱۷/۲ ٪ بخش دولتی (معادل ۳۶/۵ میلیارد دلار)، ۸۲/۸ ٪ بخش خصوصی (معادل ۱۷۵/۵ میلیارد دلار) در تحقیق و توسعه هزینه نموده‌اند.



شکل ۱۷. تأمین‌کنندگان مالی بودجه‌های تحقیقاتی در ژاپن در سال ۲۰۱۶

شکل (۱۸) نیز میزان هزینه‌کرد دولت ژاپن در تحقیق و توسعه در بخش‌های مختلف در سال ۲۰۱۱ را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که سازمان‌های تحقیقاتی دولتی و آموزش عالی عمدتاً این تحقیقات را انجام داده‌اند. دانشگاه‌های دولتی و مراکز آموزش عالی حدود ۵۰ درصد از بودجه تحقیق و توسعه خود را برای تحقیقات در زمینه‌های علوم مهندسی و علوم طبیعی (با ۵۱/۳ ٪ در تحقیقات بنیادی) هزینه می‌کنند.



شکل ۱۸. هزینه کردن بودجه دولتی ژاپن در تحقیق و توسعه در بخش‌های مختلف در سال ۲۰۱۱

۲-۴- تولیدکنندگان علم در ایران و حامیان مالی

تولید علم در ایران همانطور که در بخش اول مقاله مطالعه گردید که در دانشگاه‌های فنی و مهندسی عمدتاً توسط دانشجویان دکتری و درصد کمی نیز توسط دانشجویان ارشد و پژوهشگران مستقل انجام می‌گیرد. در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۶ در رشته مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر انجام شده مشخص گردیده که اعضاء هیأت علمی با دانشجویان دکتری سهمی معادل ۵۳ درصد کل تولید علم و ۵۱/۳ درصد ارجاعات را داشته‌اند، در حالی‌که دانشجویان کارشناسی ارشد سهم‌شان معادل ۳۵درصد در تولید علم و ۳۷/۴ درصد در ارجاعات دارند و مابقی مربوط به فعالیت پژوهشی مستقیم عضو هیأت علمی بوده است. (جدول (۷))

جدول ۷.بررسی میزان مشارکت دانشجویان دکترا و ارشد مهندسی مکانیک با اعضا هیات علمی در تولید علم

	درصد مقالات				درصد ارجاعات		
تعداد کل مقالات	دانشجویان دکتری	دانشجویان ارشد	سایر موارد	میانگین کل ارجاعات	دکتری	دانشجوی ارشد	سایر موارد
۶۵۰	۵۳	۳۵/۲	۱۱/۸	۱۰۳۷	۵۱/۳	۳۷/۴	۱۱/۳

سؤال مهمی که در اذهان می‌باشد این است که حمایت از تولیدکنندگان علم در ایران به چه صورت می‌باشد هزینه‌های آموزشی، پژوهشی و زندگی آنها به چه نحو تأمین می‌شود. جدول (۸) این مهم را در دانشگاه‌های دولتی نشان می‌دهد.

همانطور که ملاحظه می‌شود دانشجویان دکتری که تولیدکننده اصلی علم در ایران هستند اگر نوبت اول باشند، ٪۸۰ هزینه‌های تحصیلی و زندگی آنها توسط دولت و در صورت نوبت دوم بودن تنها ٪۲۰ این هزینه‌ها تأمین می‌گردد.

جدول ۸. بررسی نحوه تأمین هزینه‌های تحصیلی و زندگی تولیدکنندگان علم دانشگاه‌های دولتی در ایران

ردیف	تولیدکننده علم	نحوه ورود به دانشگاه نوبت اول		نحوه ورود به دانشگاه نوبت دوم	
۱	دانشجوی دکتری	بدون پرداخت شهریه و بهره‌مندی از خدمات خوابگاهی، یارانه غذا و وام تحصیلی	٪۸۰ هزینه‌های تحصیلی و زندگی توسط دولت ٪۲۰ توسط فرد	پرداخت شهریه توسط دانشجو بدون بهره‌مندی خوابگاه	٪۸۰ هزینه‌های تحصیلی و زندگی توسط دانشجو و ٪۲۰ توسط دولت
۲	دانشجویان کارشناسی ارشد	بدون پرداخت شهریه و بهره‌مندی از خدمات خوابگاهی، یارانه غذا و وام تحصیلی	٪۸۰ هزینه‌های تحصیلی توسط دولت و ٪۲۰ توسط دانشجو	پرداخت شهریه توسط دانشجو	٪۹۰ هزینه‌های تحصیلی توسط دانشجو و ٪۱۰ توسط دولت
۳	پژوهشگران مستقل	-	تأمین ٪۱۰۰ هزینه پژوهشی و زندگی		تأمین ٪۱۰۰ هزینه پژوهشی و زندگی

بگذارید یک محاسبه ابتدایی در مورد هزینه دانشجویان دکتری مهندسی انجام دهیم. طبق آیین‌نامه مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در دانشگاه‌های دولتی، بودجه اختصاصی جهت تربیت یک دانشجوی دکتری مهندسی در سال ۱۳۹۴ در نوبت اول، بطور متوسط ۱۵۷ میلیون تومان برآورد شده است که شامل هزینه‌های آموزشی، پشتیبانی، دانشجویی، فرهنگی و پژوهشی است. هزینه پژوهشی این دانشجویان بطور متوسط ۶۸ میلیون تومان در سال ۹۴ بوده است.

با توجه به اینکه تقریباً در حال حاضر ۱۵۰۰۰ دانشجوی دکترای فنی و مهندسی در دانشگاه‌های دولتی در حال

تحصیل می‌باشند، عمدتاً با اختصاص حدود ۲۴۰۰ میلیارد تومان هزینه کلی و برای پایان‌نامه‌های پژوهشی بیش از ۱۰۰۰ میلیارد تومان هزینه می‌شود که بخش قابل توجهی توسط دولت تامین می گردد. [۱۳]

۵-جمع‌بندی

با مطالعه انجام شده در مورد آموزش مهندسی بویژه در رشته مهندسی مکانیک ذکر موارد ذیل مهم می‌باشد:

➢ آموزش کارشناسی مهندسی در کشورهای صنعتی براساس نیاز مرتب در دست تغییر است و در حال حاضر به گونه زیر است:

❖ فناوری مهندسی برای نیازهای فوری و مستقیم صنعت

❖ علوم مهندسی برای مدلسازی، تحلیل و طراحی فراورهای نو و کسب توانایی‌های پایه برای ورود به تحصیلات تکمیلی برای تولید علم و نوآوری

➢ در بخش پژوهش تقسیم کار بین دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری به طریق ذیل می-باشد:

❖ برای حل مشکلات آنی و کوتاه مدت صنعت از طریق تحقیقات کاربردی پایان‌نامه‌های کارشناسی با هزینه بسیار کمتر از مراکز تحقیق و توسعه صنعت

❖ بهینه‌سازی روش‌های طراحی و تولید و توسعه تکنولوژی با تحقیقات توسعه‌ای پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد

❖ در مسیر تولید علم انجام تحقیقات بدیع و توسعه‌ای از طریق تحقیقات رساله‌های دکتری

➢ حمایت از رساله‌های دکتری توسط بودجه‌های دولتی با هماهنگی و مدیریت بنیادها و سازمان‌های دولتی و حمایت از پژوهش‌های کاربردی تجربی توسط صنایع برای تحقیقات کاربردی

۵-۱- ارائه پیشنهادات

موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد:

➢ برنامه‌ریزی مناسب برای آموزش دوره کارشناسی مهندسی برای یک یا چند مورد زیر (و نه همه) براساس استعداد، توانائی و علاقه دانشجویان در مسیر:

طراحی، حل مشکلات صنعتی، ساخت و تولید، مدیریت کار و سرمایه در کارآفرینی، مدلسازی و تحلیل و آمادگی برای ورود به دوره‌های عالی برای تولید علم و توسعه فناوری درمهندسی.

➢ تلاش برای هدایت صحیح و حمایت جدی مالی از دانشجویان دکتری برای تولید علم و توسعه فناوری‌های نو و جدید در جهت اجرایی شدن نقشه جامع علمی کشور

➢ هدایت دانشجویان کارشناسی ارشد در فراگیری علوم و فناوری مهندسی در انجام تحقیقات توسعه فناوری، کاربردی و در توسعه علم

➢ هدایت پروژه دانشجویان کارشناسی در حل مشکلات روز صنعت

➢ تقسیم کار بین اعضای هیئت در هدایت تولید علم، توسعه فناوری و حل مشکلات صنعت براساس علاقه، تجربیات ویژگی‌ها با کمک دانشجویان مستعد و حمایت متناسب مادی و معنوی از آنها

۶-منابع

۱.وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (۱۳۹۶)، "گزارش وضعیت رشد علمی و توسعه فناوری در حوزه پژوهشی" خبرگزاری دانشجویان ایران" ایسنا"، http://www.isna.ir

2.SJR (2017). http://www.Scimagojr.com,

3.Doing Businesses 2018 Reforming to Create Jobs, (2018)World Bank Group Flagship Report, world Bank Group

4.Summary Human Development indices and Indicators, 2018 Statistical Update, (2018), United Nations Development program (UNDP)

5.The Global Competitiveness Report 2018, (2018), World Economic Forum.

۶.بختیاری‌نژاد، فیروز، شیخان، ناهید (۱۳۹۵)، "بازبینی برنامه درسی رشته‌های مهندسی برای توسعه فناوری" فصلنامه رهیافت، شماره ۶۲،ص ۱-۱۶

۷.بختیاری‌نژاد، فیروز، (۱۳۹۶)، گزارش فرصت مطالعاتی به شورای دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۸.تاریخچه دانشگاه تهران، (۲۰۰۹)، دانشگاه تهران (www.UT.ac.ir/fa/contents/About_un)

۹.معرفی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۲۰۱۷)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر http://aut.ac.ir

۱۰.معرفی دانشگاه‌های تهران (۲۰۱۷)، دبیرستان انرژی اتمی، http://www.aehighschool.com

۱۱. اشرفی مریم و عباسی، محمد، (۱۳۹۴)، "تدبیر دولت‌ها در امر پژوهش،بررسی کشورهای منتخب

(آلمان، سوئد، ژاپن، آمریکا، ترکیه و ایران)، مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی، چاپ اول، جلد اول
۱۲. عباسی،مهدی،(۱۳۹۵) ، بررسی برنامه علم و فناوری در کشور چین ،پارک علم و فناوری استان سیستان و بلوچستان، ص۲
۱۳. بختیاری‌نژاد، فیروز، شیخان، ناهید (۱۳۹۶)، "هدایت رساله‌های دکترای مهندسی در سهم جهانی ایران در تولید علم و در توسعه علم و فناوری کشور، پنجمین همایش بین‌المللی آموزش مهندسی ایران (با تأکید بر بین‌المللی‌سازی آموزش مهندسی)، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی،تهران، ص۱-۱۰